

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**“VALIDACION DE 20 GENOTIPOS DE CHILE HABANERO
(*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO CONDICIONES DE CASA SOMBRA
EN LA COSTA DE HERMOSILLO”**

TESIS

JORGE ABELARDO HUEZ MARTÍNEZ

MARZO DE 2017

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

**“VALIDACION DE 20 GENOTIPOS DE CHILE HABANERO
(*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO CONDICIONES DE CASA SOMBRA
EN LA COSTA DE HERMOSILLO”**

TESIS

JORGE ABELARDO HUEZ MARTÍNEZ

MARZO DE 2017

“Validación de 20 genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de casa sombra en la Costa de Hermosillo”

TESIS

Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

Por

Jorge Abelardo Huez Martínez

Como requisito parcial para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo

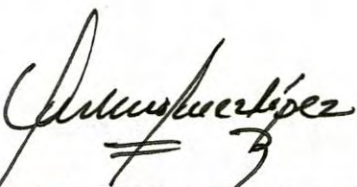
Marzo de 2017

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular, aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

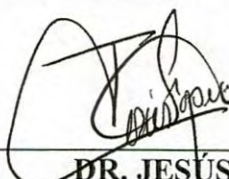
CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR:



DR. MARCO ANTONIO HUEZ LÓPEZ

ASESOR:



DR. JESÚS LÓPEZ ELÍAS

ASESOR:



DR. JOSÉ JIMENEZ LEÓN

ASESOR:

M.S. SERGIO GARZA ORTEGA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Institución que me brindó apoyo para realizar mis estudios; a las personas quienes contribuyeron a dar forma a este trabajo, así como en la elaboración de esta tesis

A la Universidad de Sonora por ser la institución responsable de mi formación académica, en especial al Departamento de Agricultura y Ganadería.

Agradezco el esfuerzo conjunto del grupo de profesores que forman el Cuerpo Académico Sistemas de Producción Agrícola por darme la oportunidad de participar en su proyecto de investigación. De manera especial agradezco a mi director de tesis, Dr. Marco Antonio Huez López, mi Papá, por apoyarme siempre.

A los integrantes de mi comité de tesis, Dr. Jesús López Elías, Dr. José Jiménez León y M.S. Sergio Garza Ortega por sus asesorías, apoyo y dedicación durante el desarrollo del trabajo de campo y por sus apreciables comentarios para la versión final.

A cada uno de mis maestros que participaron en mi desarrollo profesional durante mi carrera, compartiendo sus conocimientos, experiencias y formar parte de lo que ahora soy.

Agradezco a DIOS por permitirme realizar otra meta más en mi carrera.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento: A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres Marco Antonio y Alba Taydeé por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y gracias a su sabiduría influyeron en mi la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, es para ustedes esta tesis en agradecimiento por todo su amor

A mis hermanos Marco Antonio, Alba Taydeé y Valeria por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. En especial a una personita importante en mi vida, mi hijo Jorge Santiago quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad. También con todo cariño a Natalia, mi sobrina.

INDICE

	Pág.
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
LITERATURA REVISADA	5
Clasificación y taxonomía	5
Importancia	7
Factores de producción	8
MATERIALES Y METODOS	13
Sitio experimental	13
Material vegetal	13
Parámetros evaluados	15
Color del fruto	15
Forma del fruto	16
Rendimiento y características del fruto	16
Análisis estadístico	17
RESULTADOS Y DISCUSION	18
Color del fruto	18
Morfología de los frutos	19
Forma del fruto	19
Longitud del fruto	20
Diámetro del fruto	21
Peso del fruto	23
Número de frutos por planta	25
Rendimiento de frutos	26
CONCLUSIONES	31
LITERATURA CITADA	32

INDICES DE CUADROS Y FIGURAS

		pág
Cuadro 1	Producción de chile habanero a nivel estatal (toneladas)	11
Cuadro 2	Cantidad de fertilizante (kg) y fechas de aplicación a 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	14
Cuadro 3	Color y forma de fruto de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	19
Cuadro 4	Comportamiento durante cinco cortes (cosechas) del peso, diámetro y longitud de fruto de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	29
Figura 1	Formas de frutos de chile habanero de acuerdo con la <i>International Plant Genetic Resources Institute</i> (IPGRI y col., 1995).	16
Figura 2	Longitud promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	21
Figura 3	Longitud promedio de frutos cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	22
Figura 4	Diámetro promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	22
Figura 5	Diámetro promedio de frutos cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	23
Figura 6	Peso promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	24
Figura 7	Peso promedio de fruto fresco cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	24
Figura 8	Número total de frutos frescos de cinco cosechas de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.	26
Figura 9	Comportamiento durante la 1ª, 2ª y 3ª cosecha del número de frutos por planta y peso total de frutos por planta de 20 genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de casa sombra	27
Figura 10	Comportamiento durante la 4ª y 5ª cosecha del número de frutos por planta y peso total de frutos por planta de 20 genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de casa sombra.	28
Figura 11	Rendimiento promedio de cinco cosechas de frutos frescos (g planta ⁻¹) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.).	30

RESUMEN

Veinte genotipos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) fueron evaluados bajo condiciones de casa sombra en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora en Hermosillo, Sonora, México, durante el ciclo de desarrollo de septiembre de 2015 hasta junio de 2016. Se evaluaron el color y la forma del fruto, el peso, diámetro y longitud de fruto y el número de frutos y rendimiento por planta de cinco cortes a los 20 genotipos arreglados en un diseño experimental completamente al azar y repetido tres veces. Los resultados mostraron que los genotipos Súper Habanero, 2246, 2231 y 2226 produjeron frutos de color rojo y en forma de bloque fueron los más productivos en cuanto al peso individual, peso mayor a 6 g fruto⁻¹, número de frutos, mayor a 100 frutos planta⁻¹, y rendimientos mayores a 500 g planta⁻¹ en solamente cinco cortes.

