

LAS VARIEDADES DEL CHAYOTE MEXICANO, RECURSO ANCESTRAL CON POTENCIAL DE COMERCIALIZACIÓN



Grupo Interdisciplinario de Investigación
en *Sechium edule* en México, A.C.

LAS VARIEDADES DEL CHAYOTE MEXICANO, RECURSO ANCESTRAL CON POTENCIAL DE COMERCIALIZACIÓN



TÍTULO DE LA OBRA
Las Variedades del
Chayote Mexicano,
Recurso Ancestral
con Potencial de
Comercialización

EDICIÓN ORIGINAL PUBLICADA POR:
© Grupo Interdisciplinario de Investigación
en *Sechium edule* en México, A.C.

AUTORES DE LA OBRA:
Carlos Hugo Avendaño Arrazate
Jorge Cadena Iñiguez
Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza
Eduardo Campos Rojas
Víctor Manuel Cisneros Solano
Juan Francisco Aguirre Medina

DISEÑO Y FORMACIÓN:
KROW, S.C. / www.krow-sc.com

DISEÑO DE PORTADA
KROW, S.C.

PROPIEDAD DE:
© Grupo Interdisciplinario de Investigación
en *Sechium edule* en México, A.C. (GISeM)

FOTOGRAFÍA DE PORTADA:
Jorge Cadena Iñiguez

Reservados todos los derechos.
No se permite la reproducción,
total o parcial de este libro ni el
almacenamiento en un sistema
informático, ni la transmisión de cualquier
forma o cualquier medio, electrónico,
mecánico, fotocopia, registro u otros
medios sin el permiso previo y por escrito
de los titulares del copyright.

2010

ISBN 978-607-7533-79-5

Impreso en México
Printed in Mexico



Grupo Interdisciplinario de Investigación
en *Sechium edule* en México, A.C.

Sechium edule
albus dulcis
albus levis
albus minor
nigrum conus
nigrum levis
nigrum minor
nigrum spinosum
virens levis
nigrum xalapensis
nigrum maxima

CONTENIDO

4

PRESENTACIÓN

6

INTRODUCCIÓN

Origen y diversidad genética

13

IMPORTANCIA DEL CHAYOTE

Importancia Alimenticia
Importancia Económica
Importancia Ecológica
Riesgos de Pérdida Genética
Panorámica de Producción de Chayote en México

29

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIETADES DE CHAYOTE

Registro de Variedades
Características Morfológicas
Composición Nutricional
Análisis Proximal
Propiedades Nutraceuticas

46

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS PARA LAS VARIETADES DE SECHIUM EDULE

53

FISIOLOGÍA POSTCOSECHA

Crecimiento e Índice de Cosecha
para las variedades en Chayote
Parámetros de Calidad
Tasa de Respiración y Producción de Etileno
Normalización de Frutos

75

COMERCIALIZACIÓN

Oportunidades de Negocio
para las variedades de Chayote
en Estados Unidos de Norteamérica
Distribución de Poblaciones
Hispana y Asiática en E.U.A.
Mercado Latino en los Estados Unidos
Consejos Prácticos para hacer Negocios
en los Estados Unidos

85

REFERENCIAS

PRESENTACIÓN

La obra “Las variedades de Chayote Mexicano un Recurso ancestral con Potencial de Comercialización”, es producto de la investigación del Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM, A.C.), cuyo objetivo principal es la difusión del conocimiento de las variedades de chayote, un recurso alimentario mesoamericano con antecedentes precolombinos de uso. El libro hace una descripción detallada de las principales variedades de *Sechium edule*, su potencial como generadoras de empleo en la producción comercial, sus características nutricionales, y las perspectivas para el mercado de exportación. Se hace especial énfasis en los resultados inéditos de la composición bioquímica, proximal, descripción varietal y curvas de crecimiento del fruto, con el fin de contribuir en la toma de decisiones acerca del momento óptimo de corte (hortícola y fisiológico). Además, se propone una clasificación en tipos, categorías y calibres para establecer los parámetros mínimos de normalización en las diferentes variedades con base en la Norma Oficial Mexicana (NOM) y Codex Stan International.

Los autores deseamos que esta contribución permita la revalorización, promueva la conservación y abra ventanas de oportunidad para el chayote Mexicano, y se cumpla lo citado por Juan Enríquez-Cabot fundador del Programa de Ciencias de la Vida Escuela de Negocios Universidad de Harvard,

“México, un país rico por la diversidad genética que cuenta con ecosistemas y grupos humanos suficientes para convertir este patrimonio en bienestar para sus habitantes, bajo la premisa de que en la economía actual, la riqueza no proviene de poseer recursos naturales, sino de generar nuevo conocimiento, y a partir de ello aprovecharlo mediante patentes”.



INTRODUCCIÓN

México es un país con gran riqueza biológica con cerca de 22,000 especies endémicas (Rzedowski, 1993). Es centro de origen y domesticación de diversas especies cultivadas (66 a 102 especies) (Ortega-Paczka *et al.*, 1998), algunas de ellas semidomesticadas y con una gran cantidad de parientes silvestres (Hernández, 1985; Rzedowski, 1995). El chayote (*Sechium edule*) es una de estas especies, siendo México el país que cuenta con la mayor diversidad biológica del mundo (Ortega-Paczka *et al.*, 1998) (Figura 1). Actualmente se consideran sinónimos de *Sechium* a los siguientes taxones: *Sicyos edulis* Jacq., *Chayota edulis* Jacq., *Sechium americanum* Poir., *Cucumis acutangulus* Descourt y *Sechium chayota* Hemsley (Flores, 1989; Lira y Chiang, 1992; Becerra, 1996), y se acepta que en el género *Sechium* se encuentran diez especies, de las cuales ocho son silvestres: *S. chinantlense*, *S. compositum*, *S. hintonii*, *S. talamancense*, *S. panamense*, *S. pittieri*, *S. venosum*, *S. vilosum* y dos cultivadas *S. tacaco* y *S. edule* con una distribución desde México hasta Panamá (Lira-Saade, 1996).

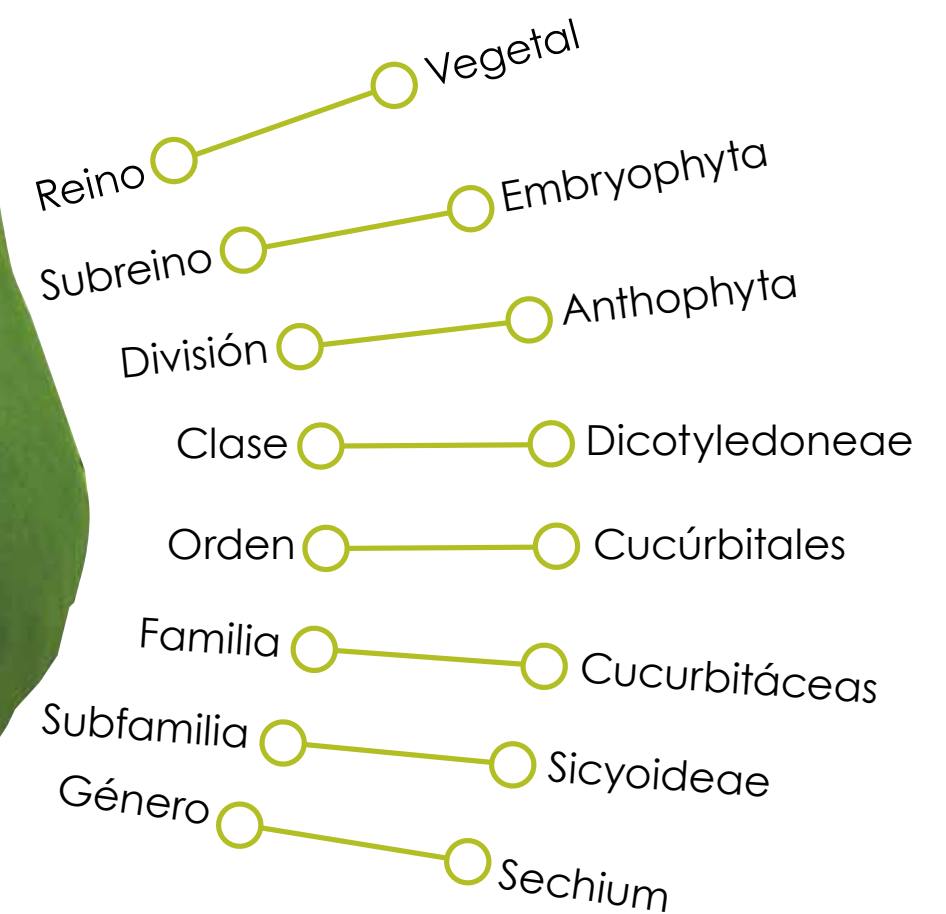
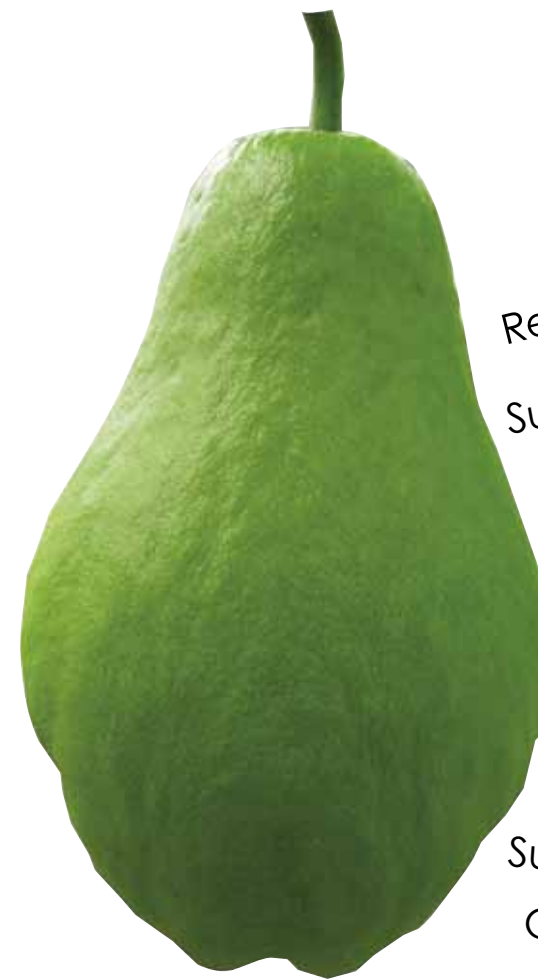


Figura 1. Taxonomía de *Sechium edule*.

ORIGEN Y DIVERSIDAD GENÉTICA

Sechium edule, presenta en México una amplia diversidad biológica especialmente en los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Lira-Saade, 1996; Ortega-Paczka *et al.*, 1998) (Figura 2). En la región central de Veracruz se han encontrado plantas con frutos de diferente forma, tamaño, color, sabor y textura; asimismo la diversidad se refleja en la forma y venación de las hojas, color del pecíolo, guías y tamaño de flor. Estas plantas que normalmente se encuentran en áreas de traspatio, producen fruto cuyo fin es la venta en mercados locales y autoconsumo (Cadena-Iñiguez, 2005).



LOCALIZACIÓN

Región centro de Veracruz:
Xalapa, Coscomatepec,
Orizaba, Córdoba, Huatusco
y Tuxpanguillo.

Figura 2. Región veracruzana con vegetación de bosque mesófilo.

La planta de *S. edule* es de polinización cruzada, por lo que la variación se convierte en un proceso dinámico y continuo que favorece la variación infraespecífica (Figura 3).

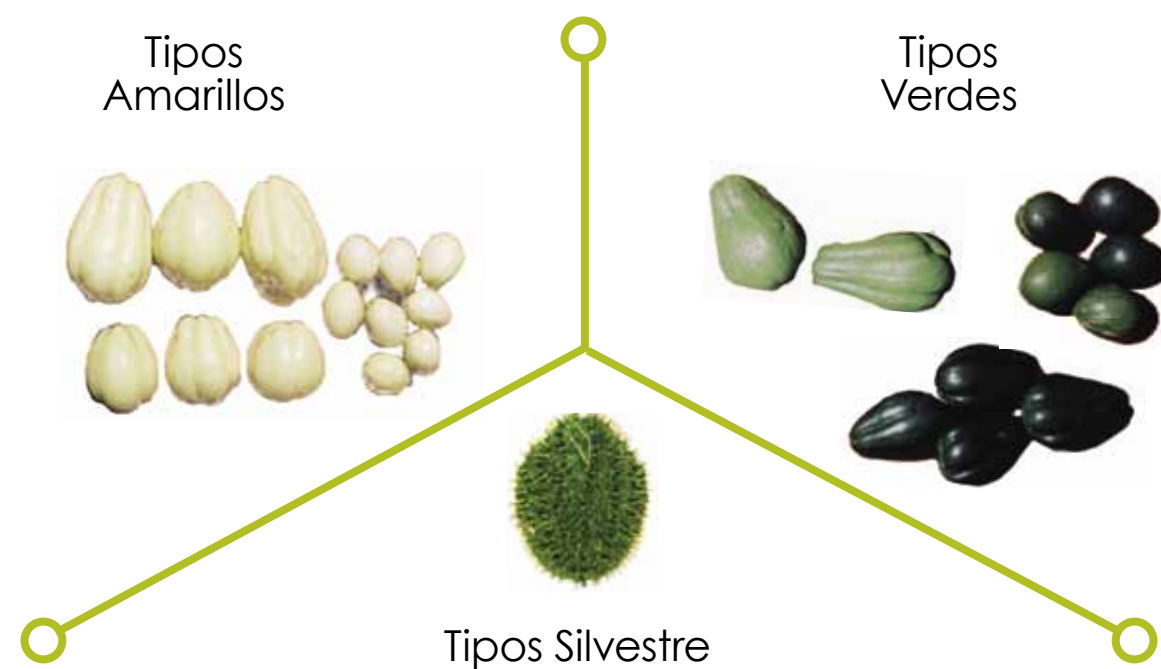


Figura 3. Muestra de la variación biológica de *Sechium edule*.

En México, Cruz-León y Querol-Lipovich (1985), destacaron en su catálogo de recursos genéticos para chayote, una amplia variación morfológica. Este trabajo estuvo muy relacionado metodológicamente con el realizado por Maffioli (1981), para localidades del sur de México y Centro América. Con el fin de documentar la diversidad, estos autores establecieron cinco descriptores morfológicos exclusivamente de frutos y realizaron un catálogo. Lira-Saade (1995), denominó a la variación biológica documentada como razas locales,

y más tarde propuso la subdivisión en dos subespecies: *Sechium edule* spp. *edule* para los tipos cultivados y *Sechium edule* spp. *sylvestre* para tipos silvestres. Esta propuesta se basó en diferencias morfológicas y cromosómicas a través de la identificación de cariotipos. Recientemente se ha demostrado a través del análisis de variación morfoestructural, bioquímico, fisiológico y genético, la existencia de caracteres secundarios estables que permiten la distinción de los tipos biológicos existentes, y con base en ellos, Cadena-Iñiguez y colaboradores desarrollaron una clasificación para el complejo infraespecífico de *S. edule* como variedades botánicas, considerando las premisas que debe cumplir un sistema de clasificación para la variación en plantas cultivadas. Este sistema establece la identidad de los tipos biológicos con base en un mayor número de características distintivas, que no necesariamente deben ser morfológicas, sino que expresen la variación taxonómica existente, sin que su aplicación sea

demasiado complicada y que se formule de forma separada de cualquier propuesta de cambio del Código Internacional de Nomenclatura para las Plantas Cultivadas (Styles, 1986). Esta propuesta de nomenclatura científica para *S. edule*, guarda las reglas establecidas para la clasificación infraespecífica discutidas por Harlan (1986), Rindos (1984), Stace (1986), Hanelt (1986), Oost (1986) y Pickersgill (1986), denominada "informal", vigente para plantas cultivadas y no afecta la nomenclatura formal de la especie, ya que se descarta la ubicación de sub especies por la de variedad, considerando que ésta última se ubica en la jerarquía varietal, de forma intermedia entre la especie y la subespecie (Cadena-Iñiguez, 2005; Cadena-Iñiguez et al., 2008).

De acuerdo con Pinedo-Vásquez et al. (2000), la variedad está referida a cada uno de los grupos dentro de un complejo, que se distinguen por características secundarias pero

permanentes, que permiten identificar la variabilidad y que expresa un número suficiente de caracteres distintivos, los cuales se mantienen en las poblaciones a través de una reproducción panmíctica dentro de la propia zona geográfica de adaptación, como es el caso de las variedades de chayote descritas en el presente trabajo.

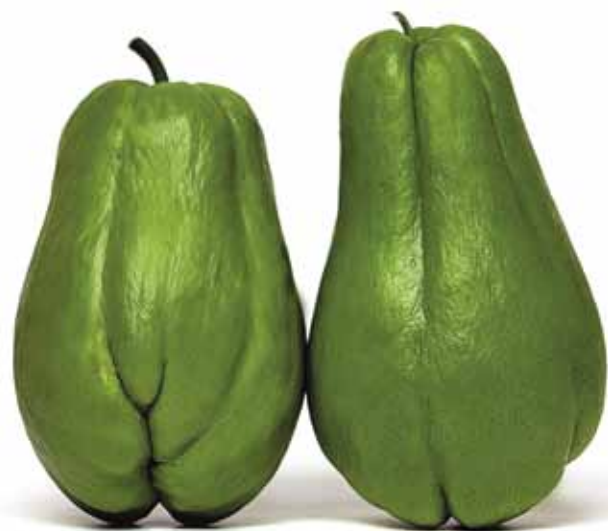




IMPORTANCIA DEL CHAYOTE

IMPORTANCIA DEL CHAYOTE

El género *Sechium* (P. Br.) ha basado su importancia alimentaria en las especies de *Sechium edule* y *Sechium tacaco* (Pitt.) C. Jeffrey, los frutos de ambas especies y la raíz de la primera, formaron parte de la dieta de las culturas precolombinas (Hernández, 1985; Lira-Saade, 1996). De hecho el término "chayote" deriva de una modificación de dos vocablos náhuatl, "huitz" y "ayotl", que significan "calabaza con espinas", y que al castellanizarlos derivó en "chayotl" y "chayotli", hasta el actual chayote (Figura 4). A partir de la gran diversidad de tipos, formas, colores y sabores, esta especie es ampliamente reconocida y aceptada para la comida regional de pueblos originarios de México y Centroamérica. El naturalista europeo Francisco Hernández, quien vivió en México entre los siglos XV y XVI (Cook, 1901), fue uno de los primeros en escribir sobre la existencia del chayote. En estos tratados, publicados en Roma en 1651, se incluyeron plantas medicinales y comestibles, sin embargo la nota en esta edición acerca del chayote fue omitida y se incluyó hasta la edición de 1790.



El abate Francisco Xavier Clavijero en su tratado sobre la historia antigua de México (Clavijero, 1853), describió al chayote como: "Una fruta redonda y semejante en el erizo de que está cubierta, a la castaña; pero mucho más grande y de un color verde más oscuro. Su carne es blanca, que tira a verde, y en el medio tiene una pepita grande y blanca, semejante a la carne en la sustancia. Se come cocido juntamente con la pepita. Esta fruta se da en una planta enredadera y vivaz, cuya raíz es buena para comerse".

Figura 4. Evidencias lingüísticas, indican que el chayote ("chayotl", "chayotli", o "ayotl", calabaza con espinas) fue domesticado por los Aztecas y Mayas (Newstrom, 1991; Sharma-MD et al., 1995).