Palabras clave: Chile habanero, color, forma, calidad del fruto, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* pertenece a la familia *Solanaceae* e incluye un promedio de 25 especies considerándose como su centro de origen a las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años. Perry y col., (2007) encontraron que su diseminación y domesticación en toda América data desde hace más de 6000 años al encontrar evidencias en siete sitios arqueológicos desde el archipiélago de las Bahamas a los Andes en Sur América.

El *Capsicum* en México es conocido como chile y representa una tradición cultural, ya que se considera como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica, en especial el *Capsicum annuum* que se domesticó desde la época prehispánica, y es común observarlo en mesas de las diferentes clases sociales de este país. Considerado como condimento dentro de la dieta básica del país por mucho tiempo y hasta la actualidad, ahora se comprueba en investigaciones médicas que es un potencial de vitaminas en especial la "C" y como anestésico muy efectivo.

El género *Capsicum* contiene cerca de 31 especies de las cuales cinco son domesticadas, concretamente *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. Baccatum* L., *C. pubescens* R., y *C. chinense* Jacq. Las especies que se producen en mayor cantidad en México son: El *C. annuum* L. que incluye los chiles Anaheim, jalapeño, serrano, pasilla, guajillo, anchos, mulatos, pimientos, morrones y chile bell; el chile manzano y tabasco (*C. frutescens* L.) y, el de los chiles más picantes, el chile habanero (*C. chinense* Jacq.).

México sobresale en la generación de variedades de chile en el mundo, alrededor del 90% de chile que se consume a nivel mundial es de origen mexicano. Verde o seco; solo o combinado con otros ingredientes; al natural o procesado, el chile representa un papel central en la cultura alimenticia de México, destacándose las variedades de chile

verde en comparación con las de seco.

El chile habanero ha estado ganando popularidad como un ingrediente potencial en la preparación de diferentes salsas y en la industria utilizando la capsaicina en varios productos (Sanatombi y Sharma, 2008). De gran importancia para el Sureste de México, la producción de chile habanero se ha venido incrementando de manera sostenida a lo largo de los últimos años. En el 2012, se produjeron 9,073 t de chile habanero, de las cuales el 92.3% se obtuvo de esta región y el 7.7% restante se distribuyó en los demás estados de la república (Ocampo y col., 2014). No obstante su importancia, la producción de chile habanero ha sido limitada por una serie de factores entre los que se encuentran la incidencia de plagas y enfermedades, programación ineficiente del riego y un mal control de la nutrición. Bajo sistemas de producción en condiciones de invernadero se pueden controlar las condiciones ambientales y reducir las infestaciones por enfermedades y plagas. Además, en años recientes, el riego por goteo ha sido usado ampliamente en la producción del cultivo de chile ya que hace posible una distribución de agua eficiente y una completa flexibilidad en relación a la fertigración (Hartz y col., 1993). El manejo de la nutrición es esencial para mantener la producción de un cultivo y minimizar los efectos adversos sobre la calidad ambiental. Se ha observado que el chile habanero responde altamente a la aplicación de nitrógeno, incrementando rendimiento (Borges-Gómez y col., 2010) y su calidad nutricional (Núñez-Ramírez y col., 2011).

Una considerable diversidad de variedades con nuevas características morfológicas existen en diferentes partes del mundo y la variación en el aspecto taxonómico de sus hojas, flores y frutos puede cambiar debido a factores relacionados con las condiciones geográficas y del clima donde las plantas se desarrollan. La evaluación de las características de estos genotipos es de trascendental importancia económica en la producción de nuevos híbridos y variedades de chile habanero, con atributos de buen comportamiento agronómico, adaptación climática y altos rendimientos.

Aunque el chile habanero es un cultivo de gran importancia económica en el estado de Yucatán, las estadísticas de los últimos años muestran que existe un gran aumento en

la demanda de chile habanero en el mercado nacional e internacional, ya sea para consumo en fresco o procesado. Esto ha traído como consecuencia que en muchos estados incluyendo Sonora, se busquen nuevas alternativas de producción como los sistemas de cultivos protegidos, donde se crean condiciones ambientales superiores a las de campo abierto. Se ha visto que la producción en estructuras de casa sombra, es una buena opción para continuar con la actividad agrícola productiva en forma rentable.

La producción comercial de este tipo de chile picante está sujeta a factores de mercado, como el requerimiento de calidad del fruto que incluye el tamaño, color, etapa de madurez, el sabor y el grado de picor o pungencia.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo tuvo como objetivo general identificar genotipos de chile habanero con alto potencial de producción bajo condiciones de casa sombra en la Costa de Hermosillo, Sonora, México.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Como objetivos específicos se evaluaron la forma y el color de fruto, número de frutos por planta, componentes de calidad (promedios de peso, longitud y diámetro de fruto) y el rendimiento de fruto fresco de 20 genotipos de chile habanero.