IMPORTANCIA ALIMENTICIA

En la actualidad el uso principal de la planta de *Sechium edule* es el fruto, que es consumido en fresco como hortaliza. La identificación de las variedades se hace además del fenotipo, por ciertas cualidades como sabor, color del fruto, presencia o ausencia de espinas y consistencia. Así por ejemplo, hay chayotes de sabor simple o neutro (mucha agua en la pulpa y poca fibra), ligeramente dulces como los amarillos (en estado fisiológicamente maduro) y los amargos, de consistencia "seca" o "camotuda" y fibrosa o "estropajuda". Su consumo en general es hervidos con sal, o azúcar, agregándose a diferentes guisos, caldos y sopas; también se comen en crudo, fríos o asados a semejanza de las papas. El fruto también es utilizado por la industria para la elaboración de alimentos infantiles, jugos, salsas y pastas, además de atribuírsele propiedades medicinales. Los tallos duros y fibrosos, son la única parte de la planta que no se consume.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

México ocupa el primer lugar en producción y exportación de chayote verde liso a nivel mundial con el 53 % del mercado, seguido de Costa Rica (Figura 5) (World Trade Atlas). Otros países productores como Guatemala, Brasil, Puerto Rico, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia canalizan la mayor parte de su producción para autoconsumo (Cadena *et al.*, 2001; Brenes-Hine, 2002).

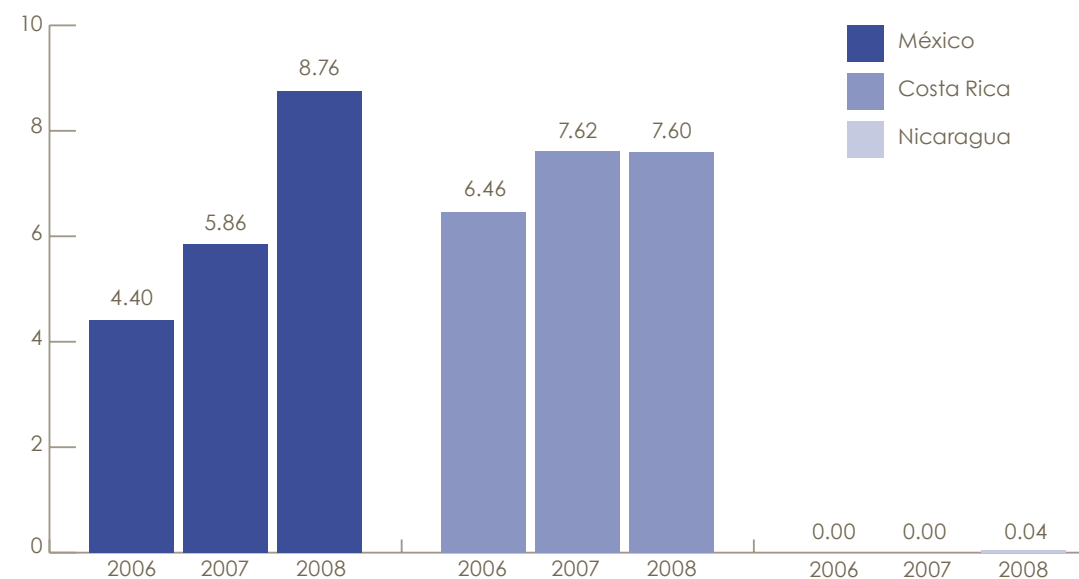


Figura 5. Exportación de chayote (millones de dólares USD) hacia Estados Unidos

En la República Mexicana, la producción importante se agrupa en los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y México (Figura 6). En el cuadro 1 se muestra al estado de Veracruz como el de mayor superficie cultivada y que aporta anualmente más del 70 % de la producción nacional (SIAP, 2010).



Figura 6. Principales estados productores de chayote

Por su alta productividad por unidad de superficie, valor en el mercado y la generación de empleos el valor comercial del chayote, principalmente del tipo verde liso es sobresaliente.

En términos sociales el chayote, en especial la variedad conocida popularmente como verde liso, representa para México una importante fuente de empleo local en el medio rural (Cuadro 2). Se ha registrado que una superficie de 30 hectáreas produce de 2,700 a 3,900 toneladas de fruta, y su periodo de cosecha se extiende a seis meses, cortando cada tercer día.

CUADRO 1. VALOR COMERCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CHAYOTE VARIEDAD VERDE LISO EN DIFERENTES ESTADOS DE MÉXICO

Provincia	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton.Ha ⁻¹)	PMR (\$.Ton ⁻¹)	Valor de la producción (Miles de Pesos)
Veracruz	1,413.00	1,082.00	74,062.00	68.45	1,759.74	130,330.10
Michoacán	226	226	16,768.00	74.2	2,147.46	36,008.60
Jalisco	272	272	6,656.00	24.47	2,610.46	17,375.25
San Luis Potosí	85	85	1,700.00	20	1,750.00	2,975.00
México	50	35	665	19	2,800.00	1,862.00
Guanajuato	26	26	390	15	3,800.00	1,482.00
Yucatán	14	14	196	14	2,576.02	504.9
Morelos	1	1	7	7	2,700.00	18.9
Colima	0.5	0.5	4	8	1,000.00	4
Nayarit	0.5	0.5	4	8	4,000.00	16
Total	2,088.00	1,742.00	100,452.00	57.66	1,897.19	190,576.75

CUADRO 2. GENERACIÓN DE EMPLEO LOCAL EN DIFERENTES ESTADOS PRODUCTORES DE CHAYOTE EN MÉXICO Y SU EQUIVALENTE NACIONAL A EMPLEOS FIJOS

Estados	Superficie Cultivada (Ha)	Producción Total (Ton)	Jornales (Año)	Empleos Equivalente ¹
B. California	18	153	17,016	227
Guanajuato	37	N/R	34,978	466
Jalisco	847	27,527	800,720	10,676
México	69	2,208	65,230	870
Michoacán	112	180	105,880	1,412
S. Luis Potosí	60	4,020	56,722	756
Chiapas	37	1,739	34,978	466
Nayarit	33	2,970	31,197	416
Veracruz	2,500	246,000	2,363,400	31,512
Total	3,713	284,797	3,510,122	46,802

1: 75 jornales equivalen a un empleo fijo (INEGI, 2005); N/R= no reportado
Fuente: (Bancomext, 1999; Cadena et al., 2001).



IMPORTANCIA ECOLÓGICA

El cultivo comercial del chayote ha significado una valiosa alternativa para el manejo ecológico de laderas en sustitución de áreas cafetaleras bajo depresión económica, porque no se utiliza el azadón, ni herbicidas, además disminuye el riesgo erosivo por efecto de lluvia debido al amortiguamiento del dosel vegetal (emparrillado o tarima) y provee un aporte continuo de materia seca por la poda e intercalado de cultivos en los primeros meses de establecido (Figura 7). La rentabilidad del chayote como cultivo, le ha permitido reconvertir parcial o totalmente áreas productoras de papa, tabaco, maíz, café, mango y cítricos en Veracruz, México (Cadena *et al.*, 2001).

Figura 7. Panorámica del sistema de producción de chayote en México.

RIESGOS DE PÉRDIDA GENÉTICA

Para *Sechium edule* y sus parientes silvestres, como para muchas especies, existe el riesgo de que una variedad exitosa comercialmente desplace al resto, por poseer características propias para el mercado. En el caso del chayote silvestre sus poblaciones han disminuido por dos razones principales: los pobladores adyacentes a los núcleos silvestres no le confieren ventaja alguna a su conservación, ya que son de sabor amargo y son eliminados para evitar cruzamiento con variedades dulces o neutras en sabor, y porque los sitios donde crecen están siendo ocupados para establecer cultivos de café orgánico (Cadena-Iñiguez, 2005). En colectas recientes en la región central de Veracruz, en una muestra de 483 huertas comerciales de chayote, solo tres tuvieron un tipo diferente al exportable. De igual forma, en 108 huertos de traspatio encuestados, únicamente 22 presentaron algún tipo diferente al exportable (Cadena-Iñiguez, 2001, 2005). Con respecto al chayote silvestre en los sitios reportados por Cruz-León y Querol-Lipcovich (1985), Newstrom



(1986), y Becerra (1996), únicamente encontraron uno con plantas. De cinco sitios conocidos por productores de la región central de Veracruz, con plantas de chayote amargo para las localidades de Tonalixco, Cuesta del Mexicano y Capoluca, en el municipio de Ixtaczoquitlán, únicamente se localizaron tres. Con relación a lo anterior, en agosto de 2007 se inauguró en Huatusco Veracruz, el Banco Nacional de Germoplasma de *Sechium* spp. donde se han ubicado las variantes biológicas domesticadas y silvestres procedentes de México y Centroamérica para su conservación e investigación.

PANORÁMICA DE PRODUCCIÓN DE CHAYOTE EN MÉXICO

La preferencia en los mercados de Norteamérica, como producto procedente de México, (sobre todo en la costa oeste de los Estados Unidos de América), ubican al chayote verde liso en la cuarta posición después del aguacate, jitomate y café (Bancomext, 2004). Para Veracruz, ha representado el cuarto cultivo en importancia económica después del café, lima persa y piña (Bancomext, 1999) (Figura 8). Los rendimientos de la producción por hectárea en México oscilan de 54 ton ha⁻¹ para cultivos con manejo tradicional hasta 136.3 ton ha⁻¹ para los que siguen un paquete tecnológico (Figura 9). El chayote es un producto que ha mantenido un crecimiento sostenido en las últimas décadas gracias a sus características nutritivas.

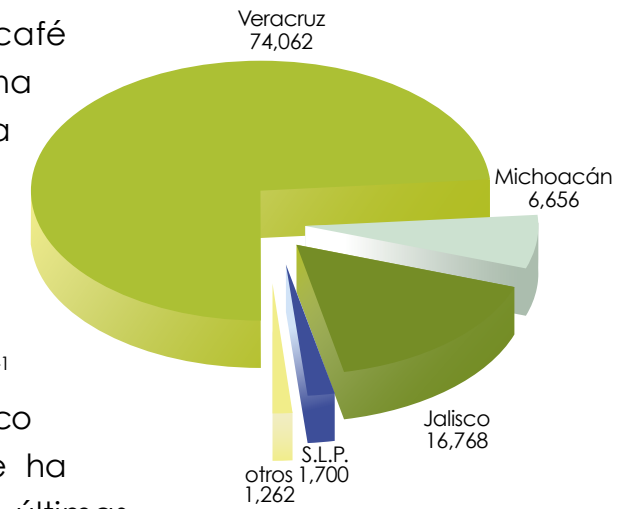


Figura 8. Distribución de la producción de chayote en México

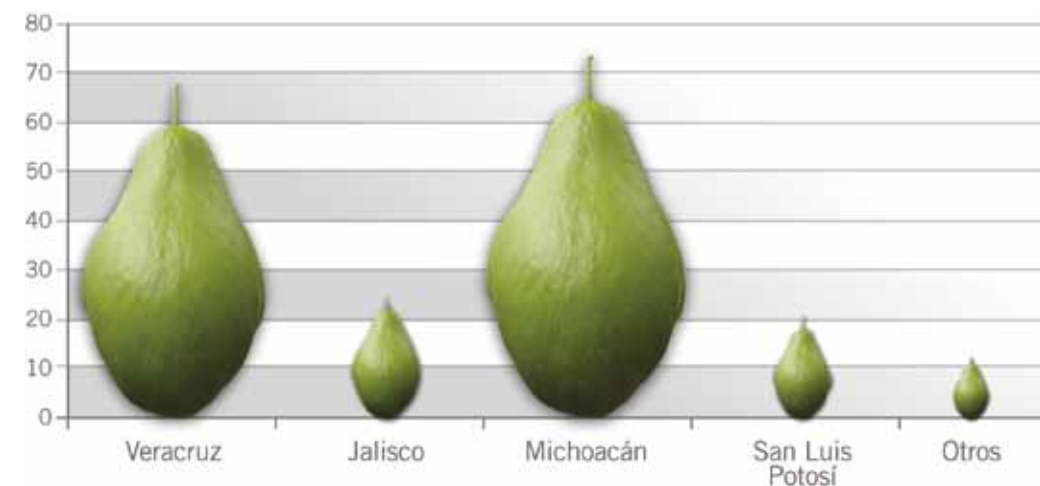


Figura 9. Rendimiento de chayote en México (2007) con datos de SAGARPA.

CUADRO 3. ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN
EN LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES EN MÉXICO

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Veracruz/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	1,128.00	797	54,682	68.61
2006	1191	1191	66081	76.11
2005	1184	1184	62095	83.75
2004	1151	764	47678	95.42

Fuente: Sagarpa/Oiedrus

2004-2007 / Veracruz/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	285	285	19,380	68
2006	318	318	22,896	72
2005	293	293	19,924	68
2004	320	320	21,760	68

Fuente: Sagarpa/Oiedrus

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE MÉXICO

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Edo. De Mexico/ Chayote / Perennes/ Temporal				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	50	35	665	19
2006	50	50	1,000	20
2005	50	50	1,000	20
2004	50	50	750	15

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE MICHOACAN

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Michoacan/ Chayote / Perennes/ Temporal				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	4	4	280	70
2006	5	5	400	80
2005	5	5	400	80
2004	3	3	240	80

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

2004-2007 / Michoacan/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	222	222	16,488	74.27
2006	229	229	18,320	80
2005	215	215	17,200	80
2004	195.75	195.75	15,614.63	79.77

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE JALISCO

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Jalisco/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	272	272	6,656	24.47
2006	274	274	5,782	21.1
2005	264	264	6,425	24.34
2004	292	292	5,089	17.43

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Guanajuato/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	26	26	390	15
2006	26	26	312	12
2005	26	26	312	12
2004	26	26	1,300	50

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / San Luis Potosí/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	85	85	1,700	20
2006	100	100	2,400	24
2005	100	100	1,500	15
2004	100	100	2,000	20

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE YUCATAN

Estadísticas Sagarpa/Oiedrus				
2004-2007 / Yucatan/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	14	14	196	32.27
2006	27.9	27.5	381.5	31.49
2005	16	16	128	8
2004	18.5	18.5	170	9.19

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

ESTADÍSTICAS DEL ESTADO DE NAYARIT

ESTADÍSTICAS SAGARPA/OIEDRUS				
2004-2007 / NAYARIT/ CHAYOTE / PERENNES/ TEMPORAL				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007	0.5	0.5	4	8
2006	12.5	12.5	110.5	14
2005	0.5	0.5	2	4
2004	0.5	0.5	2	4

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.

2004-2007 / Nayarit/ Chayote / Perennes/ Riego				
Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
2007
2006	1	1	20	20
2005	0.25	0	0	0
2004	2.25	2.25	45	20

Fuente: Sagarpa/Oiedrus.



DESCRIPCIÓN DE LAS VARIETADES DE CHAYOTE



DESCRIPCIÓN DE LAS VARIETADES DE CHAYOTE

REGISTRO DE VARIETADES

La caracterización varietal busca la protección intelectual de variantes biológicas y se establece por una serie de descriptores morfológicos, químicos y fisiológicos, que permiten el cumplimiento de los requisitos de los ensayos de distinción, uniformidad y estabilidad (DUE) de la norma UPOV (Convenio para la Protección Legal de Variedades) (Montoya-Aramburu *et al.*, 2008). De acuerdo con la UPOV (2004), una variedad se considera distinta, si se diferencia claramente de cualquier otra, cuya existencia fuese comúnmente conocida, y se considera homogénea si es suficientemente uniforme en sus caracteres esenciales, teniendo en cuenta las variaciones previsibles según su forma de reproducción, multiplicación o propagación; y se considerará estable si sus caracteres esenciales se mantienen inalterados de generación en generación y al final de cada ciclo particular de reproducciones, multiplicaciones o propagaciones. De acuerdo con estas premisas y junto con la validación de descriptores realizado por Juárez-Hernández (2008), se ha establecido la nomenclatura varietal para las 10 variedades de *Sechium edule* respecto de su ancestro silvestre y que ha permitido su registro y protección legal (Cuadro 4).

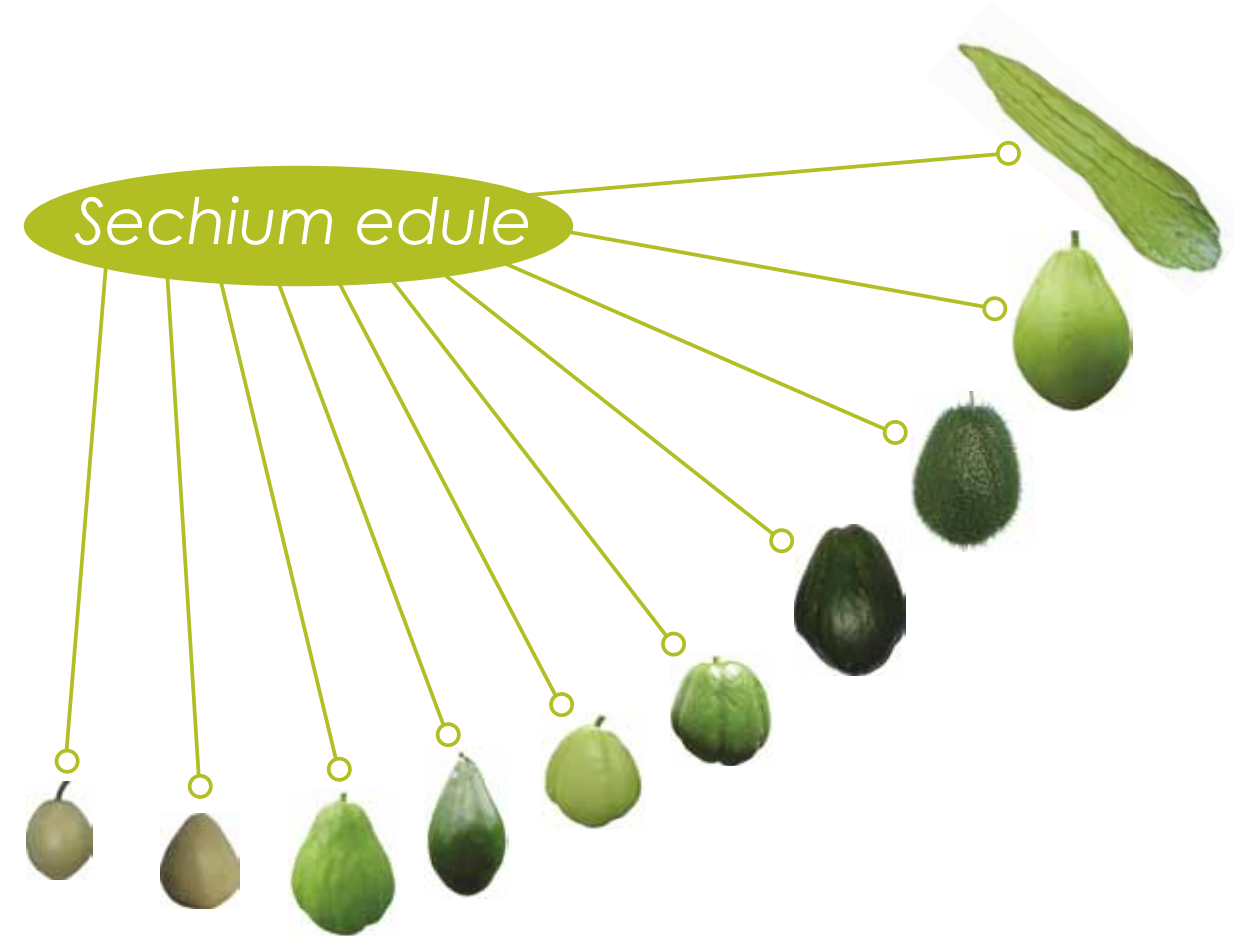


Figura 10. Variedades de *Sechium edule*.