LITERATURA REVISADA

El género *Capsicum* tiene su origen en el Nuevo Mundo y comprende un grupo de 20-30 especies y cinco grupos taxonómicos: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (McLeod y col., 1982). De las cinco especies domesticadas, *C. annum*, *C. frutescens* y *C. pubescens* inicialmente fueron domesticados en México o Centro América, mientras que *C. baccatum* y *C. chinense* inicialmente fueron domesticados en el norte de Sur América (McLeod y col., 1982; Perry, 2007; Pickersgill, 1969).

En años recientes, la producción de la especie *C. chinense* ha incrementado su importancia como resultado de su amplia diversidad y la alta pungencia de sus frutos lo que lo hace muy apreciable en muchos países. La selección del cultivar es una decisión crítica para los productores comerciales de Chile, pero con miles de variedades disponibles puede parecer una tarea abrumadora. La gran diversidad de tipos y cultivares de chiles hace de esta selección extremadamente importante para conocer qué características prefieren los compradores (Kaiser y Ernst, 2014).

Entre la gran diversidad del género *Capsicum*, el Chile habanero (*C. chinense* Jacq.) se ha convertido en un símbolo y ejemplo en pungencia, debido a su más alto contenido de capsaicina encontrado en el fruto (Laborde y Pozo, 1984). La pungencia del fruto es una característica clave asociada a los miembros del género *Capsicum* y es un atributo importante de la calidad del fruto (Jarret y col., 2007).

Clasificación y taxonomía.

La clasificación taxonómica del cultivo del Chile habanero es la siguiente:

- Clase Angiospermae

- Superorden Sympétala
- Orden Tubiflorales
- Familia Solanácea
- Genero *Cápsicum*
- Especie *chinense* Jacq

La planta del chile habanero tiene hojas planas, simples y de forma ovoide alargada. Mide en promedio sesenta centímetros de altura, pero la longitud puede variar de acuerdo al tipo de planta. Las flores son perfectas, es decir, tienen ambos órganos sexuales; son de color blanco, a veces púrpura, y se forman en las axilas de las ramas (SIAP, 2014).

Los frutos pueden medir de 1 a 6 cm de longitud y su forma varia de esférica a oblonga; pueden ser lisos o arrugados; por lo general presentan de 2 a 4 lóculos (cavidades), considerándose la forma trilocolada como la típica del chile habanero (González y col., 2010). Los frutos de la planta de chile habanero tienen la capacidad de generar una intensa sensación organoléptica de picor o calor, denominada pungencia, cuando son consumidos. Esta pungencia se debe a la presencia de compuestos aromáticos alcaloides denominados capsaicinoides los cuales son compuestos químicos característicos del género *Capsicum* (Diario Oficial de la Federación, 2010), los cuales son localizados principalmente en el tejido de la placenta adyacente a las semillas. La concentración de estos alcaloides depende del genotipo, etapa de madurez del fruto y del sistema de producción del cultivo (González-Zamora y col., 2013).

Además del grado de picor, o pungencia, la calidad de chile habanero la determina la apariencia del fruto: el tamaño y el peso son factores importantes, así como la firmeza y el color (Laborde y Pozo, 1984). Para el caso del chile habanero de la península de Yucatán, el tamaño del fruto se clasifica en base a lo largo de este en: chico, < 2 cm; mediano, 2 a 3.9 cm y; largo ≥ 4 cm (Diario Oficial de la Federación, 2010). El peso fresco del fruto puede variar desde 4 g a 20 g; pero los frutos muy pesados son poco frecuentes (González y col., 2010).

El color del fruto depende de su madurez, variando de verde claro a oscuro y después en varios tonos de rojo, amarillo, naranja o chocolate (Crosby, 2008). Estos diversos colores son debido a la presencia de compuestos específicos dentro del tejido del fruto y son un buen indicador de la diversidad potencial de diferentes pigmentos que pueden estar presentes. Los pigmentos incluyen tres clases de compuestos fitoquímicos: clorofila, carotenoides y antocianinas (Guzmán y col., 2011). La intensidad del color en frutos frescos de chile habanero es un aspecto comercial muy valioso resultado de la acumulación de estos compuestos.

Los frutos verdes expresan su color debido a la clorofila y carotenoides típicos de los cloroplastos (Simon, 1997; Guzman y col., 2011). La presencia de α - y β -caroteno, zeaxantina, luteína y β -cryptoxantina proporcionan los colores amarillos y anaranjados y pigmentos carotenoides tales como capsantina y capsorubina da origen a colores rojos (Howard 2001). En general, los frutos verdes son inmaduros mientras los frutos rojos, anaranjados, amarillos y chocolates son totalmente maduros.

Importancia.

El chile habanero está entre los vegetales que actualmente tiene una creciente demanda en el mercado, tanto local e internacional. La importancia económica del chile se basa principalmente en la utilización de sus frutos, esto debido a su distintivo sabor y aroma, lo que los hace muy popular en el uso como condimento en los alimentos, como ingrediente en la comida mexicana y en la preparación de salsas, así como fuente excelente de colorantes naturales, vitaminas y minerales y su interés por otros compuestos fitoquímicos para la salud, en la industria de cosméticos y de extracción de capsaicina para varios productos (Sanatombi y Sharma, 2008).