CUADRO 4. VARIETADES DE CHAYOTE *Sechium edule*

Varietal	Procedencia	Registro Legal
<i>albus minor</i>	México	1920/CHT-006-101109
<i>albus dulcis</i>	México	1919/CHT-004-101109
<i>albus levis</i>	México	1918/CHT-007-101109
<i>nigrum minor</i>	México	1923/CHT-009-101109
<i>nigrum conus</i>	México	1926/CHT-005-101109
<i>nigrum levis</i>	México	1921/CHT-002-101109
<i>nigrum xalapensis</i>	México	1917/CHT-008-101109
<i>nigrum spinosum</i>	México	1924/CHT-010-101109
<i>nigrum maxima</i>	México	1922/CHT-003-101109
<i>virens levis</i>	México	1925/CHT-001-101109

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La cultura popular de la región central de Veracruz, ha clasificado a los chayotes cultivados en tres grandes grupos: blancos, verdes y espinosos, haciendo hincapié en que los dos primeros generalmente son lisos. Botánicamente, el fruto de chayote es una baya, con diversas formas (obovada o piriforme) y tamaños, con presencia variable de depresiones longitudinales llamados popularmente "surcos" (Flores, 1989). El color de la epidermis puede ser blanca, verde claro u oscuro y brillante; además de ser glabra o finamente pubescente con un número variable de espinas y de una sola semilla (Lira-Saade, 1996; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2008). La descripción de las características más sobresalientes de las diez variedades registradas de chayote, se describen a continuación.



Sechium edule var. **albus minor**

Fruto blanco crema (pantone 1205c), piriforme, de menor tamaño que el resto, de 3.2 a 4.1 cm de longitud, de 3.0 a 3.3 cm de ancho y 2.7 a 3.2 cm de grosor; totalmente glabro sin presencia de costillas ni hendidura basal. Pedúnculo verde claro con pubescente. Mesocarpio crema de sabor ligeramente dulce (8.0 °Bx) con fibra muy adherida.



Sechium edule var. **albus dulcis**

Fruto piriforme amarillo crema (pantone 1205c), de 8.0 a 15.3 cm de longitud, de 4.8 a 8.8 cm de ancho y de 3.8 a 7.3 cm de grosor; glabro, con cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal no muy profunda. Pedúnculo glabro verde claro con estriado verde amarillo. Mesocarpio de color blanco crema, de sabor medianamente dulce (7.2 °Bx), con presencia de fibra medianamente adherida al mesocarpio.



Sechium edule var. **albus levis**

Fruto piriforme de 6.1 a 16.6 cm de longitud, de 5.3 a 10.4 cm ancho y de 4.6 a 8.7 cm de grosor; totalmente glabro con presencia de costillas no marcadas y hendidura basal muy notoria, amarillo crema (pantone 1205c). Pedúnculo verde claro con estriado verde amarillo, de baja pubescencia. Mesocarpio blanco a crema de sabor ligeramente dulce (7.6 °Bx) con presencia de fibra adherida.



Sechium edule var. **nigrum minor**

Fruto de verde claro a verde oscuro (pantone 374c, 574c y 586c), la forma va de obovado a ligeramente piriforme, con dimensiones de 4.5 a 13.2 cm de longitud, de 3.1 a 6.9 cm de ancho y de 2.8 a 6.2 cm de grosor; totalmente glabro, no presenta costillas ni hendidura basal. Pedúnculo verde claro de baja pubescencia. Mesocarpio verde claro con sabor medianamente dulce y fibra medianamente adherida al mismo.



Sechium edule
var. **nigrum conus**

El fruto es cónico de 5.4 a 7.1 cm de longitud, 3.3 a 5.0 cm de ancho, 3.0 a 4.6 cm de grosor; de verde claro a verde oscuro (pantone 371c y 574c), sin presencia de costillas, ni hendidura basal. Pedúnculo verde oscuro con baja pubescencia. Mesocarpio verde oscuro y sabor medianamente dulce (7.2°Bx).



Sechium edule
var. **nigrum levis**

Fruto verde claro a verde oscuro (pantone 575c, 575c y 576c), predominantemente piriforme, medio alargado de 7.1 a 9.7 cm de longitud, de 4.6 a 7.8 cm de ancho y de 4.2 a 7.0 cm de grosor; sin costillas, con hendidura basal no muy marcada. Pedúnculo verde oscuro medianamente pubescente. Mesocarpio verde claro y sabor neutro (5.7°Bx).



Sechium edule
var. **nigrum xalapensis**

Fruto piriforme verde oscuro (pantone 373, 574c, 575c y 5605c), de 5.5 a 26.6 cm de longitud, de 4.4 a 18 cm de ancho y de 4.0 a 10.7 cm de grosor. Presencia de cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal muy marcada. Pedúnculo medianamente pubescente.



Sechium edule
var. **nigrum spinosum**

De fruto piriforme de verde claro a verde oscuro (pantone 350c, 364c, 370u, 377u y 1205c), con dimensiones de 5.8 a 17.1 cm de longitud, de 5.0 a 12.2 cm de ancho y 3.6 a 9.7 cm de grosor; con alta densidad de espinas y cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal muy marcada. Pubescencia muy baja en el pedúnculo. Mesocarpio verde claro a verde oscuro con sabor neutro a medianamente dulce (6.43°Bx) con fibra muy adherida al mesocarpio.



Sechium edule
var. **nigrum maxima**

Fruto piriforme verde claro (pantone 373c y 7492c), de 12.1 a 33.7 cm con un promedio de 19.99 cm de longitud, de 8.1 a 11.3 cm de ancho y de 6.3 a 8.8 cm de grosor. Totalmente glabro con presencia de cinco costillas y hendidura basal muy notorias. Pedúnculo verde claro de baja pubescencia, mesocarpio verde muy claro de sabor neutro con fibra medianamente adherida al mesocarpio.



Sechium edule
var. **virens levis**

El tamaño del fruto va de 9.30 a 18.30 cm de longitud, de 6.0 a 11.40 cm de ancho, y de 5.40 a 9.60 cm de grosor; de forma piriforme verde claro (pantone 373c), con cinco costillas no muy marcadas, hendidura basal no muy profunda. Pedúnculo verde claro con muy baja pubescencia. Mesocarpio verde claro con sabor neutro y fibra medianamente adherida al mesocarpio.

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL

Análisis Proximal

Las hortalizas suministran parte de los hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales necesarios para la dieta humana, en el caso de chayote, se reporta en el libro Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (INNSZ, 1996), que una aportación sobresaliente del chayote es el ácido fólico con 93.5 mg.100 g⁻¹ en chayote crudo, mientras que cocido y picado, su valor se reduce hasta 14.4 mg.100 g⁻¹. El contenido de proteína en crudo (0.8 g.100 g⁻¹) es similar a la del betabel, chile seco, hui-flacoche cocido (hongo del maíz) y jitomate cherry entre otros. El contenido de fibra oscila entre 1.7 y 2.2 % para chayote crudo y cocido respectivamente, lo cual es similar a la mayoría de las verduras, mientras que el contenido de ácido ascórbico es va de 6.4 a 7.7 mg.100 g⁻¹ (Pérez *et al.*, 2008).

Como se ha destacado anteriormente, los datos disponibles de la composición química del chayote se basan principalmente en la variedad comercial verde liso, o bien, si el

análisis proviene de otra variedad, generalmente ésta no se especifica, por lo tanto es necesario conocer la composición de las otras variedades de chayote descritas, partiendo de un análisis proximal (Blanco *et al.*, 2006).

A continuación se muestran los resultados del análisis proximal realizado en diferentes variedades. En primer lugar se describe el contenido de humedad, el agua es un componente esencial de todos los tejidos vegetales y un determinante fundamental del valor nutritivo de los alimentos, diluye o concentra los nutrientes y otros componentes presentes en el alimento, sin embargo la alta actividad acuosa provoca el ataque de microorganismos y descomposición rápida. Asimismo, los alimentos con mayor contenido de agua tienen mayor tasa respiratoria y actividad enzimática que reduce su vida de anaquel. De acuerdo con los resultados mostrados en el cuadro 5, se observa que la variedad *albus levis* es la de mayor contenido de humedad,

seguida de *virens levis*, *nigrum conus* y *nigrum levis* con el 90.9%, en consecuencia estas variedades tienen pulpa más crujiente y menor contenido de fibra. Por otro lado, las variedades *albus dulcis*, *albus minor*, *nigrum minor* y *nigrum spinosum* tienen menor contenido de humedad, con presencia de fibra, y conforme avanza su madurez el contenido de almidón se hace más evidente.

CUADRO 5. HUMEDAD ORIGINAL EN VARIETADES DE CHAYOTES (g/100 g de muestra)

Humedad (%)	Variedad			
	<i>albus dulcis</i>	<i>albus levis</i>	<i>albus minor</i>	<i>nigrum conus</i>
	86.67 ± 0.29	94.2 ± 0.08	86.61 ± 1.19	91.51 ± 1.20
	<i>nigrum levis</i>	<i>nigrum minor</i>	<i>nigrum spinosum</i>	<i>virens levis</i>
	90.91 ± 1.25	88.14 ± 0.45	87.75 ± 0.26	94.0 ± 0.40

En los cuadros 6 y 7 se muestra que el contenido de cenizas de *albus dulcis*, *albus minor* y *nigrum spinosum* es sobresaliente. Las cenizas representan el contenido del total de minerales de un alimento. Los minerales y el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se oxidan en el organismo para producir energía y tienen funciones metabólicas diversas. El contenido de cenizas en las hortalizas puede ser de 0.1 a 4.4 %.

CUADRO 6. ANÁLISIS PROXIMAL A PARTIR DE MUESTRAS FRESCAS DE SEIS VARIETADES DE CHAYOTES (en base húmeda)^a

Componente	<i>albus minor</i>	<i>albus dulcis</i>	<i>albus levis</i>	<i>albus spinosum</i>	<i>nigrum minor</i>	<i>nigrum conus</i>
Humedad	86.61	86.67	94.27	90.65	88.14	91.51
Cenizas	0.56	0.62	0.42	0.52	0.49	0.39
Proteína (N x 6.25)	1.57	1.29	0.68	1.04	1.46	1.21
Grasa cruda	0.08	0.10	0.04	0.07	0.09	0.08
Fibra cruda	1.57	1.53	0.85	1.23	1.28	0.89
Hidratos de carbono ^b	9.61	9.78	3.74	6.48	8.53	5.89

a Los datos están expresados en g de componente/ 100 g de muestra (%)
b Calculado por diferencia de acuerdo al esquema Weende (Bateman, 1970)

CUADRO 7. ANÁLISIS PROXIMAL A PARTIR DE MUESTRAS FRESCAS DE CINCO VARIEDADES DE CHAYOTES (en base húmeda)^a

Componente	<i>nigrum levis</i>	<i>nigrum xalapensis</i>	<i>nigrum spinosum</i>	<i>nigrum maxima</i>	<i>virens levis</i>
Humedad	90.91	94.76	87.75	93.51	94.00
Cenizas	0.48	0.38	0.50	0.44	0.39
Proteína (N x 6.25)	0.96	0.80	1.20	0.74	0.70
Grasa cruda	0.07	0.03	0.08	0.04	0.04
Fibra cruda	1.08	0.61	1.96	0.83	0.81
Hidratos de carbono asimilables ^b	6.49	3.43	8.49	4.43	4.06

a Los datos están expresados en g de componente/ 100 g de muestra (%)
b Calculado por diferencia de acuerdo al esquema Weende (Bateman, 1970)

La regulación de etiquetado en alimentos, considera un alimento como buena fuente de proteína cuando al menos 12 % de sus calorías son proteínas. Como verduras frescas la concentración de proteína puede ser entre 0.1 y 8.0 % (INNSZ, 1996). En el caso de chayote, el mayor contenido es para *albus minor* (1.57 %) y *nigrum minor* (1.46 %), mientras que lo reportado para la variedad comercial *virens levis* es de 0.7 %. Dentro de la composición proteica es importante considerar que el fruto de chayote tiene siete de los nueve aminoácidos esenciales (lisina, leucina, metionina, fenilalanina, valina, isoleucina e histidina) (Pérez *et al.*, 2008).

Con relación al contenido de grasa en vegetales frescos, usualmente es menor al 1%, en cuyo caso el contenido registrado en las variedades de chayote es 10 veces menor, lo cual hace recomendable la ingesta de estos frutos en dietas bajas en calorías. Con respecto a la fibra cruda, el contenido para *virens levis* es de 0.81 %, mientras que el mayor contenido lo tienen las variedades *nigrum spinosum* y *albus minor* con 1.57 y 1.96 % respectivamente. Estudios epidemiológicos señalan que la ingestión elevada de fibra dietética reduce el riesgo de enfermedades gastrointestinales, cáncer, diabetes, obesidad e hipertensión, por lo cual el consumo de chayote se recomienda ampliamente en dietas de hospital.

Con relación al contenido de hidratos de carbono se presentan desde 3.43 % en *nigrum xalapensis* hasta 9.78 % en *albus dulcis*. Lo anterior es relevante, si se considera que los carbohidratos presentes pueden dividirse por su actividad metabólica-nutricional, tales como los digeribles (azúcares, almidón disponible, glucógeno) y no digeribles (fibra dietética, almidón resistente).

CUADRO 8. ANÁLISIS PROXIMAL A PARTIR DE HARINA DE SEIS VARIEDADES DE CHAYOTE^a

Componente	<i>albus minor</i>	<i>albus dulcis</i>	<i>albus levis</i>	<i>albus spinosum</i>	<i>nigrum minor</i>	<i>nigrum conus</i>
Humedad	2.70	2.62	5.74	2.85	1.92	2.35
Cenizas	4.06	4.53	6.04	5.42	4.06	4.60
Proteína (N x 6.25)	11.41	9.47	11.25	10.76	12.04	14.11
Grasa cruda	0.60	0.74	0.66	0.71	0.79	0.88
Fibra cruda	11.40	11.20	14.16	12.85	10.64	10.29
Hidratos de carbono asimilables ^b	69.83	71.44	62.15	67.41	70.55	67.77

a Los datos están expresados en g de componente/ 100 g de muestra (%)
b Calculado por diferencia de acuerdo al esquema Weende (Bateman, 1970)

CUADRO 9. ANÁLISIS PROXIMAL A PARTIR DE HARINA DE CINCO VARIEDADES DE CHAYOTE^a

Componente	<i>nigrum levis</i>	<i>nigrum xalapensis</i>	<i>nigrum spinosum</i>	<i>nigrum maxima</i>	<i>virens levis</i>
Humedad	2.69	5.10	2.90	3.37	4.89
Cenizas	5.21	6.90	3.98	6.55	6.15
Proteína (N x 6.25)	10.26	14.45	9.56	11.00	11.16
Grasa cruda	0.71	0.47	0.66	0.68	0.68
Fibra cruda	11.61	11.03	15.58	12.42	12.79
Hidratos de carbono asimilables ^b	69.52	62.05	67.32	65.98	64.33

a Los datos están expresados en g de componente/ 100 g de muestra (%)
b Calculado por diferencia de acuerdo al esquema Weende (Bateman, 1970)

Propiedades Nutraceuticas

En la última década la preocupación relacionada con la salud y los alimentos ha hecho que el consumidor incluya en su dieta diaria aquellos alimentos que le otorguen beneficios fisiológicos y/o que tengan funciones nutrimentales que reduzcan el riesgo de alguna enfermedad. Estudios realizados con frutos y hojas de chayote han revelado actividad diurética (Jensen y Lai, 1986), antiinflamatoria e hipotensora, incluso como coadyuvante en la eliminación de cálculos renales (Cuadro 10). El chayote se utiliza como complemento en el tratamiento de arteriosclerosis e hipertensión, alivia la inflamación intestinal y cutánea, además de favorecer la cauterización de úlceras (Diré *et al.*, 2003). Contiene además peroxidases, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas atribuyéndoles actividad antialérgica, antiinflamatoria, antiviral y efectos antitumorales, tal como se muestra en el Cuadro 8 (Jayaprakasam *et al.*, 2003; Setzer y Setzer, 2003; Siciliano *et al.*, 2004; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2005, 2007).

En las variedades de *S. edule* se han identificado diversos metabolitos principalmente cucurbitacinas (Cuadro 11), con propiedades antineoplásicas en fibrosarcoma de pulmón de ratón, leucemia y cáncer cérvicouterino específicamente en las líneas celulares HeLa (humana), L-929 y P-388, por lo que con estas características es de suma importancia promover la conservación de estas variedades (Cadena-Iñiguez *et al.* 2006).

CUADRO 10. EFECTOS FARMACOLÓGICOS DE CHAYOTE *Sechium edule*

Tipo de extracto	Efecto	Fuente
Extracto metanólico	Antiinflamatorio cardiotónico	Salama <i>et al.</i> , 1986
β-sitosterol-β-D- glucopiranosido estigmasterol-β-D- glucopiranosido	Antiinflamatorio	Salama, <i>et al.</i> , 1987.
Proteína "sechiumina" de extracto acuoso de semilla	Inactivación ribosomal Agente quimioterapéutico	Wu <i>et al.</i> , 1998.
Extractos metanólico y acuoso	Antioxidante	Ordoñez <i>et al.</i> , 2006.
Extractos crudos de ocho tipos biológicos	Antiproliferativo Sobre L-929 y p-388	Cadena-Iñiguez <i>et al.</i> , 2005, 2007

Cuadro 11. DIVERSIDAD Y TIPO DE CUCURBITACINAS REGISTRADAS EN FRUTOS DE OCHO VARIEDADES DE CHAYOTE *Sechium edule*

Variedad y valor de retención (rf)								Compuesto
<i>amarus silvstrys</i>	<i>nigrus levis</i>	<i>nigrum xalapensis</i>	<i>nigrum spinosum</i>	<i>virens levis</i>	<i>albus minor</i>	<i>albus levis</i>	<i>albus dulcis</i>	
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	Glicosido de Cu* P
			0.045		0.045		0.045	
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05				
		0.06		0.06	0.06	0.06	0.06	Glicosido de Cu Q1
0.07	0.07							DihidroCucurbitacina Q1
		0.08	0.08			0.08		
0.1	0.1			0.1		0.1	0.1	
0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	DihidroIsoCucurbitacina I
		0.12	0.12					
0.13	0.13			0.13	0.13	0.13	0.13	GlicoCucurbitacina I
		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		DihidroCucurbitacina D
		0.15	0.15	0.15	0.15		0.15	IsoCucurbitacina D
0.17	0.17	0.17		0.17	0.17			
			0.18	0.18		0.18		
		0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
0.23	0.23	0.23	0.23	0.23				Glicosido Cu B
		0.25	0.25					
0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	
		0.29	0.29		0.29		0.29	DihidroIsoCucurbitacina E
	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3	0.30		IsoCucurbitacina E
0.32	0.32			0.32	0.32	0.32	0.32	
		0.35		0.35		0.35		
		0.36	0.36	0.36				
			0.38					
0.39					0.39		0.39	GlicoCu E
0.40				0.40				HidroCucurbitacina E
0.42		0.42	0.42					
	0.44*							IsoCucurbitacina B

CUADRO 11. DIVERSIDAD Y TIPO DE CUCURBITACINAS REGISTRADAS EN FRUTOS DE OCHO VARIEDADES DE CHAYOTE *Sechium edule*

Variedad y valor de retención (rf)								Compuesto
<i>amarus silvstrys</i>	<i>nigrum levis</i>	<i>nigrum xalapensis</i>	<i>nigrum spinosum</i>	<i>virens levis</i>	<i>albus minor</i>	<i>albus levis</i>	<i>albus dulcis</i>	
	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	DihidroisoCucurbitacina B
	0.46		0.46	0.46		0.46		
		0.49	0.49		0.49	0.49	0.49	
		0.5*		0.5	0.5			
		0.51		0.51				
0.52								
		0.55					0.55	
	0.56*	0.56*		0.56*				
					0.57		0.57	
	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	
	0.61*			0.61*		0.61		
				0.62	0.62		0.62	
0.63*								
			0.64	0.64				
0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	Cucurbitacina L
0.68*	0.68			0.68	0.68	0.68		
		0.71	0.71		0.71	0.71	0.71	Cucurbitacina E
	0.73			0.73				
0.75		0.75	0.75			0.75	0.75	
0.76*				0.76				
			0.78				0.78	
0.80	0.80	0.80		0.80		0.80	0.80	
	0.81*				0.81			
			0.83			0.83		
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	
		0.88						
	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	Cucurbitacina B
	0.99	0.99	0.99		0.99	0.99	0.99	
22	26	35	33	36	27	27	26	Totales


Cadena-Iñiguez *et al.* (2007), citan el contenido de sólidos solubles totales, de ácido ascórbico y cucurbitacinas en las variedades de *S. edule* (Cuadro 12). El contenido de cucurbitacinas mayor se registra en *nigrum levis*, seguido de *nigrum spinosum*, *nigrum xalapensis* y *nigrum levis* (variedades de fruto verde). Las de menor contenido son *albus dulcis*, *albus levis* y *albus minor* (variedades de fruto amarillo); sin embargo, son las que tienen mayor contenido de sólidos solubles totales, y por ende mayor dulzor. El contenido de ácido ascórbico es mayor en las variedades de fruto amarillo (Cadena-Iñiguez, 2005).