El chile sigue siendo un catalizador en la cocina mexicana. Ha servido desde hace miles de años para modificar los sabores de la dieta básica del país y ha perdurado a través de los siglos, a pesar de la introducción y la influencia de tradiciones culinarias de otros

países. (Fundación Herdez, 2011). Aunque su uso principal es como saborizante en la cocina mundial, la relevancia del chile se reconoce también medicinalmente por su contenido en vitamina C, así como sus efectos antiescorbúticos. La amplia aceptación que tiene esta especie se debe a las características de picor, sabor, aroma, entre otras características, indispensable en la elaboración de la comida mexicana y de otros países, además de sus diversos usos en aspectos religiosos, medicinales e industriales (SINAREFI, s.f.).

Factores de producción

Hay reportes en los cuales se demuestra que las condiciones ambientales y el estrés hídrico pueden producir un aumento en la concentración de capsaicinoides en diferentes variedades de *Capsicum*, aunque se hallaron considerables diferencias en el total de capsaicinoides dentro de cultivos en invernaderos, estudios de laboratorio y plantaciones normales, lo cual subraya el efecto de las condiciones ambientales sobre el contenido de capsaicina (Ruiz-Lau y col., 2011).

Las condiciones ambientales de una zona deben analizarse en relación con las necesidades de las plantas que se intentan cultivar. Las especies cultivadas bajo protección son principalmente especies de estación cálida, adaptadas a temperaturas de aire con medias mensuales que fluctúan de 17 a 27 °C, que aproximadamente se corresponden con los siguientes límites: temperaturas mínimas medias de 12 °C, temperaturas máximas medias mensuales de 32°C (FAO, 2002). El chile es un cultivo de clima cálido, el cual se comporta bien en épocas libres de heladas ya que es vulnerable a estas y se desarrolla pobremente en temperaturas entre 5 and 15 °C (Bosland y Votava, 2000).

Con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas, los sistemas de producción están empleando diversas estructuras y técnicas que reducen al mínimo estas restricciones del clima (Pacheco y Bastida, 2011). La agricultura protegida, definida como el cultivo bajo estructuras de invernadero de diversa tecnología,

así como estructuras de malla y techo sombra, viveros cubiertos, y macrotúneles, entre otras instalaciones, ha cobrado mayor importancia en Sonora en los últimos años (Reho, 2014).

Dependiendo del clima de la región y del ciclo de crecimiento del cultivo, los invernaderos puede ser un medio para mantener económicamente un ambiente cálido durante las estaciones frías, para proteger plantas de chile de la lluvia, viento, y alta radiación solar y de plagas de insectos; los rendimientos de frutos son mayores de mayor calidad y producidos en la época del año cuando la producción en el campo no es posible y los precios del mercado son más altos (Jovicich y col., 2004); sin embargo, la construcción de un invernadero significa una inversión importante que debe analizarse cuidadosamente (Cruz y col., 2009). Una alternativa relativamente económica es el uso de la malla sombra, que protege las plantas de una alta radiación solar directa y, en consecuencia, reduce el número de frutos con daños denominados “golpe de sol” (Rylski y Spigelman, 1986). Debido a las condiciones climáticas y a la latitud de las áreas de producción en México, generalmente con climas más cálidos, las casas sombras se adaptan mejor en estas zonas, especialmente y considerando que estas son más baratas, muchos productores se están moviendo a este sistema de producción (Flores y Ford, 2010).

Debido a las ventajas de la “agricultura protegida” sobre la producción a campo abierto, los productores empezaron a utilizar invernaderos/casa sombras hace aproximadamente 10 años (Flores y Ford, 2010). De acuerdo con estos autores, las condiciones climáticas dictan que tipo de tecnología de esta “agricultura protegida” es necesaria, por lo que muchos productores usan casas sombras o invernaderos plásticos básicos. Tecnología media a alta es utilizada en los estados del noroeste como Sinaloa, Baja California y Sonora y del centro como Querétaro y el estado de México. Mientras en estos últimos se produce todo el año, en los primeros se produce principalmente en la estación de invierno.

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y el sexto de chile seco; nuestros principales clientes Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y

Alemania. Cabe mencionar que en orden de importancia, los rendimientos en el caso de Sinaloa, un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 40 toneladas por hectárea, en Chihuahua, 20 toneladas por hectárea, mientras Zacatecas, el de mayor superficie sembrada reportó 7 toneladas por hectárea (SIAP, 2013).

En el 2015, el chile ocupó el 8° lugar como el cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, alcanzando alrededor de 13 mil mdp anualmente, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos y en preparaciones (SAGARPA, 2015).

Hay varias regiones en México donde se produce chile habanero; sin embargo, más del 50% de la producción para el mercado nacional y de exportación proviene de la península de Yucatán, región que obtuvo la “denominación de origen” publicado en el Diario Oficial de la Federación en 2010 (Ceballos y col., 2015).