CUADRO 12. CONTENIDO DE CUCURBITACINAS, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN FRUTOS DE OCHO VARIEDADES DE CHAYOTE *Sechium edule*

Variedad	Cucurbitacinas (g.100 g ⁻¹)	Sólidos Solubles Totales (Brix)	Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)
<i>albus minor</i>	0.0039	7.66 ± 0.7	7.82 ± 0.42
<i>albus dulcis</i>	0.0027	7.21 ± 0.9	7.42 ± 1.27
<i>albus levis</i>	0.0088	8.08 ± 0.6	7.75 ± 0.22
<i>nigrum levis</i>	0.0660	5.47 ± 0.2	6.65 ± 0.18
<i>nigrum xalapensis</i>	0.0195	4.93 ± 0.2	6.53 ± 0.53
<i>nigrum spinosum</i>	0.0190	6.43 ± 0.3	4.95 ± 0.49
<i>virens levis</i>	0.0116	5.14 ± 0.2	6.76 ± 0.16

Fuente: Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007.



**REQUERIMIENTOS
CLIMÁTICOS
PARA LAS
VARIEDADES DE
*Sechium edule***

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS PARA LAS VARIEDADES DE *Sechium edule*



La fenología es una rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales, donde el clima representa el principal factor que influye en el crecimiento, desarrollo y distribución de las especies; por ello, los requerimientos bioclimáticos de una especie vegetal delimitan las zonas geográficas que cubren de manera satisfactoria su demanda como cultivo.

A este respecto, los elementos del clima que mayor influencia ejercen en la producción de los fenómenos periódicos de las plantas son: el régimen de temperaturas a través del año, el régimen pluviométrico, y la variación periódica de la duración del día o foto periodo. En el caso de las variedades de chayote, se ha tomado como base para la identificación y sugerencia de áreas potenciales de crecimiento y desarrollo los sitios agroclimáticos donde se ha registrado la mayor cantidad de tipos biológicos originales recolectados, mismos que dieron origen a las variedades del presente; situándolas en mapas con las isothermas de temperatura y régimen pluviométrico,

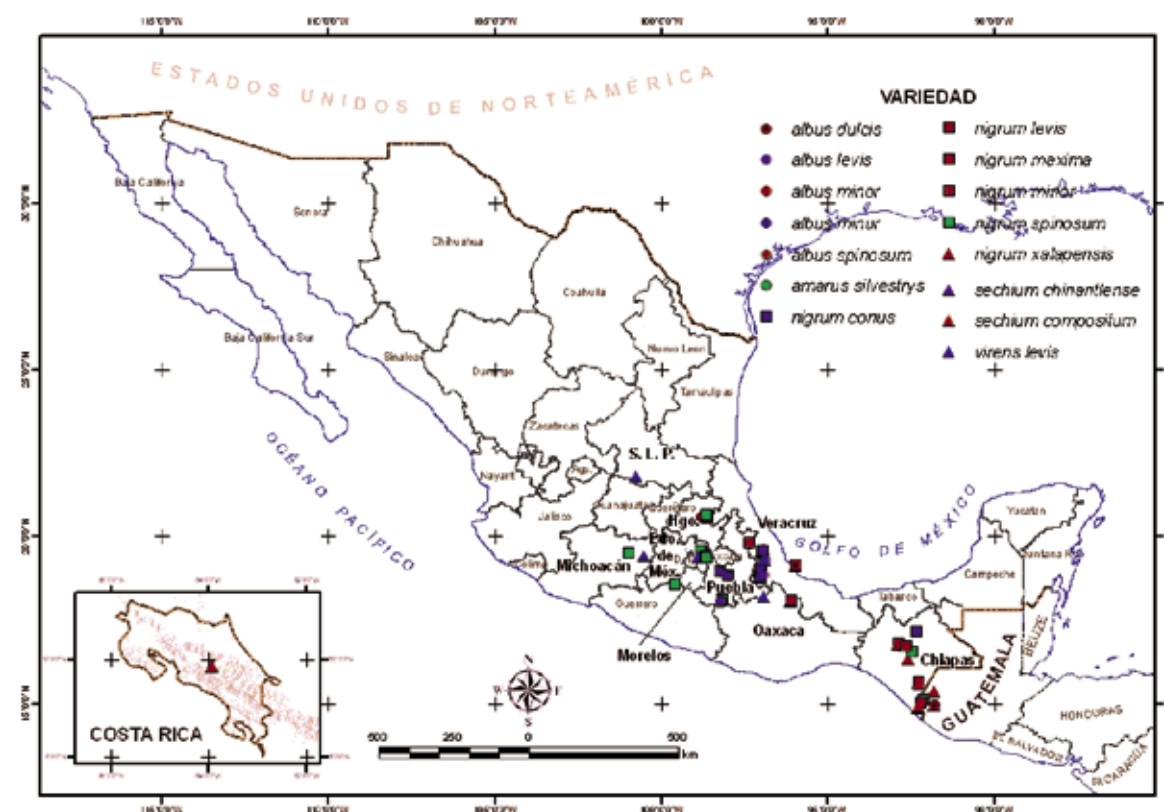


Figura 11. Distribución de las colectas de las diferentes accesiones de *Sechium edule* en México.

de tal forma que mediante el uso de una analogía climática, la cual consiste en la comparación de variables climáticas de importancia en el desarrollo de especies vegetales, del lugar de origen y de la zona donde se las desea cultivar o implantar, será posible sugerir una zonificación para las variedades de chayote. En la figura 11, se aprecian las áreas geográficas de México, donde se ha registrado el mayor número de tipos biológicos originales de *Sechium* spp., donde se ubican las de *S. edule*, destacando los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, además de otros siete estados. Se considera que la temperatura y la precipitación tienen una variación aleatoria con respecto al tiempo, que no permite predecir con certeza su comportamiento a futuro, en cambio el fotoperiodo presenta un comportamiento más estable a través de los años. Así por ejemplo, se ha registrado que las variedades de *S. edule* responden a la variación en el número de horas luz del día, lo cual permite establecer una estrategia para planificar las fechas de siembra y producción.

En términos generales se ha registrado que si la fecha de siembra ocurre en la última quincena de diciembre, la floración ocurrirá en junio y su fructificación será de julio a diciembre del mismo año. Sin embargo, si la siembra se realiza en junio, la floración y fructificación ocurrirá a los tres meses, con un periodo de fructificación de septiembre a marzo-abril del siguiente año con riegos de auxilio, lo cual permite planificar la demanda de diferentes ventanas de mercado, tanto nacional como internacional.

Las características anteriores guardan una estrecha relación con el régimen pluviométrico y de temperaturas en cada zona. Estudios realizados por Cadena-Iñiguez *et al.* (2001), han demostrado que el rango de temperatura adecuado para el cultivo de chayote es de 26-32 °C, siendo 26 °C la óptima, con humedad ambiental de 80-90 %. Sin embargo, las variedades de fruto amarillo (*albus minor*, *albus dulcis*, *albus levis*) presentan mayor tolerancia a los climas de selva mediana perennifolia, subperennifolia y trópico seco tales como sitios con vegetación de selva baja caducifolia en condiciones de riego. Mientras que la variedad *n. spinosum* de fruto verde con espinas, es preferentemente para zonas de valles altos (2000-2800 m) con periodos cortos de fructificación no mayores a cuatro meses, ya que las heladas en este tipo de sitios elimina la parte aérea de la planta.

CUADRO 13. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS PROCEDENTES DE TRES REGIONES AGROCLIMÁTICAS SITIOS EXPERIMENTALES DONDE SE CULTIVÓ EL CHAYOTE *Sechium edule* EN VERACRUZ, MÉXICO.

	%	%	mg kg ⁻¹										
	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Na	
BMMa	5.71	11.47	0.61	1.08	0.53	3.55	1.25	2.33	23.9	2.5	3.8	2.38	0
SMSPb	6.03	4.52	0.25	74.6	0.20	14.5	2.70	46.7	40.9	15.2	2.4	1.68	0.26
SBCc	7.71	3.53	0.17	6.70	1.26	53.9	6.0	1.7	6.6	11.2	0.01	0.56	0.43

a.- Bosque mesófilo de montaña
b.- Selva mediana subperennifolia
c.- Selva mediana y baja caducifolia

Considerando que la composición de la planta en general oscila entre el 90-94 % de agua en los tejidos, los requerimientos generales para el éxito comercial de las variedades, representa el mayor insumo, así por ejemplo, se calculan necesidades de hasta cuatro millones de litros de agua distribuidos en 10-11 meses de las fases fenológicas del cultivo por hectárea de los cuales, al menos el 75 % pueden ser suministrados por precipitación natural (Cruz-León y Querol-Lipovich, 1985) (Figura 12).

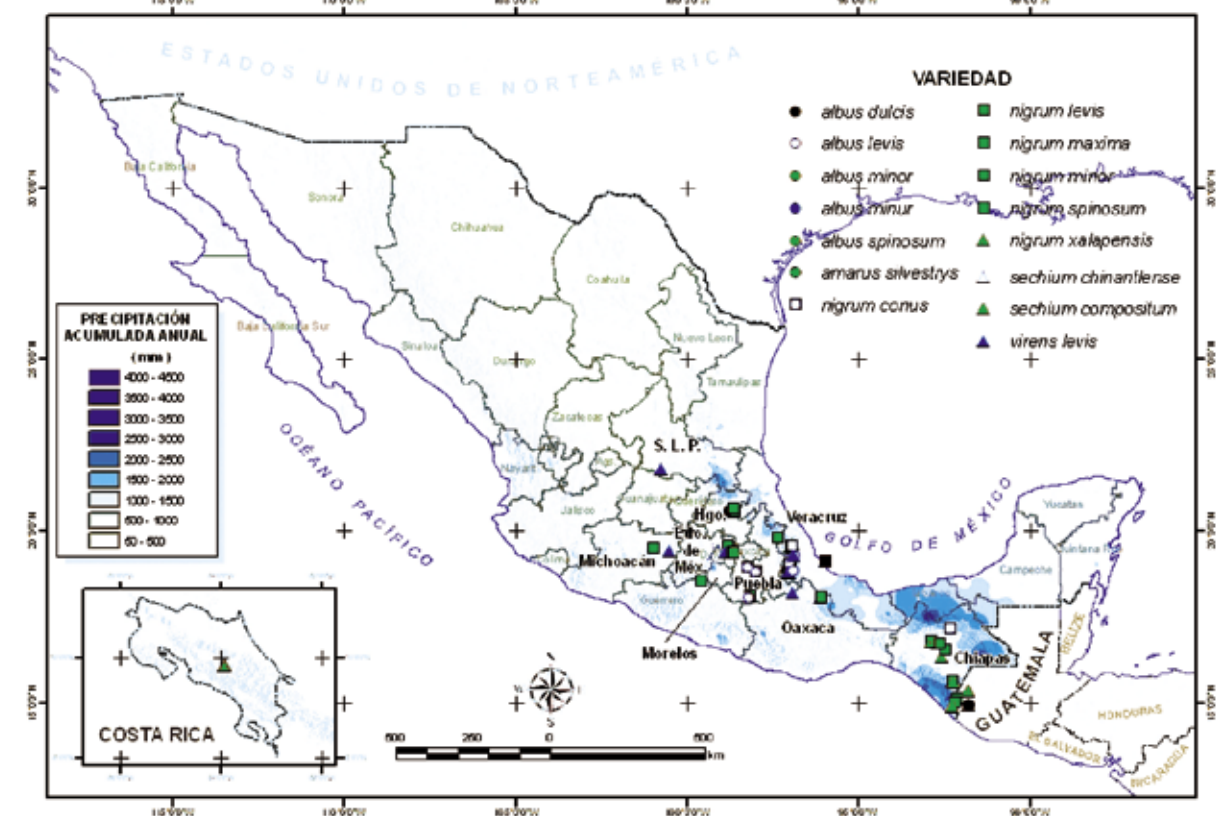


Figura 12. Distribución de las variedades de *Sechium edule* de acuerdo a la precipitación pluvial anual.

En las figuras 12 y 13, se muestran los sitios análogos en cuanto a régimen pluviométrico y de temperaturas para las diferentes variedades de chayote, siguiendo los criterios establecidos por diversos autores descritos a continuación para el ancestro silvestre y sus variantes biológicas:

Sechium edule se encuentra, en condición silvestre, en altitudes que oscilan entre los 800 y 1400 m, y como cultivo en altitudes muy diversas que van desde los 300 hasta los 2500 m, con requerimientos de alta humedad ambiental (80-85 %), suelos ácidos a ligeramente ácidos (4.5 a 6.5 de pH), bien drenados y ricos en humus (Flores, 1989). Bajo condiciones de cultivo, prospera en suelos calcáreos y ligeramente salinos como en Actopan, Veracruz, Santa María del Río, SLP, y región de Chapala, Jalisco, México con fuertes limitaciones para su crecimiento y desarrollo (Cadena, et al., 2001). El chayote requiere una precipitación media anual que oscile entre 1500 a 2000 mm bien distribuida, foto periodo de hasta 12 horas luz para inicio de floración y temperaturas de 20 a 26 °C (Flores, 1989, Valverde et al., 1986). Es muy susceptible a la sequía, heladas o excesos de humedad que generalmente ocasionan muerte de la planta, en localidades muy cálidas crece mejor en meses con menor temperatura ambiental (Cadena et al., 2001). Con el fin de establecer los parámetros y calidad de los suelos para el cultivo de chayote, es notable que las mejores curvas de crecimiento y, de que las mejores curvas de crecimiento y desarrollo se obtienen en suelos de bosque mesófilo, seguido por los ubicados en vegetación de selva mediana subperennifolia y por último los de mayor limitación en cuanto a la calidad y cantidad de nutrimentos aportados los ubicados en vegetación de selva mediana y baja caducifolia.

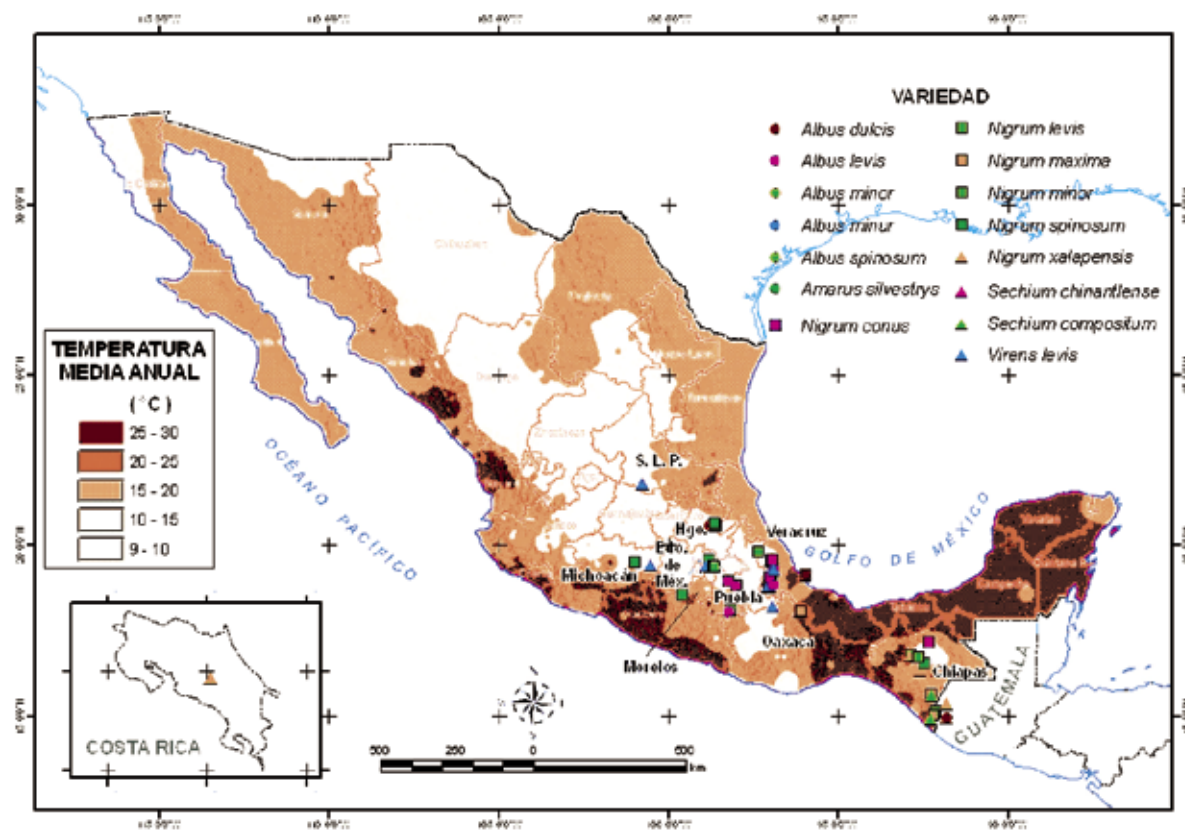



Figura 13. Distribución de las variedades de *Sechium edule* de acuerdo a la temperatura media anual.

TIPOS DE SUELOS



A close-up photograph of several green avocados, showing their bumpy skin texture. The image is partially covered by a large, semi-transparent green shape on the right side. The text 'FISIOLOGÍA POSTCOSECHA' is written in white, bold, uppercase letters on this green shape. The background is a light blue gradient.

FISIOLOGÍA POSTCOSECHA

CRECIMIENTO E ÍNDICES DE COSECHA PARA LAS VARIETADES DE CHAYOTE

En cada variedad es importante definir el índice de cosecha, éste puede ser por su madurez fisiológica u hortícola. En el caso del chayote, la madurez hortícola se alcanza, en la mayoría de las variedades, a los 18 ± 2 días después de antesis y corresponde a un fruto de tamaño medio, de consistencia suave en la epidermis, turgente, sin estrías aparentes o indicios de germinación. El índice de cosecha es muy importante para la comercialización en fresco de los productos vegetales por razones del cumplimiento de normas o estándares establecidos, estrategias de mercadeo y eficacia en el empleo de recursos para la labor de la cosecha (Kitinoja y Kader, 1996). Los índices más utilizados para definir el estado de desarrollo de los productos vegetales pueden ser de tres tipos:

a) Cronológicos.