De acuerdo con los datos del SIAP, en los últimos años (2002-2012) la producción de chile habanero a nivel nacional se ha concentrado en 17 Entidades Federativas (Cuadro 1). Sin embargo, es notorio como la producción se concentra en mayor medida en estados del sureste, siendo Yucatán y Tabasco quienes sobresalen a lo largo del periodo de análisis (Ocampo y col., 2014). Los rendimientos totales del chile habanero obtenidos en la región sureste durante el periodo de análisis (2000-2012) registraron un comportamiento relativamente variable con cierta tendencia creciente, pasando de 5.68 toneladas por hectárea en el 2000 a 9.85 toneladas por hectárea en 2012, un crecimiento de 4.17 toneladas en el periodo. La media anual fue de 7.9 toneladas por hectárea con un coeficiente de variación de 19%.

Sin embargo, se han reportado rendimientos a campo abierto de 10 a 40 toneladas por hectárea (Macías y col., 2013) hasta 62 t ha^{-1} en condiciones de invernadero (Villa y col., 2014). Santoyo y Martínez (2011) reportaron un rendimiento promedio de 17 t ha^{-1} en condiciones de casa sombra en el sur de Sinaloa.

El *Capsicum* es una hortaliza que se produce en casi todo el país en los dos ciclos agrícolas y forma parte del grupo de los principales productos hortofrutícolas exportados, los principales países importadores son Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania, además de ser un producto con presencia mundial, no obstante, el 80% de la producción nacional se consume internamente, lo que determina su importancia como alimento, ya que, además de poseer minerales y vitaminas, es un condimento que está presente en la mayoría de los platillos mexicanos.

Cuadro 1. Producción de chile habanero a nivel estatal (toneladas)

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Baja California Sur	0	0	0	111	0	0	0	75	0	0	0
Campeche	288	305	358	470	487	674	565	393	236	462	578
Colima	0	0	0	0	26	18	0	0	0	3	28
Chiapas	0	0	45	0	190	15	100	100	175	340	144
Chihuahua	0	0	0	0	80	40	0	0	0	0	0
Jalisco	0	0	0	0	8	56	28	0	0	15	25
Michoacán	0	0	0	30	20	72	70	15	14	40	86
Nayarit	0	0	0	0	4	22	0	0	0	8	42
Nuevo León	0	0	0	0	0	0	0	0	900	240	461
Oaxaca	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	37
Quintana Roo	133	120	377	237	386	265	336	244	271	187	436
San Luis Potosí	0	0	0	36	0	0	0	0	76	76	18
Sonora	0	0	80	0	150	255	179	0	0	0	0
Tabasco	531	1,667	1,101	1,475	2,250	904	2,766	911	520	1,401	4,546
Tamaulipas	0	0	0	0	0	0	0	0	40	25	0
Veracruz	0	0	44	0	84	88	9	12	0	0	56
Yucatán	1,650	2,487	3,295	3,645	3,390	2,897	3,263	2,705	2,968	2,842	2,615

La importancia económica del chile se basa principalmente en la utilización de sus frutos. El interés por este cultivo no se centra únicamente en su importancia económica y consumo humano; también se ha demostrado que el chile es una fuente excelente de colorantes naturales, minerales y vitaminas A, C y E. El chile habanero tiene gran demanda en Estados Unidos, ya que se considera dentro de los más picantes y aromáticos. Los únicos países que se sabe exportan esta especia son Belice y México; generalmente se hace en forma de pasta, para ser utilizada en la preparación de salsas verdes y rojas de chile habanero, que se distribuyen en el mercado nacional, Estados Unidos y Canadá. Además de su uso como alimento o condimento, el chile habanero y otros chiles menos

picantes son utilizados en medicina, debido a la presencia de unos compuestos denominados capsaicinoides que determinan el grado de picor en la mayoría de los frutos del género *Capsicum*.

La elección del cultivar a sembrar es la base para el éxito o el fracaso del cultivo por establecer; en México, hay gran necesidad de contar con semillas mejoradas de chiles que contribuyan a solucionar los problemas de producción y calidad que se tienen. Al igual que otras hortalizas, la participación del productor en un mercado más exigente lo obliga a seguir una línea de alta tecnología para competir satisfactoriamente, y como parte esencial de esta se encuentra la utilización de genotipos mejorados (variedades e híbridos), que aseguren mayor producción y calidad de fruto, que además presenten menos riesgos de producción (Ramírez, 2012).

Para la expresión del potencial de producción de una variedad, es necesario que esta se desarrolle en un ambiente óptimo, en el cual se conjugan las características de clima y suelo, pero también de las plagas y enfermedades asociadas al cultivo y el manejo de agua y nutrición. La validación de variedades de chile habanero en condiciones de casa sombra en la Costa de Hermosillo representa una gran oportunidad para los productores hortícolas de esta región.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

El experimento se estableció bajo condiciones de casa sombra en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, México (coordenadas 29°00'47" latitud norte y 110°08'00" longitud oeste) irrigadas con un sistema de riego por goteo de cintas. El clima de esta región de acuerdo con Köppen es un clima desértico cálido (BWh) caracterizado con precipitaciones en el verano con un promedio anual de 200 mm, temperatura media anual de 24° C (temperaturas extremas de -3 °C y 46 °C), y una evapotranspiración potencial de 2560 mm. Plántulas de 20 genotipos de la especie *Capsicum chinense* Jacq. fueron trasplantados el 25 de septiembre del 2015 a doble hilera con separaciones de 50 cm tanto entre hileras como entre plantas, en camas de siembra separadas a 1.5 m. De cada una de las tres plantas seleccionadas de cada repetición, se realizaron cinco cosechas o cortes de frutos en las fechas 12 y 25 de abril, 9 y 24 de mayo, 2 de junio de 2106.

Material vegetal

El material vegetal que se utilizó fueron plántulas de chile habanero de diferentes colores proporcionados por la empresa *AhernSeed* arregladas en un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos fueron los 20 diferentes genotipos repetidos tres veces. Cada tratamiento consistió de camas de 5 m de longitud y la unidad experimental fueron tres plantas seleccionadas al azar de cada repetición por tratamiento.

La fertilización se realizó a través del sistema de riego, aplicándose las cantidades anotadas en el Cuadro 2 y en diferentes fechas del ciclo de desarrollo del cultivo

Cuadro 2. Cantidad de fertilizante (kg) y fechas de aplicación a 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

Nombre comercial y contenido	Fertilizante							NutriPhyte, ml
	Triple 18	Fosfato-Nitrato	Fosfato Mono Amónico	Nitrato de Calcio	Fosfato Mono Potásico	Nitrato de Potasio	Sulfato de Magnesio	
N-P-K	18-18-18	33-03-00	11-52-00	15.5% N – 26.5%CaO	00-52-34	12-00-46	00-00-00	00-60-00
12/10/2015	2							
10/11/2015		1	1					
05/12/2015		1	0.5	0.5				100
30/12/2015		1	0.5	0.5			1	
22/01/2016		1		0.5				
05/02/2016		1		0.5	0.5			75
12/02/2016								
23/02/2016		2						
18/03/2016							1	
25/03/2016		1			1			
01/04/2016		1						
17/04/2016				1				
25/04/2016		1						1
23/05/2016		1		0.5		0.5		
TOTAL	2	11	2	3.5	1.5	0.5	3	175 ml

Parámetros evaluados

Color del fruto

El color visual de la superficie del fruto fue determinado usando las coordenadas L^* , a^* y b^* del sistema CIE (*Commision Internatinal de I'Eclairage*); en función del ángulo Hue y de la luminosidad utilizando un colorímetro (*ColorTec-PCMTM*, USA).

De acuerdo a McGuire (1992), los valores de L^* indican brillo o luminosidad (0, blanco a 100, negro): a^* es definido como la variación de verde (-) a rojo (+); mientras que b^* es definido como la variación de azul (-) a amarillo (+). Con los valores de L^* , a^* y b^* se calcula el atributo de color croma (C^*):

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

y los valores de la tonalidad o ángulo hue (h°):

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

Para describir el color, los valores de L^* , a^* y b^* fueron introducidos al programa convertidor de color (*EasyRGB*, <http://www.easyrgb.com/index.php?X=CALC>). Con estos datos el programa despliega el color estándar correspondiente a estas coordenadas y al seleccionar “*Get comercial tints*” el programa arroja valores del espacio de color RGB (Red-Green-Blue) para las etiquetas de color; al seleccionar en “*Select the target color collection*” y al seleccionar el *Sistema de color de Munsell*, aparece el color y el nombre del código de este color para este sistema. Para definir el color del fruto, se utilizaron los *Diagramas de Nombre de Color para las Cartas de Color de Munsell para Tejidos de Plantas* editadas por Ferguson (2012).

Forma del fruto

De acuerdo con el *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI y col., 1995) los frutos fueron caracterizados de acuerdo a las formas presentadas en las siguientes figuras: 1 Elongada; 2 Casi redonda; 3 Triangular; 4 Acampanulada; 5 En forma de bloque, y; 6 Otra (Figura 1).