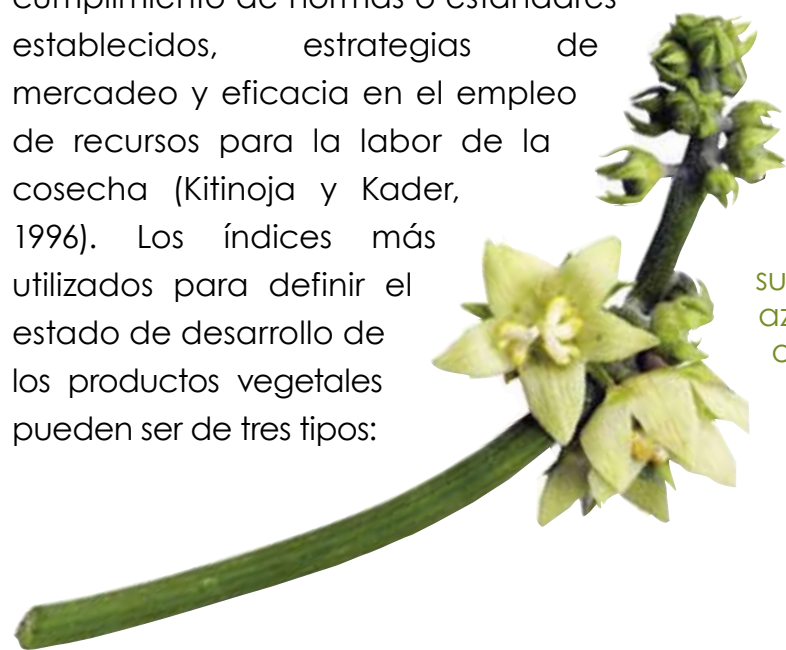
Se consideran aspectos relacionados con el tiempo y el desarrollo fisiológico del cultivo, como días desde la plantación, días desde la floración o antesis o bien unidades de calor acumuladas.

b) Físicos.

Las características físicas más importantes son: forma, tamaño, color y las características de la superficie (rugosidad, brillo y presencia de estrías).

c) Químicos.

Durante la maduración de los frutos existen cambios en la composición química de algunas sustancias como: azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, pigmentos, entre otros.



Algunos requisitos básicos establecidos para determinar la calidad de los frutos de chayote comercial verde liso, se centran en el color, peso y longitud, así como en la sanidad y los defectos (Anónimo, 2003). Cadena-Iñiguez *et al.* (2006) mencionan que los frutos pueden ser cosechados en México a los 18 ± 2 días después de antesis, Piatto (2002) cita que la cosecha se lleva a cabo 35 días después de la polinización, otros como Aung *et al.* (1996) señalan que la cosecha se realiza cuando el fruto alcanza un peso entre 250 y 400 g. Estas aparentes discrepancias se aclaran al considerar la edad y tamaño del fruto utilizado como semilla en las nuevas plantaciones, que resulta ser un factor clave en el número de días después de antesis en que se alcance el grado de madurez que demande el mercado.

Con respecto al resto de las variedades no existen referencias que definan el índice de cosecha más adecuado, por ello en este trabajo se reportan los datos de crecimiento de las principales variedades de chayote bajo las condiciones del Banco Nacional de Germoplasma de *Sechium edule* (BANGeSe) en Huatusco, Veracruz (clima templado subhúmedo) con una temperatura media anual de 17.3°C y un intervalo de temperatura mínima y máxima de 8.0 a 26.1°C con lluvias en verano y precipitación media anual de 2,000 mm.

Las características que se consideraron para determinar la madurez hortícola fueron los días después de antesis, tamaño (longitud y ancho), diámetro basal y color de la epidermis.



***Sechium edule*
var. *albus minor***

La velocidad de crecimiento en esta variedad es constante hasta el día 6.

La forma ovoide es más compacta, dada la semejanza entre las líneas de crecimiento longitudinal y ecuatorial del fruto. El índice de cosecha se consideró a los 12 días después de antesis (Figuras 14, 15a y 15b).

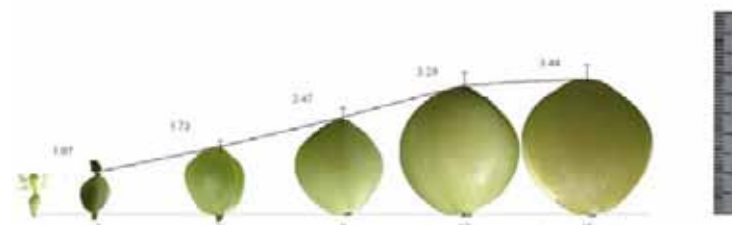


Figura 14. Desarrollo del fruto de albus minor desde antesis a madurez hortícola.

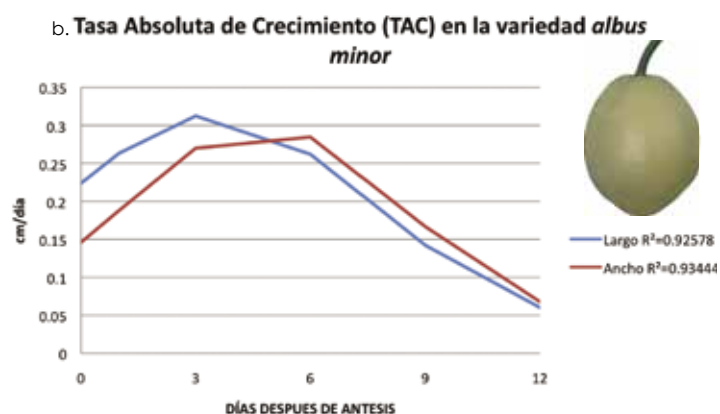
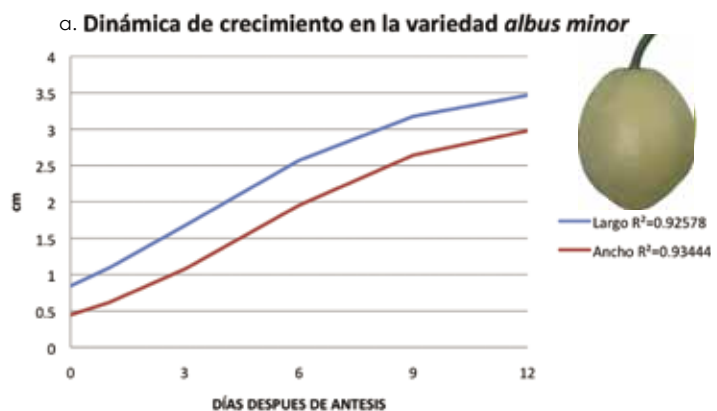


Figura 15. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *albus minor*.



Figura 16. Desarrollo del fruto de la var. *albus dulcis* desde antesis a madurez hortícola.

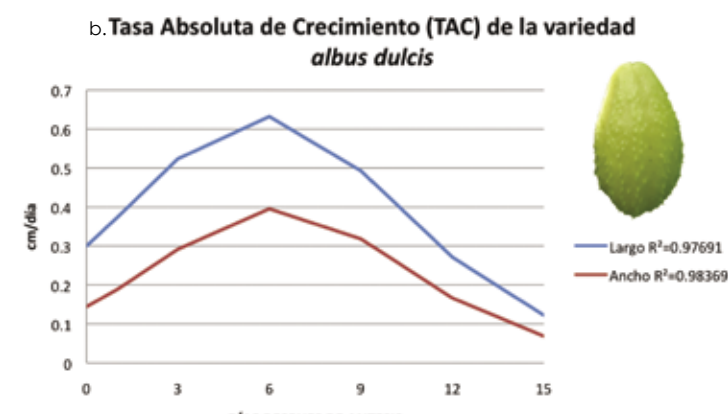
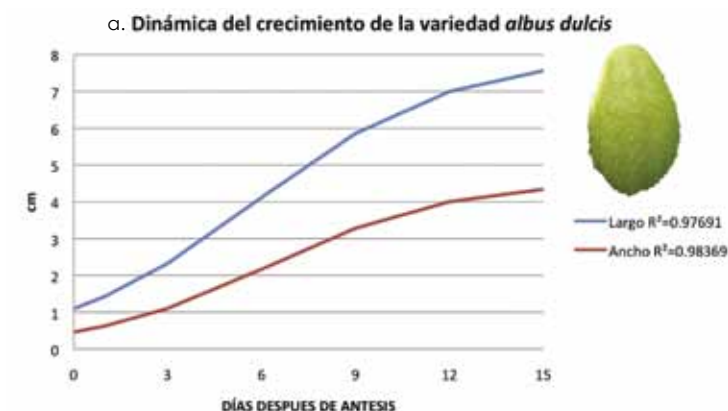


Figura 17. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *albus dulcis*.

***Sechium edule*
var. *albus dulcis***

El periodo de mayor crecimiento se presenta desde antesis hasta los 6 días, a partir de ello, el contenido de carotenoides en la epidermis del fruto se hace evidente, lo que definirá el color amarillo típico de la variedad. La madurez hortícola se alcanza a los 15 días después de antesis, antes que la presencia de fibra se haga evidente (Figuras 16, 17a y 17b).

***Sechium edule*
var *albus levis***

El crecimiento es continuo a partir del día tres después de antesis hasta el día 6, donde se reduce la velocidad de crecimiento, es notable que las curvas de crecimiento longitudinal y ecuatorial son semejantes con tendencia paralela, dando como consecuencia un fruto ovoide. El fruto en todas sus etapas de desarrollo mantiene coloración amarillo crema con poco contenido de clorofila. Los días a cosecha son 18, antes de que se presenten estrías (Figuras 18, 19a y 19b).

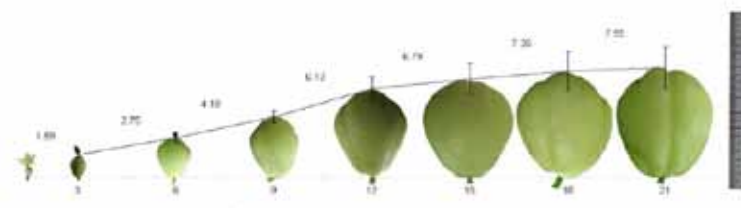
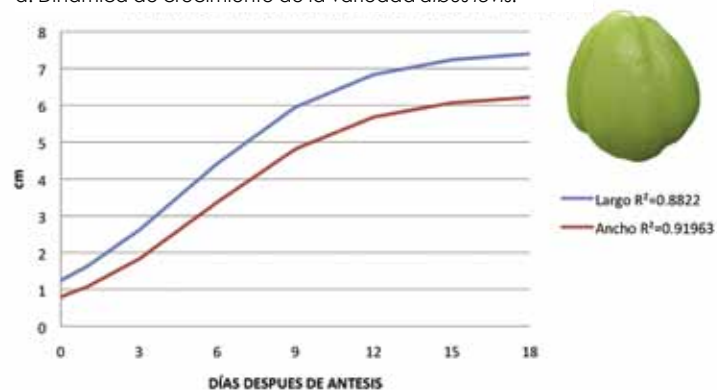


Figura 18. Desarrollo del fruto de *albus levis* desde antesis a madurez hortícola.

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *albus levis*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *albus levis*.

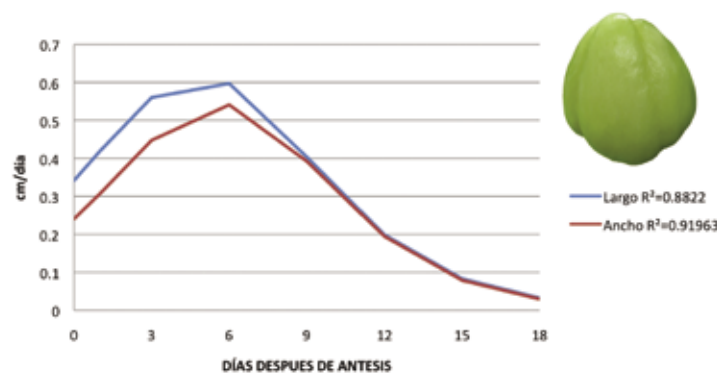


Figura 19. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *albus levis*.

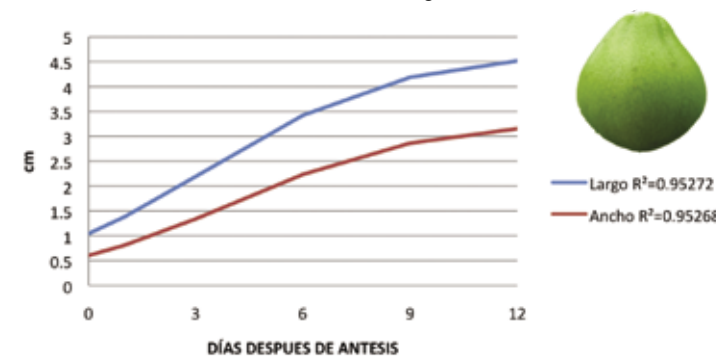
***Sechium edule*
var. *nigrum minor***

Esta variedad mantiene una coloración verde claro de forma constante durante su crecimiento y desarrollo. La mayor velocidad de crecimiento se presenta hasta el 3 día después de antesis y posteriormente disminuye, llegando a un estado de madurez hortícola a los 12 días (Figuras 20, 21a y 21b).



Figura 20. Desarrollo del fruto de *nigrum minor* desde antesis a madurez hortícola.

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *nigrum minor*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *nigrum minor*.

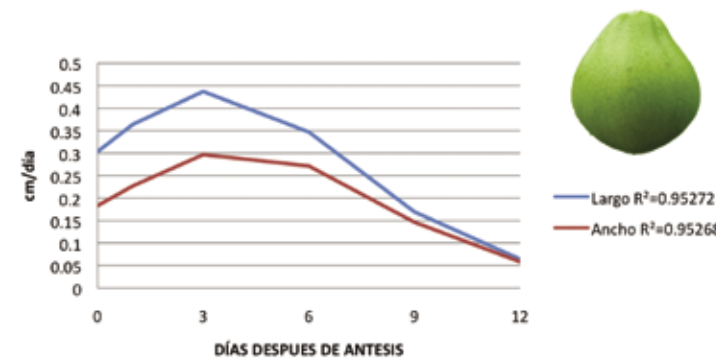


Figura 21. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum minor*.

***Sechium edule*
var. *nigrum conus***

El crecimiento al igual que las otras variedades se presenta hasta el día 6 después de antesis, con mayor crecimiento longitudinal que radial, que resulta en la forma cónica característica de esta variedad. El índice de cosecha óptimo se consideró a los 18 días después de antesis (Figuras 22, 23a y 23b).

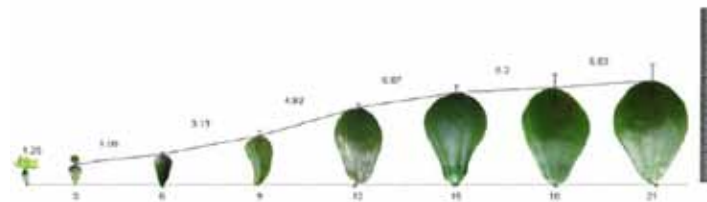
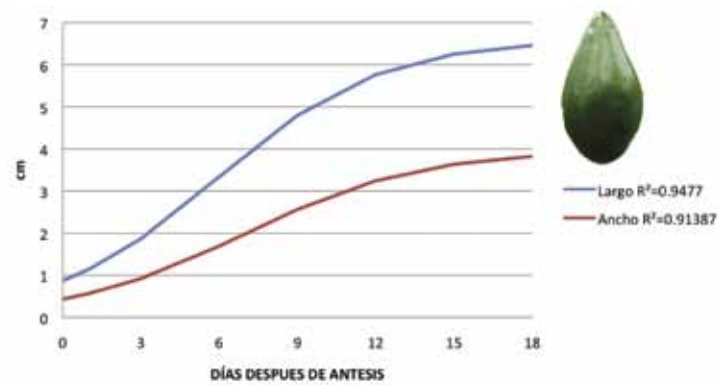


Figura 22. Desarrollo del fruto de *nigrum conus* desde antesis a madurez hortícola.

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *nigrum conus*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *nigrum conus*.

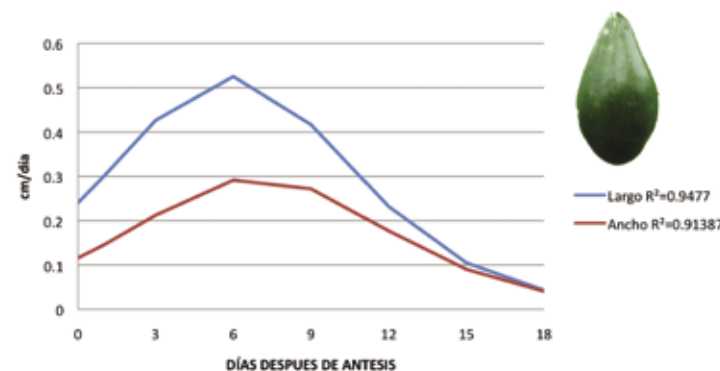


Figura 23. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum conus*.

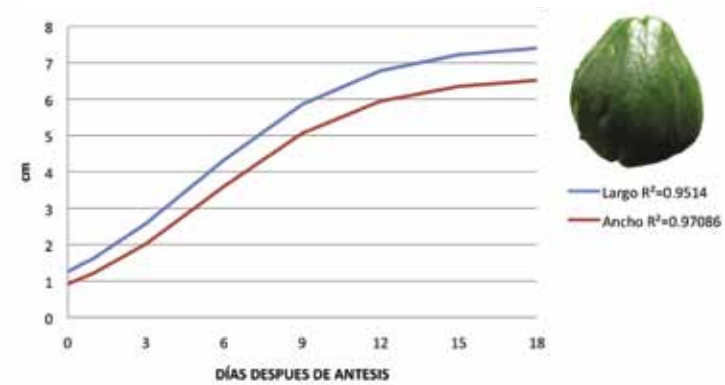
***Sechium edule*
var. *nigrum levis***

El periodo de mayor crecimiento hasta el día 6 después de antesis, a partir de entonces el crecimiento ecuatorial y longitudinal son similares, y da como resultado un fruto de forma obovada, alcanzando a los 18 días después de antesis el punto de corte en madurez hortícola (Figuras 24, 25a y 25b).



Figura 24. Desarrollo del fruto de *nigrum levis* desde antesis a madurez hortícola.

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *nigrum levis*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *nigrum levis*.

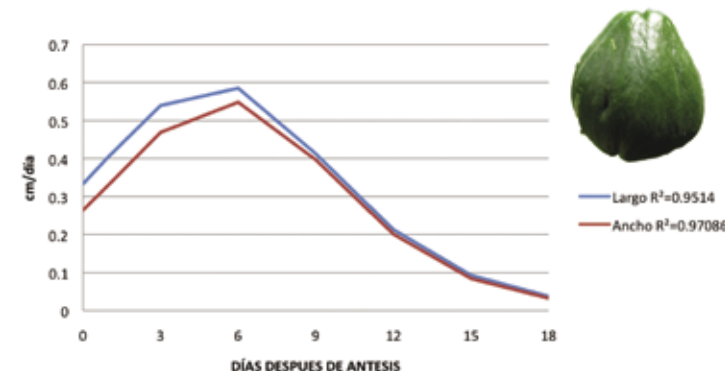
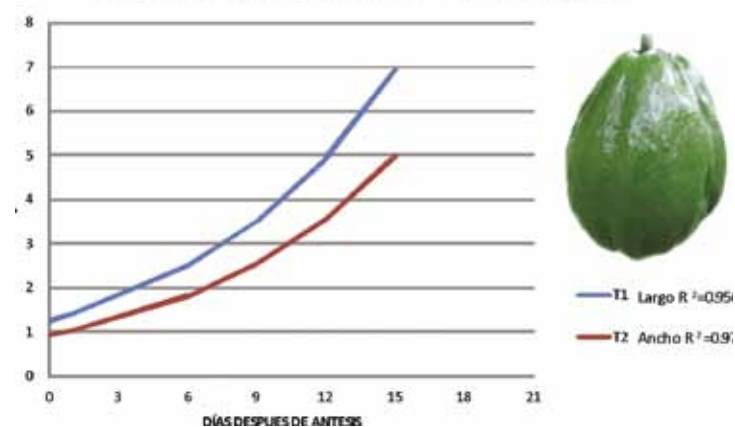


Figura 25. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum levis*.

***Sechium edule*
var. *nigrum*
*xalapensis***

El periodo de mayor crecimiento es de los 6 a los 12 días después de antesis, a partir de entonces el crecimiento longitudinal es ligeramente mayor que el ecuatorial alcanzando a los 15 días después de antesis el punto de corte en madurez hortícola (Figura 26a y 26b).

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *nigrum xalapensis*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *nigrum xalapensis*.

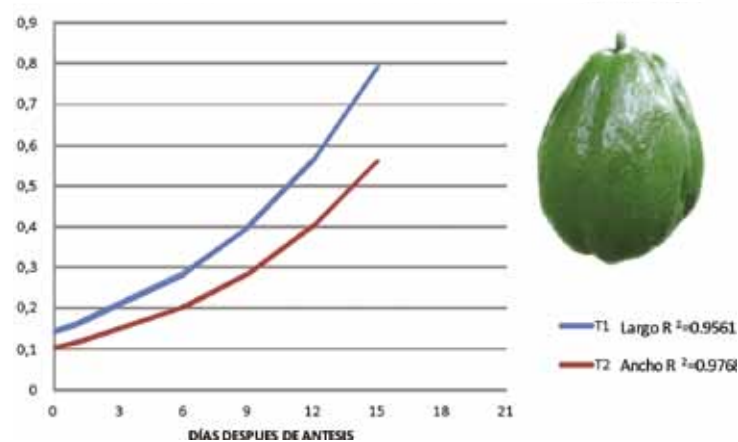


Figura 26. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum xalapensis*.

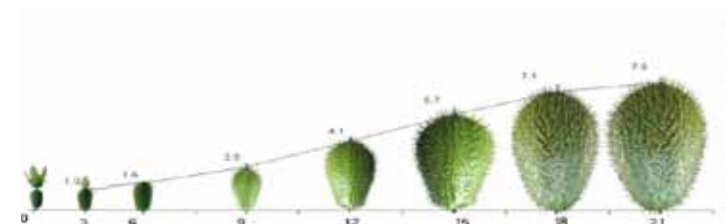
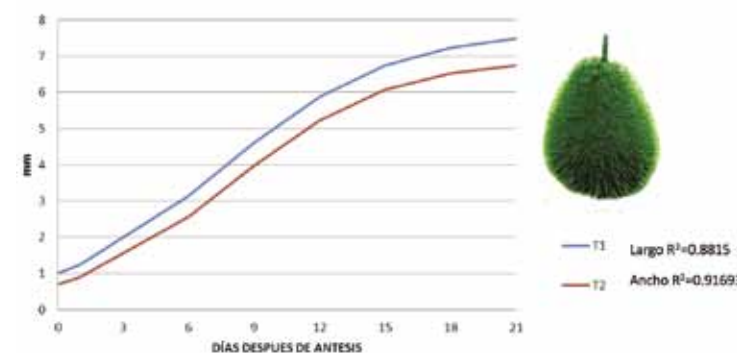


Figura 27. Crecimiento la variedad *nigrum spinosum* después de antesis.

a. Dinámica de crecimiento de la variedad *nigrum spinosum*.



b. Tasa absoluta de crecimiento de la variedad *nigrum spinosum*.

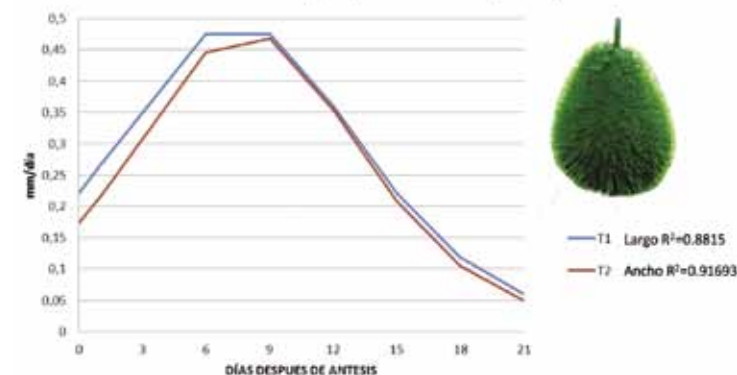


Figura 28. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum spinosum*.

***Sechium edule*
var. *nigrum*
*spinosum***

La velocidad de crecimiento en *nigrum spinosum* se mantiene constante de 6 hasta 18 días después de antesis. El crecimiento ecuatorial es similar al longitudinal entre los 6 y 12 días, alcanzando la madurez hortícola entre los 18 y 21 días. (Figuras 27, 28a y 28b).

**Sechium edule
var. nigrum maxima**

La velocidad de crecimiento en nigrum maxima se mantiene constante desde antesis hasta los 9 días, para después tener un crecimiento acelerado de los 9 a los 12 días con un crecimiento longitudinal mayor que determinara su forma, alcanzando su madurez hortícola a los 15 días (Figura 29a y 29b).

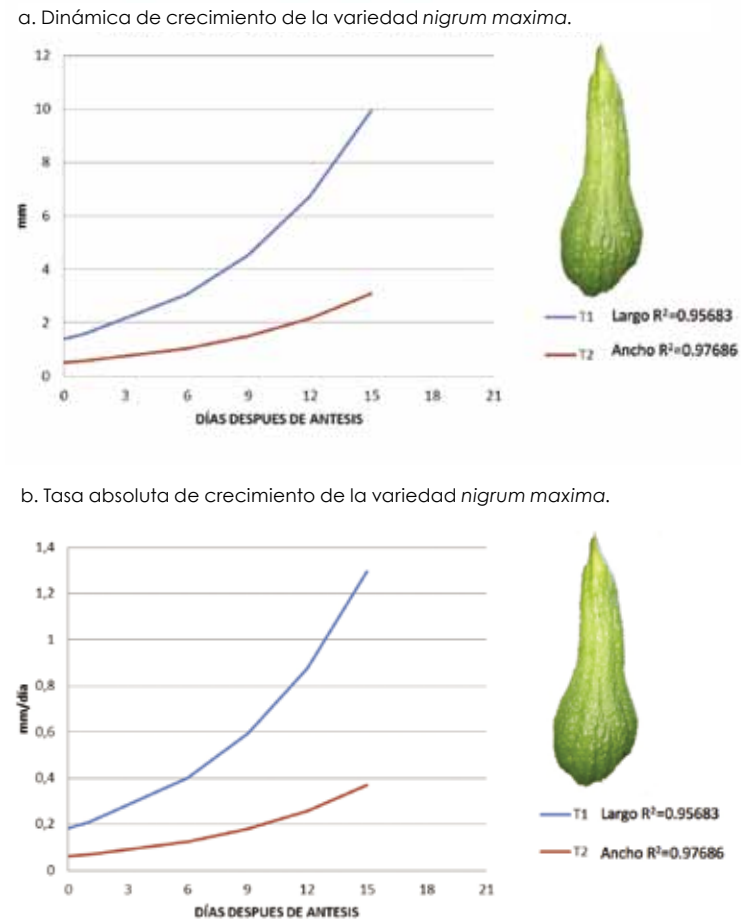


Figura 29. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *nigrum maxima*.

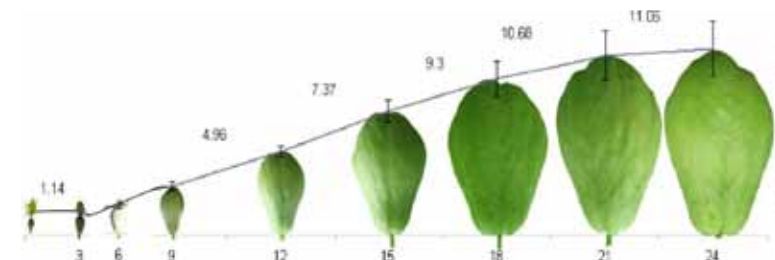


Figura 30. Desarrollo del fruto de *virens levis* desde antesis a madurez hortícola.

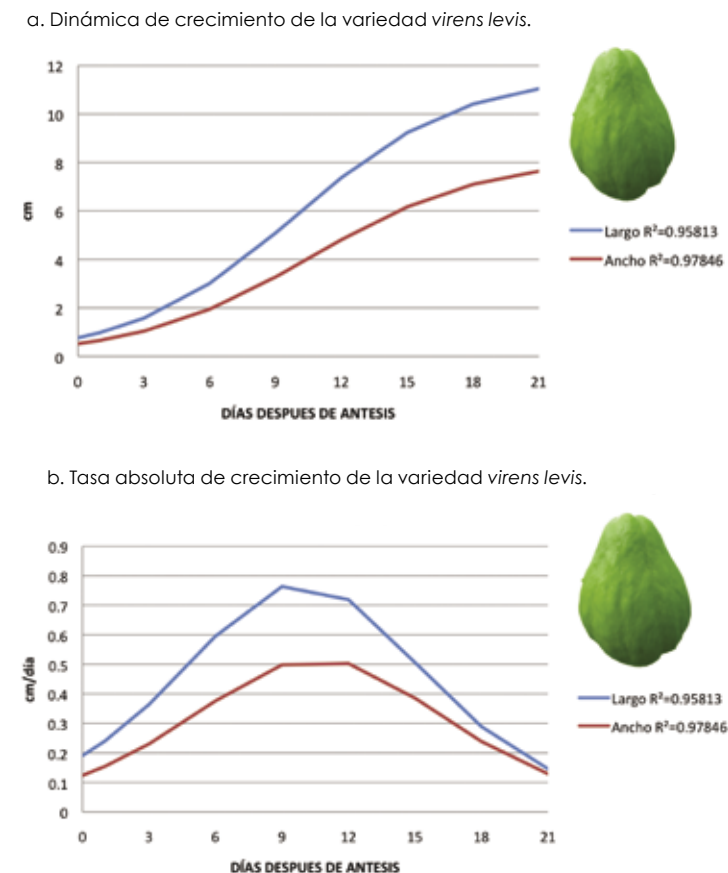


Figura 31. Dinámica (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) (TAC) de la variedad *virens levis*.

**Sechium edule
var. virens levis**

Esta variedad es la más conocida por su impacto en los mercados. Presenta mayor velocidad de crecimiento hasta los 9 días después de antesis, llegando a la madurez hortícola entre los 18 y 21 días (Figuras 30, 31a y 31b).



El registro del tiempo desde antesis hasta el punto de madurez hortícola se muestra en la figura 32. Es significativo resaltar, que dependiendo de los requisitos establecidos por el mercado la madurez hortícola podría variar, dado que las características de los frutos cambian conforme esta avanza. Por ejemplo, en el caso de los chayotes amarillos, un estado de madurez temprano se refleja en frutos crujientes que son ideales para ensaladas, mientras que, si se cosechan en un estado de madurez avanzada, la acumulación de fibra y almidón aumenta lo que hace a los frutos ideales para el consumo en sopas o como sustituto de papas o remolacha.

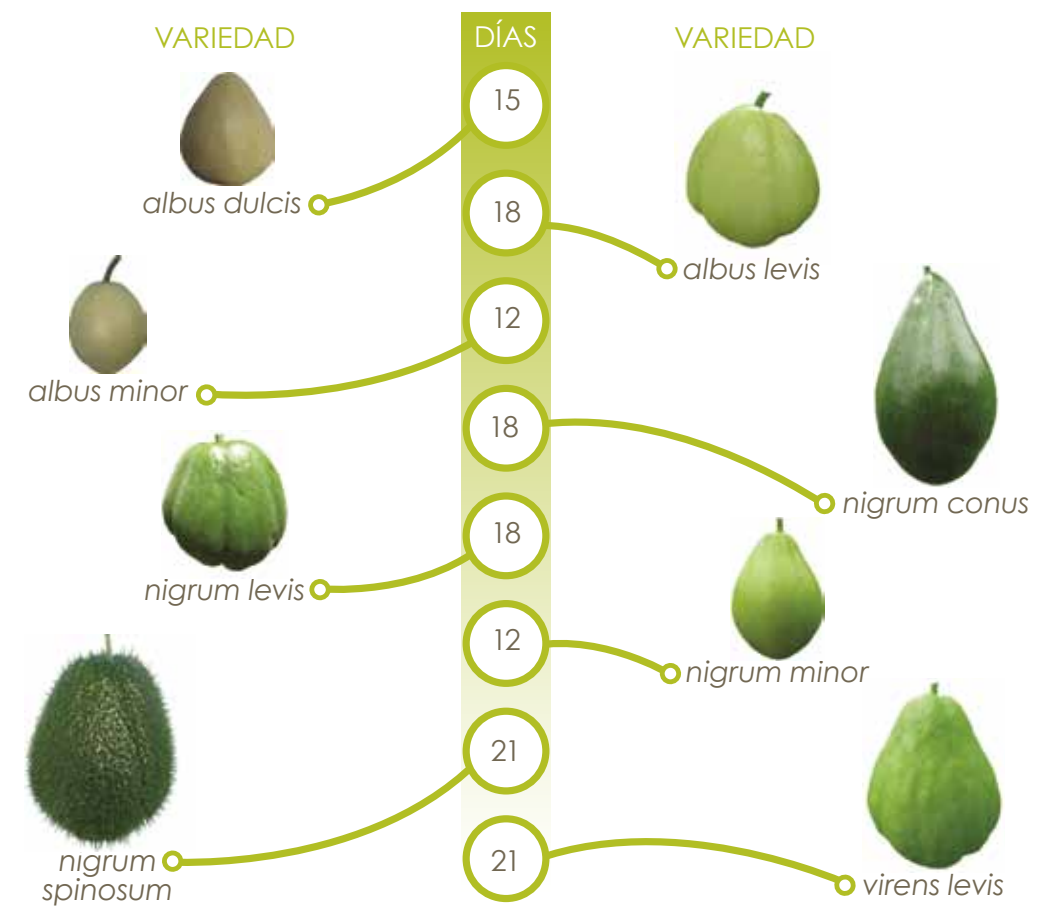


Figura 32. Tiempo transcurrido desde antesis hasta el punto de madurez hortícola de ocho variedades de CHAYOTE *Sechium edule*

PARÁMETROS DE CALIDAD

En el manejo de hortalizas existen diferentes términos que identifican el estado en donde el fruto ha alcanzado su máxima calidad estética y sensorial que lo hacen apto para el consumo humano inmediato; con relación a las diferentes variedades de chayote, esta cualidad se alcanza entre los 12 y 21 días después de anthesis. Con el fin de identificar la preferencia del consumidor hacia el estado de desarrollo de cierta variedad en particular, en el cuadro siguiente se establecen dos estados: *madurez hortícola* (1) y *madurez fisiológica* (2), en que normalmente el fruto es consumido. El fruto en madurez hortícola ("tierno") se caracteriza por ser turgente y con bajo contenido de fibra mientras que el fruto en madurez fisiológica tiene mayor contenido de fibra, presencia de almidón ("camotudo"), estriado de la epidermis y germinación de semilla dentro del fruto.

CUADRO 14. CARACTERÍSTICAS DE MADUREZ DE OCHO VARIEDADES DE CHAYOTE EN MADUREZ HORTÍCOLA Y FISIOLÓGICA

Variedad	Madurez	°Hue	Croma	Firmeza (Newton)	Azúcares totales (%)
<i>albus minor</i>	Hortícola 1	98.38	20.76	17.0	2.68
<i>albus levis</i>	Hortícola 2	95.40	23.06	17.9	2.72
<i>nigrum minor</i>	Hortícola 1	126.07	10.72	16.2	2.72
<i>nigrum levis</i>	Hortícola 2	126.03	16.18	16.0	2.68
<i>nigrum spinosum</i>	Hortícola 1	118.38	8.92	20.6	3.38
<i>nigrum spinosum</i>	Hortícola 2	121.93	12.70	19.5	2.63
<i>virens levis</i>	Hortícola 2	119.15	23.99	11.8	2.75
<i>virens levis</i>	Hortícola 1	114.48	24.00	17.2	2.70

En lo que corresponde al color, los frutos amarillos tienen valores Hue promedio de 95.4, los frutos verdes valores de 129.37, con variaciones en Chroma de 6.34 y 26.46, representando la variación entre colores pálidos hasta los más intensos.

VIDA DE ANAQUEL

El fruto registra en su composición un alto contenido de humedad en estado fresco y una alta transpiración lo que provoca marchitamiento y reducción de su vida de anaquel. Aunado a lo anterior posee una semilla de testa suave no lignificada (Orea y Engleman, 1983) que favorece su fusión con el pericarpio y provoca viviparismo durante la madurez hortícola, reduciendo su calidad y el valor comercial de los frutos. (Aung-LH *et al.*, 1996).

La intensidad respiratoria es muy baja, se tienen reportes para *virens levis* de 6-8 mL CO₂ .kg⁻¹.h⁻¹ en frutos almacenados por 12 días a 15 °C y de 20-25 mL CO₂ .kg⁻¹.h⁻¹ a 25 °C (Aung-LH *et al.*, 1992). En el siguiente cuadro se muestra la clasificación del patrón respiratorio de las diferentes variedades de chayote.

CUADRO 15. CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD RESPIRATORIA DE LAS DIFERENTES VARIEDADES DE CHAYOTE

Intensidad Respiratoria (mL CO ₂ kg h)		
Baja (5-10 mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Media (10-15 mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Alta (15-20 mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
a. minor n. conus n. minor v. levis (mexicano)	a. levis n. levis a. spinosum v. levis (costarricense) a. dulcis n. maxima	n. spinosum n. xalapensis



CUADRO 16. PÉRDIDA DE PESO REGISTRADA EN FRUTOS CON OCHO DÍAS DESPUÉS DE COSECHA A TEMPERATURA AMBIENTE (20 °C)

Pérdidas de peso (%)		
Baja (> 7 %)	Media (8-10 %)	Alta (13-17 %)
v. levis (mexicano)	v. levis (costarricense) n. xalapensis n. conus n. levis n. minor a. levis a. dulcis	n. spinosum a. spinosum n. máxima a. minor

La pérdida de peso de los frutos de las variedades de *S. edule*, registrada ocho días después de cosecha a temperatura ambiente (20 °C) se reporta en la siguiente tabla. El GISeM (Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C.), ha realizado investigaciones enfocadas a prolongar la vida de almacenamiento de los frutos de chayote. Se han evaluado diversos compuestos de reciente introducción al mercado que reducen el viviparismo y prolongan la vida de anaquel del fruto hasta por 28 días (Cadena-Iñiguez et al., 2006).