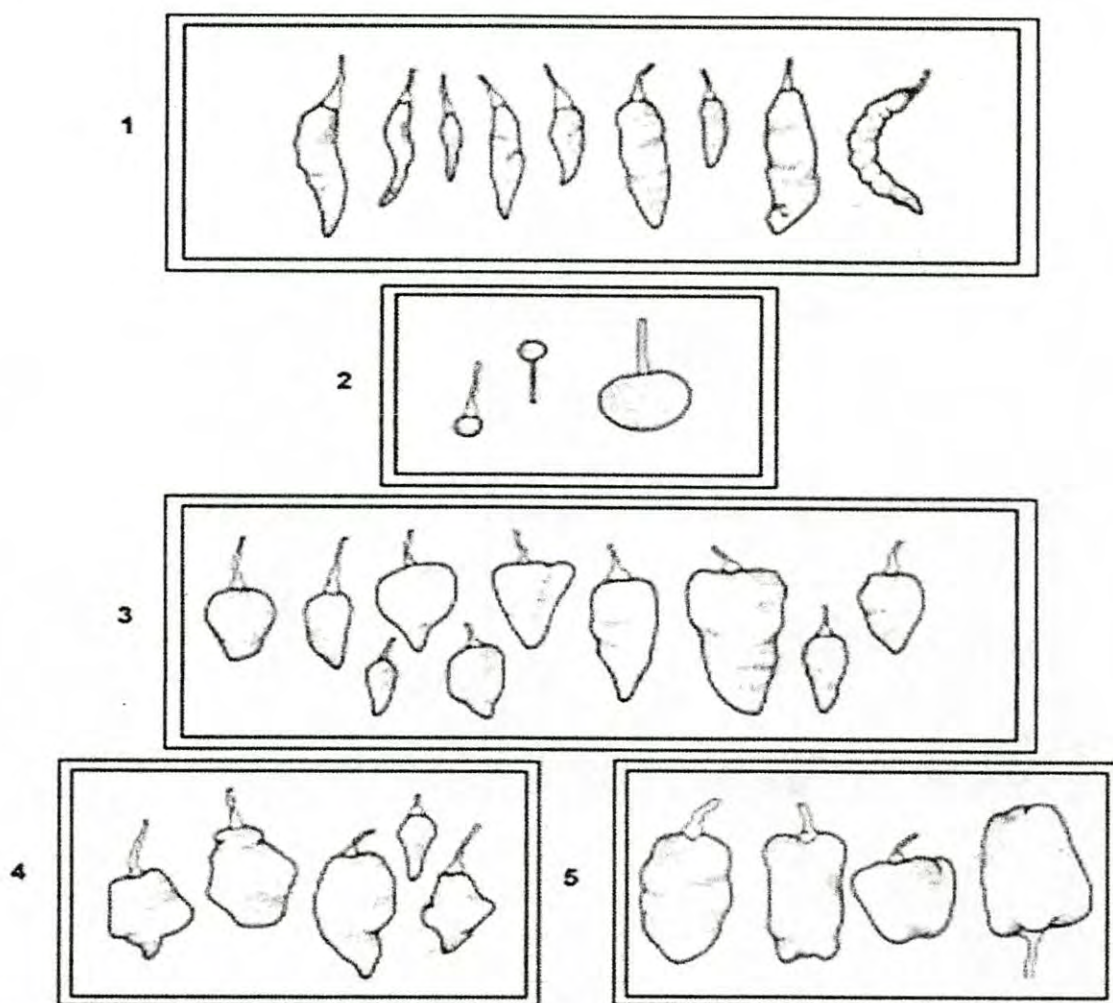


Figura 1. Formas de frutos de chile habanero de acuerdo con el *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI y col., 1995).

Rendimiento y características del fruto

En cada corte se determinó el número total de frutos, el peso total de frutos y el peso promedio de fruto. De cada corte, se seleccionaron al azar tres frutos de diferentes tamaños a los cuales se les determinó el peso individual, el diámetro y la longitud de fruto. El rendimiento de frutos se reportó en g planta^{-1} de cada genotipo y se obtuvo como la

sumatoria del promedio de los frutos cosechados de las tres plantas por repetición de cada tratamiento de los cinco cortes realizados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el procedimiento análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros como la longitud, diámetro y peso individual del fruto, número de frutos por planta y rendimiento. Se utilizó el paquete estadístico SAS y la comparación de medias fueron hechas con la prueba de Diferencias Significativas Honestas (HSD, en inglés) de Tukey con un nivel de probabilidad de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con datos presentados en el Cuadro 2, hubo variaciones en cuanto al color y la forma de fruto de los 20 genotipos de chile habanero. De acuerdo con Cantwell y Suslow (2002), estos dos parámetros cualitativos utilizados como índices de calidad, son distintivos del cultivar.

Color del fruto

Entre los atributos de calidad, el color del fruto es de primordial importancia debido a que los pigmentos que le confieren el color son también asociados con su valor nutricional, de salud y sabor (Borovsky y Paran, 2008). De acuerdo con Crosby (2008), el color del fruto depende de la etapa de madurez del fruto, comenzando de un verde claro a oscuro y cambiando después en varios tonos de amarillos, anaranjados o chocolate. Considerando este parámetro, en esta validación de genotipos, quince de estos produjeron frutos de color rojo, cuatro de frutos amarillos y el restante presentó un color anaranjado. Los colores de estos frutos son derivados de pigmentos naturales que cambia conforme la planta se desarrolla y madura. Barrett y col. (2010) mencionan que los pigmentos primarios que imparten la calidad del color son las clorofilas solubles en grasa (verde), los carotenoides (amarillo, naranja y rojo), las antocianinas solubles en agua (rojo, azul) y flavonoides (amarillo). Por lo que, el contenido de carotenoides es el principal determinante del color del fruto que afecta el valor nutricional y apariencia. En la secuencia de reacciones de estos carotenoides, la diversidad del color depende de la cantidad de pigmento producido, y del punto donde la secuencia de esta reacción es detenida. Lang y col. (2004) analizaron la composición de carotenoides producidos en frutos de chile y encontraron que β -caroteno está presente en frutos de color rojo y anaranjado mientras que el carotenoide capsantina está presente solamente en los frutos rojos.

Morfología de los frutos

Cuantitativamente, la forma, longitud, el diámetro en la parte más ancha del fruto y el peso individual del fruto fueron las características morfológicas evaluadas en los 20 genotipos de chile habanero.

Forma de fruto

A pesar de que existe una gran cantidad de estudios que evalúan la forma del fruto en chiles, una limitación en todos estos fue el uso de mediciones visuales subjetivas (triangular, elongada, etc.) o manuales como la relación longitud/ancho del fruto (Naegele y col., 2016). García-Alamilla y col. (2014) y Nass y col. (2015) utilizaron una metodología similar a la propuesta en este estudio para clasificar la forma de chiles (*Capsicum* spp.). De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 3, la mayoría de los genotipos evaluados presentaron, por igual, formas de fruto triangular y de bloque.