La incidencia de hongos, es una de las principales causas de rechazo en la comercialización de los frutos chayote *virens levis*. El GISeM ha identificado las principales enfermedades que afectan al fruto tales como: la vejiga o ampolla causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, antracnosis causada por *C. orbiculare*, moho púrpura-rojizo causado por *Fusarium* sp., moho blanco provocada por *Phytophthora capsici* y la pudrición ácida provocada por *Geotrichum* sp. Con ello se establecen las bases para un manejo postcosecha integral que asegure la calidad de los frutos desde el campo de producción (Figura 33).

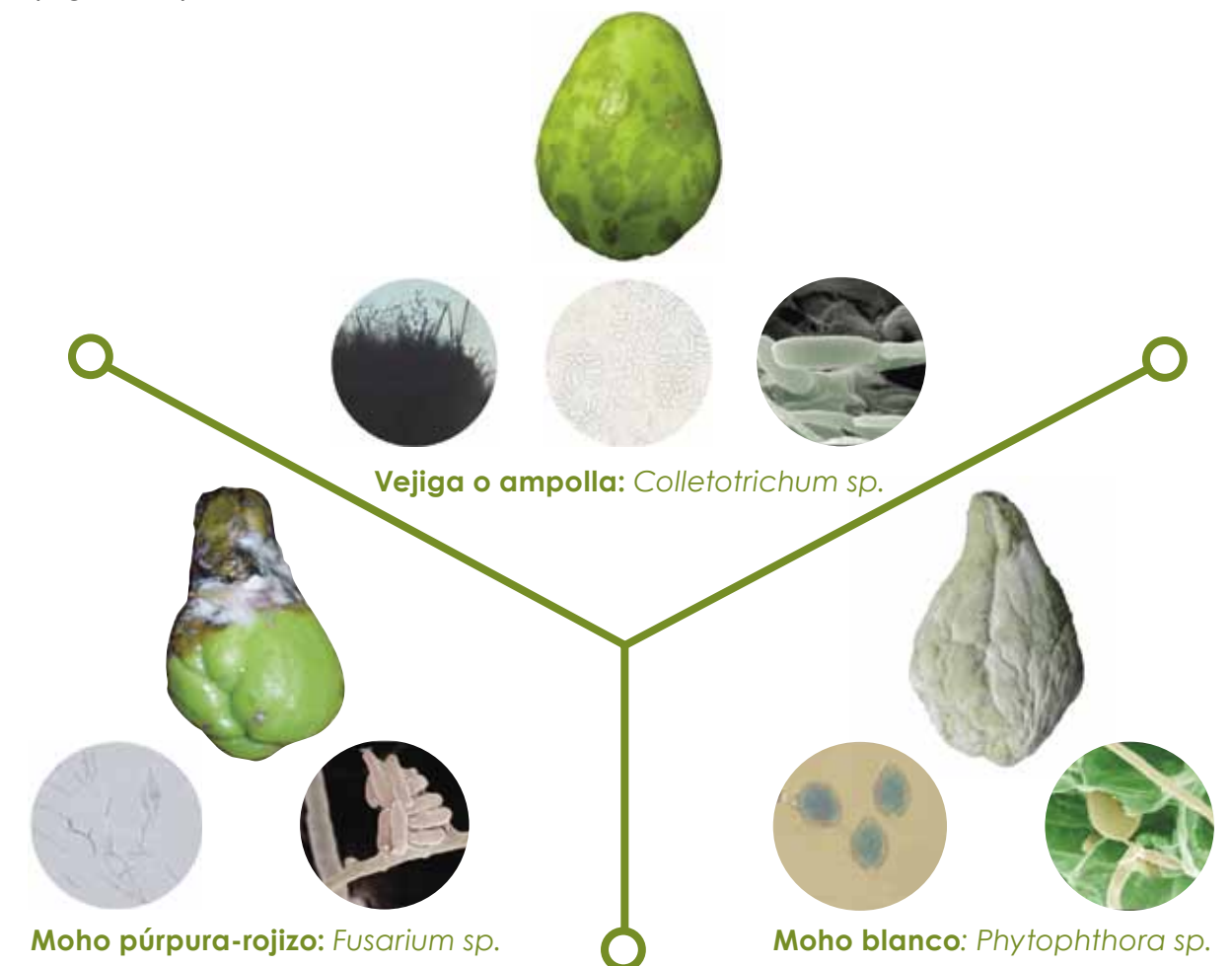


Figura 33. Hongos identificados que producen las enfermedades más comunes en chayote (Juárez-Merlin et al., 2007).

NORMALIZACIÓN DE FRUTOS

Los frutos de chayote de la variedad *virens levis* para el mercado internacional deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-047-SCFJ-2003 equivalente a la norma internacional Codex-Stan-83-993 (Anónimo, 2003) (figura 34).

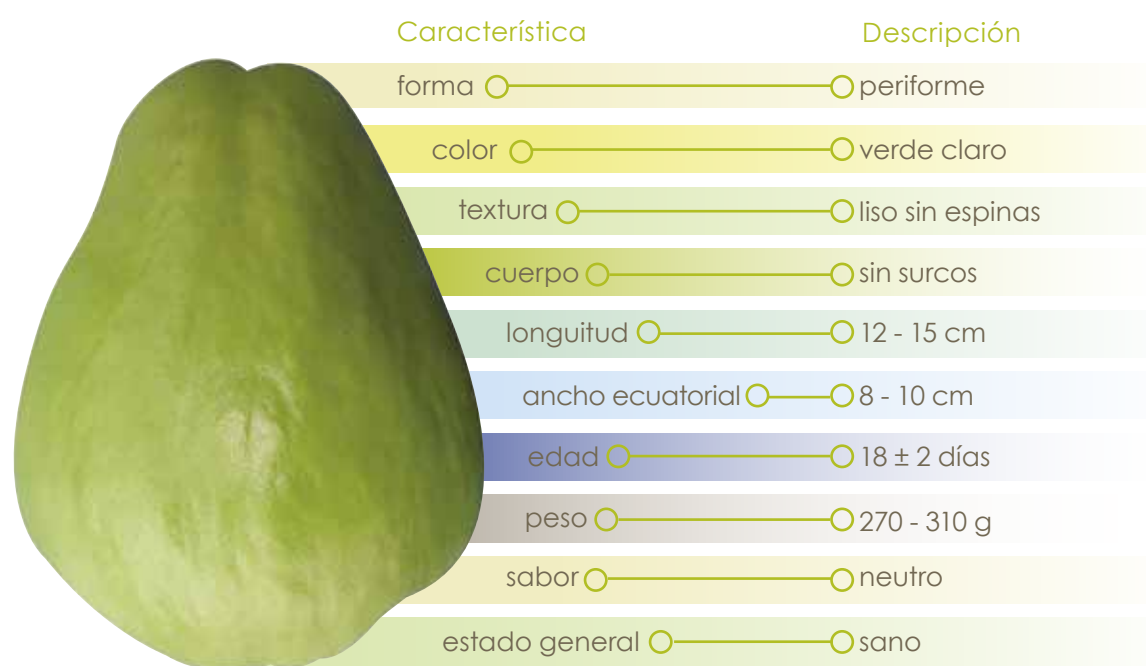


Figura 34. Normalización del chayote exportable.

Esta norma establece categorías de acuerdo a su apariencia y sanidad, así por ejemplo, se tienen las categorías Extra, I, II y III (Anónimo, 2003) e integra una clasificación por calibres, la cual está relacionada con la dimensión general del fruto y su peso. En el Cuadro 17 detalla una propuesta de estandarización para las variedades de chayote.

CUADRO 17. CLASIFICACIÓN DE LAS CATEGORÍAS COMERCIALES DE LOS FRUTOS DE LAS VARIETADES DE CHAYOTE (*Sechium edule*), CON BASE A PESO Y DIMENSIÓN EN MADUREZ HORTÍCOLA

	Tipo	Categoría	Peso (g)	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Calibre			
						G	M	P	MP
<i>virens levis</i>	A	Extra	200-300	12-14	8-10		X		
	B	I	301-400	15-16	10-12		X		
	C	II	401-500	> 16	12-15	X			
	D	III	> 500	Idem	> 15	X			
<i>nigrum xalapensis</i>	A	Extra	200-300	12-14	8-10		X		
	B	I	301-400	15-16	10-12		X		
	C	II	401-500	> 16	12-15	X			
	D	III	> 500	Idem	> 15	X			
<i>nigrum spinosum</i>	A	Extra	200-300	12-14	7-8		X		
	B	I	301-400	15-16	8-9		X		
	C	II	401-500	> 16	9-10	X			
	D	III	> 500	Idem	> 10	X			
<i>nigrum levis</i>	A	Extra	40-60	4-5	3-4			X	
	B	I	61-80	5-6	4-5		X		
	C	II	81-100	6-7	5-6		X		
	D	III	>100	>7	>6	X			
<i>albus minor</i>	A	Extra	5-10	2-3	2-3				X
	B	I	11-15	3-4	3-4			X	
	C	II	>15	>4	>4			X	
	D	III							
<i>albus dulcis</i>	A	Extra	60-70	6-7	4-5			X	
	B	I	71-80	7-8	5-6		X		
	C	II	81-90	8-9	6-7		X		
	D	III	>90	>9	>7	X			
<i>albus levis</i>	A	Extra	60-70	5-6	4-5			X	
	B	I	71-80	6-7	5-6		X		
	C	II	81-90	7-8	6-7		X		
	D	III	>90	>8	>7	X			



COMERCIALIZACIÓN

COMERCIALIZACIÓN

En México, el estado de Veracruz es el líder nacional en la producción de esta hortaliza, las condiciones agroclimáticas del bosque mesófilo o de neblina, le confieren características de calidad y rendimiento. Sin embargo, existen otras áreas agroclimáticas propicias para este cultivo, lo cual le permite producir todo el año. Dentro de este corredor de cultivo en Veracruz, se ubican tres regiones; la primera en la zona del bosque mesófilo de montaña en el centro del estado en altitudes de 1580 a 1150 m. En ésta se encuentran los municipios de Coscomatepec, Huatusco, Ixhua-tlán del Café, Chocamán, Orizaba, Tlilapan y Rafael Delgado, con periodo de producción de junio a diciembre, bajo condiciones de temporal. La segunda región se localiza en áreas de vegetación de selva mediana perennifolia, en altitudes de 780 a 1100 m, que agrupa a los municipios de Ixtaczoquitlan, Amatlán de los Reyes y Cuichapa con periodo de producción de diciembre a abril, bajo condiciones de riego. La tercera región se localiza en áreas de selva baja caducifolia en altitudes de 210 a 300 m en los municipios de Actopan



y Emiliano Zapata entre los meses de diciembre a marzo, bajo condiciones exclusivas de riego. Para el caso del chayote verde espinoso (*nigrum spinosum*), se tienen áreas de cultivo de 1600 a 2800 m en los estados de Veracruz, Michoacán, Puebla y Estado de México, con periodo de producción de agosto a diciembre bajo condiciones de temporal. Para la variedad *nigrum xalapensis*, existen dos áreas importantes de cultivo, una en Ixtapa, Chiapas y otra en Tuzamapa, Veracruz, cuyo destino es para mercado regional con periodos de producción de julio a diciembre bajo condiciones temporal.

Costa Rica tiene registros de exportación aparte de Estados Unidos hacia Canada, Francia, Holanda, Reino Unido, entre otros, lo que habla de oportunidades para México, para expandir el mercado, que solo se ha enfocado hacia Norteamérica (Quirós-Arce, 2007). Sin embargo el volumen hacia estos países podría ser en principio muy bajo debido a la cantidad de población, pero podría incrementarse conforme se conozcan las bondades de esta hortaliza. El mercado de Estados Unidos de América (E.U.A), es muy atractivo debido a la variabilidad étnica, principalmente dos comunidades que consumen el chayote: la asiática y la hispana. Para la costa oeste de E.U.A. el chayote representa el cuarto producto hortofrutícola de importancia procedente de México, Bancomext, (2004) estimó un crecimiento a una tasa anual del 8% con base en las siguientes características:



OPORTUNIDADES DE NEGOCIO PARA LAS VARIEDADES DE CHAYOTE EN ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA

En el mercado de los Estados Unidos existen principalmente dos comunidades que consumen el chayote; la comunidad asiática y la hispana. Para la costa oeste de la Unión Americana, el chayote representa el cuarto producto hortofrutícola de importancia procedente de México; Bancomext, (2004) estima que puede crecer a una tasa anual del 8 % con base en las siguientes características que describen al mercado hispano.



➤ Mercado heterogéneo de 309.6 millones de habitantes muy atractivo por:

- * Dimensión
- * Dinámico desarrollo industrial
- * Alto poder adquisitivo
- * Diversidad de nichos de mercado
- * Altamente competitivo y competido
- * Mayor importador a nivel mundial

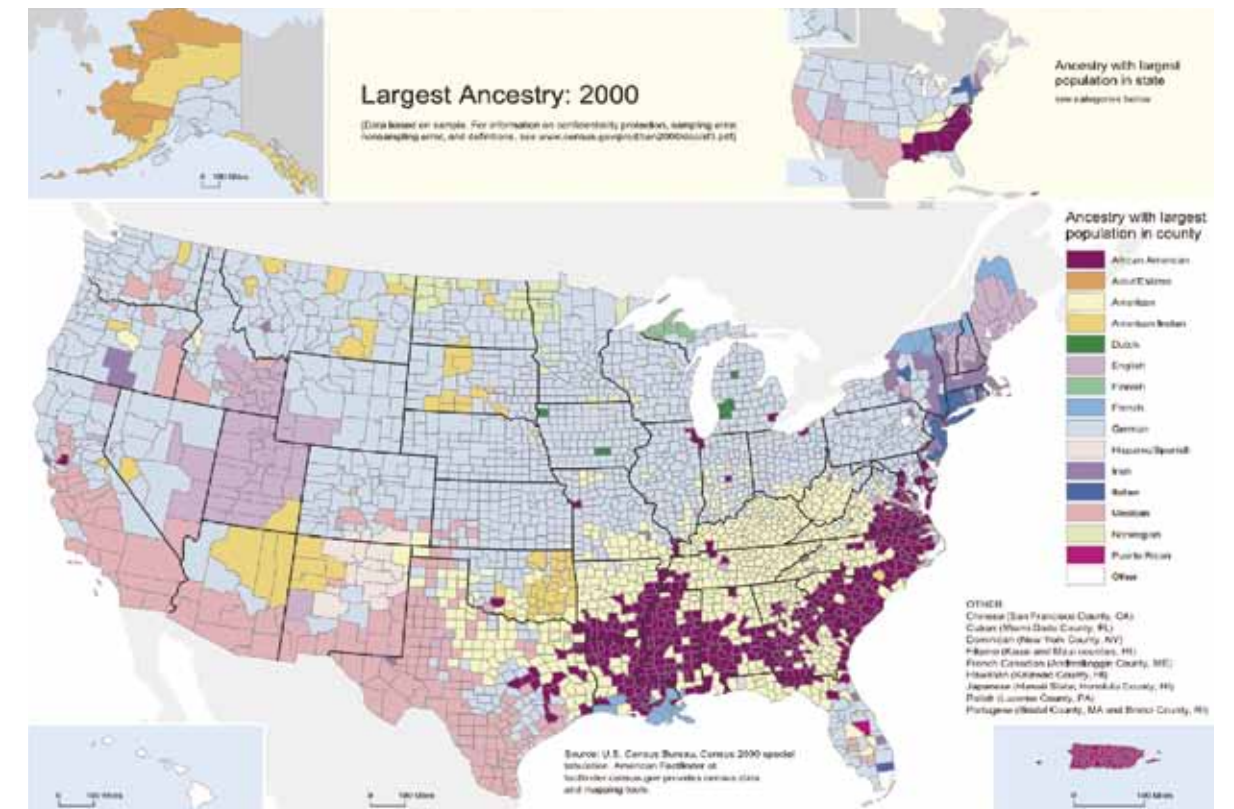
➤ Universo de micro-mercados determinado por:

- Zonas
- Grupos étnicos
- Culturas
- Niveles de ingreso
- Edades
- La distribución étnica del país incide en los hábitos y patrones de consumos regionales

➤ Mercados más importantes por poder adquisitivo:

- Los Ángeles, CA
- Nueva York, NY
- Miami, FL
- San Francisco, CA
- Chicago, IL

DISTRIBUCIÓN DE POBLACIONES HISPANA Y ASIÁTICA EN E.U.A.



Mercado Latino en los Estados Unidos (O.N.C., 2009)

- Poder de consumo de 450 mil millones de dólares anuales.
- 1,500,000 negocios, con ventas anuales por 184 mil millones de dólares.
- Cerca del 50% propiedad de empresarios mexicanos.
- California tiene el 32 % de las empresas, Texas el 20 % y Florida el 15 %.
- Un estudio del poder adquisitivo hispano por la Universidad Estatal de Oklahoma halló que los hogares hispanos gastan \$128.50 US semanales en alimentos, comparado con \$91.00 US para los no hispanos.
- El mercado latino de alimentos y bebidas es de alrededor de \$4.3 mil millones de dólares.
- Existe 1.6 millones de negocios propiedad de hispanos, de los cuales 50 % son de empresarios de origen mexicano, que comercializan productos frescos o procesados, como tortillas, chiles, moles, salsas, bebidas diversas, nopales, tunas, frutas, hierbas alimenticias, medicinales y aromáticas gran diversidad de dulces típicos, mezcales, pulques, licores de café y de frutas, entre otros. Los principales mercados son: Chicago, Dallas-Ft Worth, El Paso, Houston, Los Ángeles, McAllen-Brownsville, Miami, Nueva York, San Antonio y San Francisco.

Mercado Latino en los Estados Unidos (O.N.C., 2009)

- La población asiática registra alrededor de 14.9 millones, destacando los grupos chino y filipino (3.52 millones y 3.05 millones respectivamente). Las tres áreas metropolitanas con mayor población estadounidense de origen chino según la encuesta de la Comunidad Americana (2008) fueron Nueva York, San Francisco y Los Ángeles. Mientras que los principales asentamientos de la población estadounidense de origen filipino son el norte y sur de California, Hawaii, Illinois, Nueva York.
- El ingreso medio anual de los filipinos es de \$ 65,700 US y de los chinos de \$57,433 US.
- Según la revista Chinese Restaurant News existen alrededor de 41,000 restaurantes chinos los cuales representan de forma comparativa tres veces más el número de unidades de franquicia McDonalds, con un valor equivalente a \$ 17,000 millones US en ventas anuales.



Lo anterior muestra un panorama de mercado importante y nuevas oportunidades de negocio para los agro-empresarios de pequeña y mediana escala, que deseen incursionar ofreciendo nuevas variedades de chayote al consumidor, como las descritas en este libro. Es fundamental considerar que este mercado exige alta calidad, volumen y frecuencia, por lo cual es necesario seguir cumpliendo con las normas establecidas de buenas prácticas agrícolas y manufactura en todos los eslabones de la cadena de valor.

Una evidencia de lo anterior es la variedad *virens levis*, cuya incursión en el mercado norteamericano no rebasa las dos décadas, en este periodo de tiempo se ha posicionado como un sucedáneo en los platillos asiáticos, lo que le ha permitido alcanzar mejores precios de salida (mayorista) que en mercados locales como se aprecia en la figura 35.

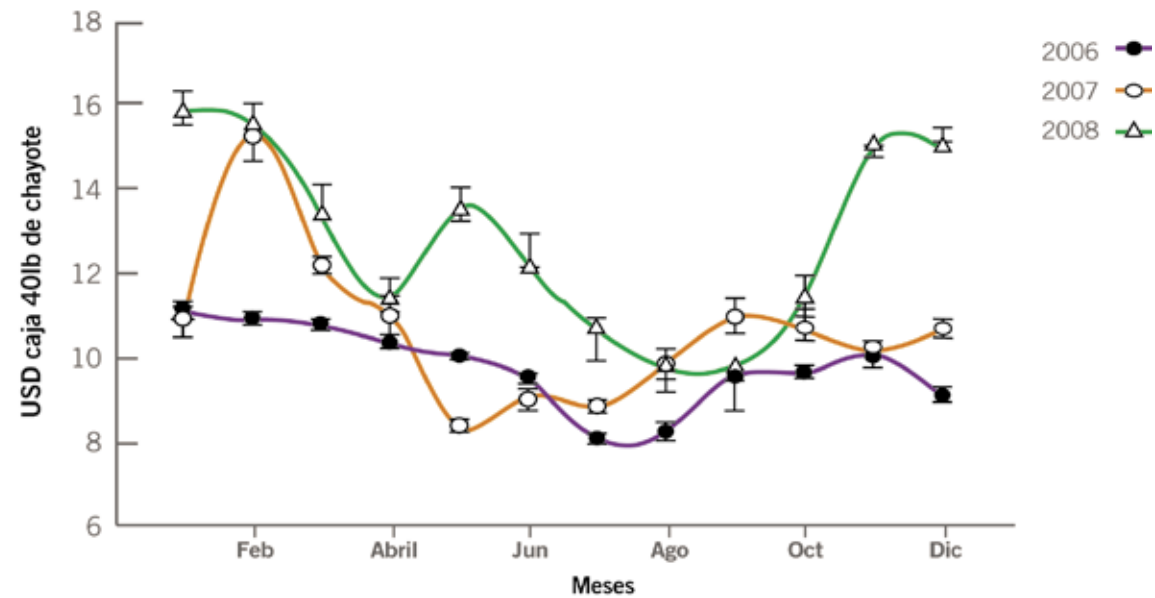
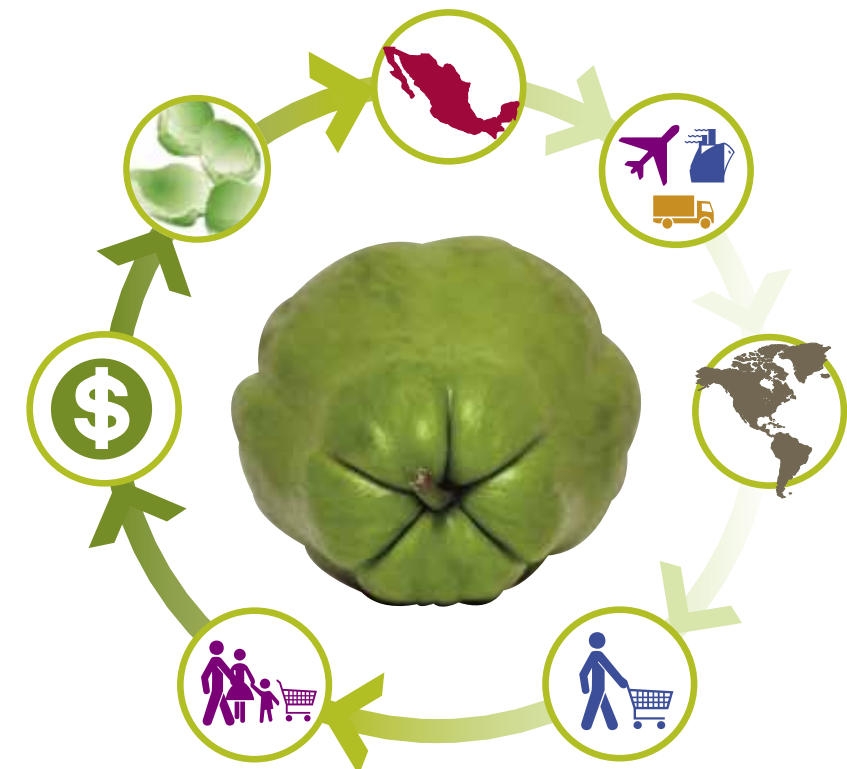


Figura 35. Precio promedio de salida al consumidor intermedio de la caja de 40 libras (18.2 kg), de chayote en el mercado de los Angeles, Ca., USA para los años 2006, 2007, 2008.

Consejos Prácticos para hacer Negocios en los Estados Unidos

- Visión de mediano y largo plazo: Mercado más competido del Mundo
- Conocer y analizar el mercado: Visitarlo
- Invertir recursos en el proyecto exportador: presupuesto suficiente promoción
- Identificar nichos de mercado y establecer una estrategia de entrada paulatina
- Cumplir los reglamentos de las autoridades y estándares de los compradores
- Realizar viajes de prospección al mercado objetivo
- Página en internet y material promocional en inglés
- Aprovechar el apoyo de instituciones de promoción gubernamentales
- Medir capacidades y cumplir compromisos
- Comunicación constante con su "socio comercial"





REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Aung-LH.; Harris-CM.; Rij-RE.; Brown-JW. 1996. Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* SW. Journal Horticultural Science 71(2): 297-304.
- Aung-LH.; Rij-RE.; Fouse-DC.; Lindegren-JE. 1992. Postharvest fruit respiration and soluble sugars changes of *Sechium edule* Swartz. Phytol. 53 (2): 125-134
- Anónimo. 2003. Diario Oficial de la Federación; declaratoria de vigencias de las normas mexicanas. Primera sección, mayo 22.
- Bancomext, SNC. 1999. Estudio de factibilidad económica para la exportación de chayote sin espinas (*Sechium edule*). Centro Bancomext, Veracruz, México. 179 p.
- Bancomext, SNC. 2004. Exportaciones de México al mercado hispano de E. U. Periódico El Financiero, México, D. F. Sección Economía, 8 de junio, 2004. p. 18.
- Bateman, J. V. 1970. Nutrición Animal (manual de métodos analíticos). Ed. Herrero Hnos. S. A., México, D. F. pp: 110-112 y 123-131.
- Becerra, Z. J. 1996. Estudio agroecológico del chayote (*Sechium edule* en el Estado de Veracruz. U. Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. pp. 12-18
- Brenes-Hine, A. 2002. Proyecto: Conservación de germoplasma de chayote [*Sechium edule*] y tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] como una base de apoyo para el mejoramiento genético y la producción de semillas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 18 p.
- Brittingham, A.; De la Cruz, G. P. 2004. U.S. Census Bureau. Ancestry, 2000. Department of Commerce Economics and statistics Administration. June 2004, 10 p.
- Cadena, I. J.; Ruiz, P. L. M.; Trejo, L. C.; Sánchez, G. P.; Aguirre, M. J. F. 2001. Intercambio de gases y relaciones hídricas del chayote (*Sechium edule* Sw.). Revista Chapingo Serie Horticultura 7: 21-35
- Cadena, I. J.; Ruiz-Posadas, L. M.; Aguirre-Medina, J. F.; Sánchez-García, P. 2005. Estudio de los síntomas asociados a la pérdida de color del chayote (*Sechium edule*) en Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 309-316.
- Cadena, I. J.; Avendaño-Arrazate, C. H.; Soto-Hernández, M.; Ruiz-Posadas, L. M.; Aguirre-Medina, J. F.; Arévalo-Galarza, L. 2008. Intraspecific variation of *Sechium edule* in the state of Veracruz, Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution. 55: 835-847.
- Cadena-Iñiguez J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule*). Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 164 p
- Cadena-Iñiguez J.; Arévalo-Galarza L.; Ruiz-Posadas L.; Aguirre-Medina J.; Soto-Hernández, M.; Luna-Cavazos, M.; Zavaleta-Mancera H. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology 40(2): 170-176.
- Cadena-Iñiguez J.; Arévalo-Galarza, M.L.; Avendaño-Arrazate, C.H.; Ruiz-Posadas, L.M.; Soto-Hernández, M.; Santiago-Osorio, E.; Acosta-Ramos, M.; Aguirre-Medina, J.F.; Cisneros-Solano, V.; Ochoa-Martínez, D.L. 2007. Production, genetics and postharvest management and pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Review). Fresh Produce Journal (Global Science Books) 1(1):41-53.
- Clavijero, F. J. 1853. Historia Antigua de México. Edición facsimilar de la Edición de 1853 por Editorial del valle de México. México p.13
- Cook, O. F. 1901. The chayote: A tropical vegetable. Bulletin No. 28. Division of Botany, U.S. Department of Agriculture, USA. pp. 7-31
- Cruz-León, a.; Querol-Lipovich, D. 1985. Catálogo de recursos genéticos de chayote (*Sechium edule* Sw.) en el Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. UACH, Chapingo, México pp. 5-25
- Diré G.; Lima, E.; Gomez, M.; Bernardo-Filho, M. 2003. The effects of a chayote *Sechium edule* extracts (decoct and macerated) on the labelling of blood elements with technetium-99m and on the biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate in mice: an in vitro and in vivo analysis. Pakistan Journal of Nutrition 2, 221-227
- Flores M., E. 1989. El Chayote, *Sechium edule* Swartz (Cucurbitaceae). Revista Biología Tropical 37:1-54.
- Harlan, J.R. 1986. Plant domestication: diffuse origins and diffusions: The origin and domestication of cultivated plants. In: Barigozzi C (Ed) Developments in Agricultural and Managed-Forest Ecology 16: 21-34.
- Hanelt, P. 1986. Formal and informal classification of the infraspecific variability of cultivated plants, advantages and limitations. In: Styles, T. B. Intraspecific classification of wild and cultivated plants. The Systematics Association 29:139-156
- Hernández, X. E. 1985. Biología Agrícola. CECSA. México. 62 p.
- INNSZ. 1996. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubiran: Tablas de Composición de Alimentos. Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos. 248 p.
- Jayaprakasam, B.; N. P. Seeram and M. G. Nair. 2003. Anticancer and anti-inflammatory activities of cucurbitacins from *Cucurbita andreana*. Cancer letters 189: 11-16.
- Jensen, L.P.; Lai, A.R. 1986. Chayote (*Sechium edule*) causing hypokalemia in pregnancy. American Journal Obstetrice Gynecology. 5: 1048-1049.
- Juárez-Hernández, H. L. F. 2008. Caracterización morfológica de chayote (*Sechium edule*) del Banco Nacional de Germoplasma. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 92 p.
- Juárez-Merlín K.; Acosta-Ramos M.; Cadena-Iñiguez J.; Avendaño-Arrazate C.H.; Arévalo-Galarza M.L.; Vázquez-Hernández M. 2007. Identification of Postharvest chayote (*Sechium edule*) Diseases in México. Proc. Interamerican Society Tropical Horticulture 51:217-224
- Kitinaja, L.G.; Kader A.A. 1996. Manual de prácticas de manejo poscosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala. Series de horticultura poscosecha University of California, Davis, California.
- Lira, R.; Chiang, F. 1992. Two new combinations in *Sechium* (Cucurbitaceae) from Central America and a new species from Oaxaca, México. Novon 2:227-231
- Lira-Saade, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia económica: Cucurbita, *Sechium*, Sicana, y *Cyclanthera*. Systematic and Ecogeographic studies on Crops Genepools, No. 9. Internacional Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. pp.116-169
- Lira-Saade, R. 1996. Chayote, *Sechium edule* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy 57 p.
- Maffioli, A. 1981. Recursos genéticos de *Sechium edule* (Cucurbitaceae). Turrialba, Costa Rica: CATIE. Unidad de recursos genéticos 151 p.
- Newstrom, L. E. 1986. Studies and the origin and evolution of chayote *Sechium edule* (Cucurbitaceae). Thesis Ph.D. University of California, Berkeley, California 149 p.
- O.N.C. Oficina Nacional del Censo. 2009. Annual Estimates of the Population by Sex, Race, and Hispanic Origin for the United States: April 1, 2000 to July 1, 2009 (NC-EST2009-03)» (en inglés). Census.gov. (consultado el 27 de junio de 2010).
- Oost, H. E. 1986. A proposal for an infraspecific classification of Brassica rapa L. In Styles, T B Intraspecific classification of wild and cultivated plants. The Systematics Association 29: 309-315.
- Orea C.D.; Engleman E.M. 1983. Anatomía de la Testa de *Sechium edule*. Revista Chapingo 39: 27-30
- Ortega-Paczka, R; Martínez-Alfaro, MA; Rincon-Enriquez, G.1998. Principales cultivos de México y sus regiones mundiales de mayor diversidad. XVII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Acapulco, México. p. 321.
- Pérez, L.A.B.; Palacios, G. B.; Castro, B. A. L. 2008. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Fomento de Nutrición y Salud Ogali. México, D.F. 3ª. Ed.108 p.
- Piatto, M. 2002. Tropical Crops. Agricultural Science and Resources management in the tropics and subtropics, field and vegetable crops. Bonn University, Germany, pp.: 74-81.
- Pickersgill, B. 1986. Evolution of hierarchical variation patterns under domestication na theirs taxonomic treatment. In: Styles, T B. Intraspecific classification of wild and cultivated plants. The Systematics Association 29: 191-208.

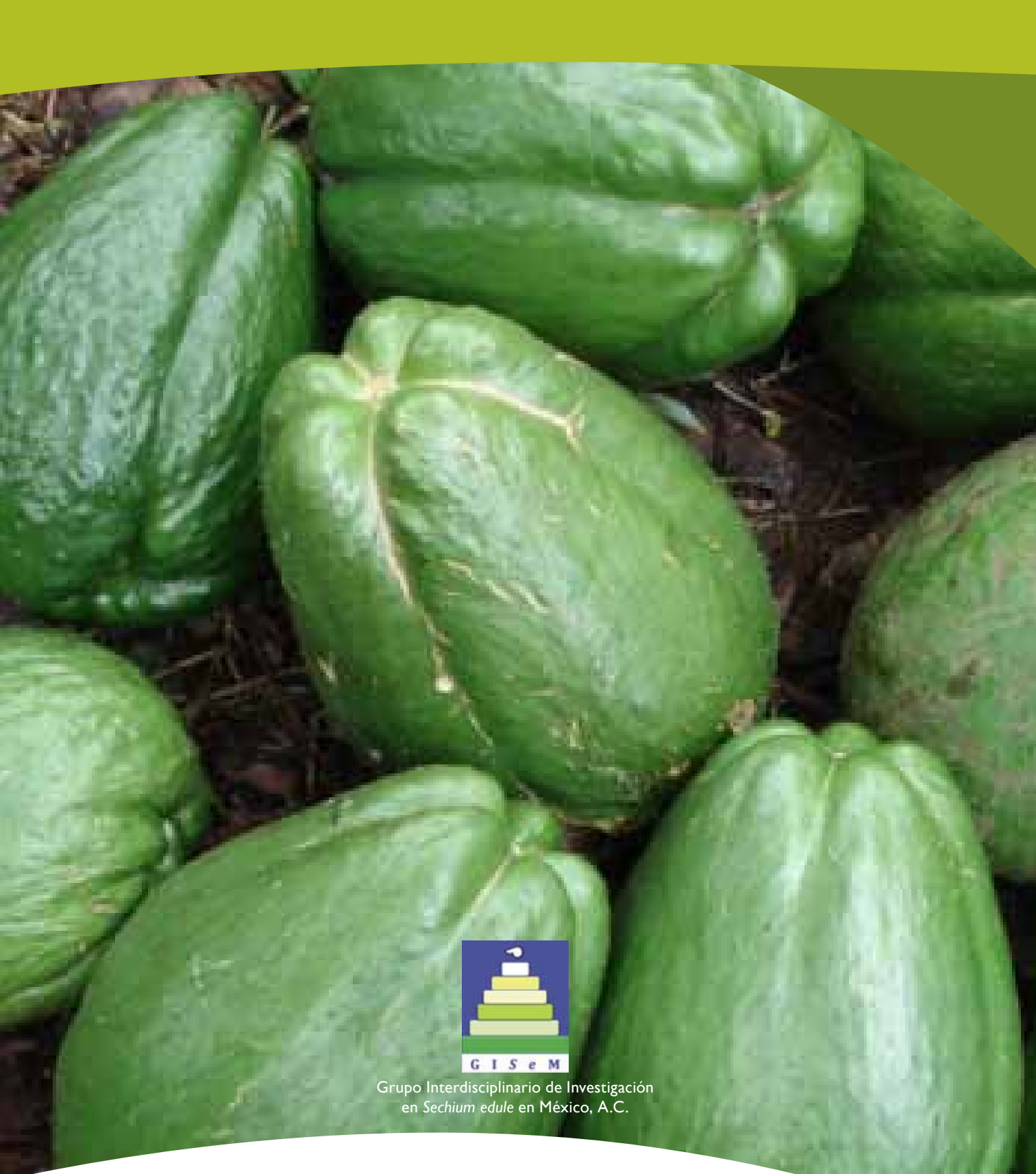
- Pinedo-Vásquez, M., C. Padoch, D. Mcgrath, T. Ximenes. 2000. Biodiversity as a product of small holders' strategies for overcoming changes in their natural and social landscapes: a report prepared by the Amazonian cluster. *Plec News and Views* 15:11-21.
- Rindos, D. 1984. The origins of agriculture; an evolutionary perspective. Academic Press, Inc. London, UK, pp. 3-24; 138-186
- Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa (eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press. pp.129-144
- Rzedowski, J. 1995. Aspectos de las plantas ornamentales mexicanas. *Chapingo, Serie: Horticultura*. Vol. 1 No. 3: 5-7
- Salama, A.M.; Polo, A.E.; Contreras, C.R.; Maldonado, L. 1986. Análisis fitoquímico preliminar y determinación de las actividades antiinflamatoria y cardíaca de los frutos de *Sechium edule*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 15: 79-82.
- Salama, A. M.; Achenbach, H.; Sánchez, M.; Gutierrez, M. 1987. Aislamiento e identificación de glicósidos antiinflamatorios de los frutos de *Sechium edule*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 16: 15-16.
- Setzer, W.N.; Setzer, M.C. 2003. Plant-derived triterpenoids as potential antineoplastic agents. *Mini reviews in Medicinal Chemistry* 3(6): 540-556.
- Siciliano, T.; De Tommasi, N.; Morelli, I.; Braca, A. 2004. Study of flavonoids of *Sechium edule* (cucurbitacea) different edible organs by liquid chromatography photodiode array mass spectrometry. *Journal Agriculture Food Chemistry* 5: 6510-6515.
- Stace, C.A. 1986. The present and future infraspecific classification of wild plants. *The Systematics Association* 29: 10-20.
- Styles, B. T. 1986. Infraspecific classification of wild and cultivated plants. (Ed.). In *The Systematics Association. Special Volume* 29: 1-4.
- Valverde E.; Cordero, A.; Flores, E.; González, W.; Pacheco, R.; Salazar, L.; Vargas, E. 1986. Incremento de la exportación y alimentación Costarricense a través del mejoramiento del cultivo del chayote. CONICIT, Costa Rica.
- Wu, T. H.; Chow, L. P.; Lin, J. Y. 1998. Sechiumin, a ribosome-inactivating protein from the edible gourd, *Sechium edule* Swartz-purification, characterization, molecular cloning and expression. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin* 255: 400-408.



Esta publicación es producto de recursos federales otorgados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el Subsistema Nacional de Recursos Genéticos Agrícolas (SINAREFI), coordinado por el SNICS.

Este Programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.

Sechium edule
albus dulcis
albus levis
albus minor
nigrum conus
nigrum levis
nigrum minor
nigrum spinosum
virens levis
nigrum xalapensis
nigrum maxima



Grupo Interdisciplinario de Investigación
en *Sechium edule* en México, A.C.



ISBN: 978-607-7533-79-5



9 786077 533795