Cuadro 3. Color y forma de fruto de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

Genotipo	Coordenadas CIELab, tonalidad y croma					Código Munsell	Color del fruto	Forma del fruto
	L*	a*	b*	°Hue	croma			
2246	31.08	27.52	24.37	42	37	10R4/8	Rojo	Triangular
2253	50.87	20.22	45.89	66	50	5YR5/10	Naranja amarronado	Triangular
2225	31.15	24.43	32.52	53	41	2.5YR3/8	Rojo oscuro	Triang.- acamp
2252	51.25	18.39	47.73	69	51	5YR5/8	Rojo amarillento	Triangular
2228	35.38	14.85	47.50	73	50	7.5YR5/10	amari oscuro anaranj	Triang-bloques
2226	31.67	21.07	29.63	55	36	2.5 YR3/6	Rojo oscuro	Bloque
1986	51.45	25.18	61.15	68	66	7.5YR6/10	Amaril anaranj oscuro	Acampanulado
2231	37.95	26.56	35.75	53	45	5YR4/8	Rojo Amarillento	Bloque
1865	52.53	18.66	46.29	68	50	5YR5/8	Rojo Amarillento	Triangular
2243	51.88	24.72	64.74	69	69	7.5YR6/10	Amari anaranj oscuro	Acampanulado
1989	32.86	22.97	40.43	60	47	5YR4/8	Rojo Amarillento	Bloque
2244	33.93	31.10	36.63	49	49	2.5YR3/8	Rojo	Bloque
Sup hab	29.67	20.24	23.90	50	31	2.5YR3/6	Rojo oscuro	Bloque
2251	30.83	27.42	28.08	46	39	10R3/6	Rojo oscuro	Triangular
2000	31.15	23.61	28.31	50	37	2.5 YR3/6	Rojo oscuro	Bloque
HBN-21	49.79	23.10	47.72	64	53	5YR5/8	Rojo Amarillento	Triangular
HBN-26	30.24	24.85	26.44	47	36	2.5YR3/6	Rojo oscuro	Bloque
1984	52.69	20.13	59.37	71	63	7.5YR6/10	Amari anaranj oscuro	Triangular
2224	28.97	20.68	30.63	56	37	2.5YR3/6	Rojo oscuro	Bloque
2227	33.69	21.61	69.24	73	73	5YR4/8	Rojo Amarillento	Bloque

Triang-acam = triangular acampanulado
 Clave color: Anam = anaranjado amarillento
 Rojo osc = Rojo oscuro

Rojma = rojo amarillento
 Amosc = amarillo oscuro anaranjado
 Amanar = amarillo anaranjado oscuro

Longitud del fruto.

La longitud del fruto es una característica importante que ayuda en diferenciar los frutos de los diferentes genotipos. De acuerdo con esta característica, la guía técnica para la descripción varietal de chile habanero de la SAGARPA (2014) los clasifica en tres niveles; corto, medianos y largos. El Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y el Comité del CODEX sobre frutas y hortalizas frescas (FAO, 2008) establece que los frutos cortos o chicos tienen una longitud menor a 2 cm; los medianos entre 2 y 3.9 cm y; los largos o grandes mayor de 4 cm. Los diferentes genotipos exhibieron significativa variabilidad (Cuadro 4) en la longitud del fruto, como puede verse claramente en la Figura 2. En este análisis se consideran las cinco cosechas o cortes de cada genotipo, aun cuando algunos de ellos no produjeron frutos en algunos de estos cortes. Los genotipos 2231, SUPHAB y 2246 de color rojo fueron los que produjeron los frutos de mayor longitud (3.74 cm en promedio, de los cinco cortes); en contraparte, 1986, 2224 y 2244 fueron los genotipos que produjeron los frutos más pequeños (1.41 cm en promedio, de los cinco cortes). Tucuch-Haas y col. (2012) encontraron que plantas de chile habanero de la variedad criollo naranja produjeron frutos de tamaños similares a los producidos por los primeros genotipos 2231, SUPHAB y 2246. Por otra parte, Huez-López y Col. (2013) encontraron que la variedad Chichen Itzá produjo chiles más largos (> 4.0 cm) bajo condiciones de invernadero. En una población de 31 accesiones de chile habanero procedentes de Brasil, México y USA, Nass y col. (2015) encontraron una variación en la longitud de fruto de 2.9 a 6.0 cm.

Sin embargo, considerando solamente los chiles frescos cosechados de cada corte, las muestras analizadas a través del ANOVA no mostraron diferencias significativas de este parámetro ($P = 0.2584$). La longitud promedio de los frutos de chile habanero de los 20 genotipos promediaron 3.86 cm (Figura 3).

Diámetro de fruto

Los resultados del análisis de varianza revelaron que hubo diferencias significativas entre los diámetros de frutos producidos por los diferentes genotipos evaluados en este estudio (Cuadro 4). En la Fig. 4 se puede observar que de nuevo, los genotipos 2231, SUPHAB y 2246 fueron los que produjeron los frutos de mayor diámetro (2.94 cm en promedio).

De nuevo, haciendo un análisis estadístico solamente de los chiles frescos cosechados de cada corte y sacando el promedio del diámetro de fruto de las tres repeticiones, el ANOVA denotó diferencias significativas de este parámetro ($P = 0.0226$), variando el diámetro desde 2.15 cm para el genotipo 2224 hasta 3.33 cm del genotipo 1986 (Figura 3).

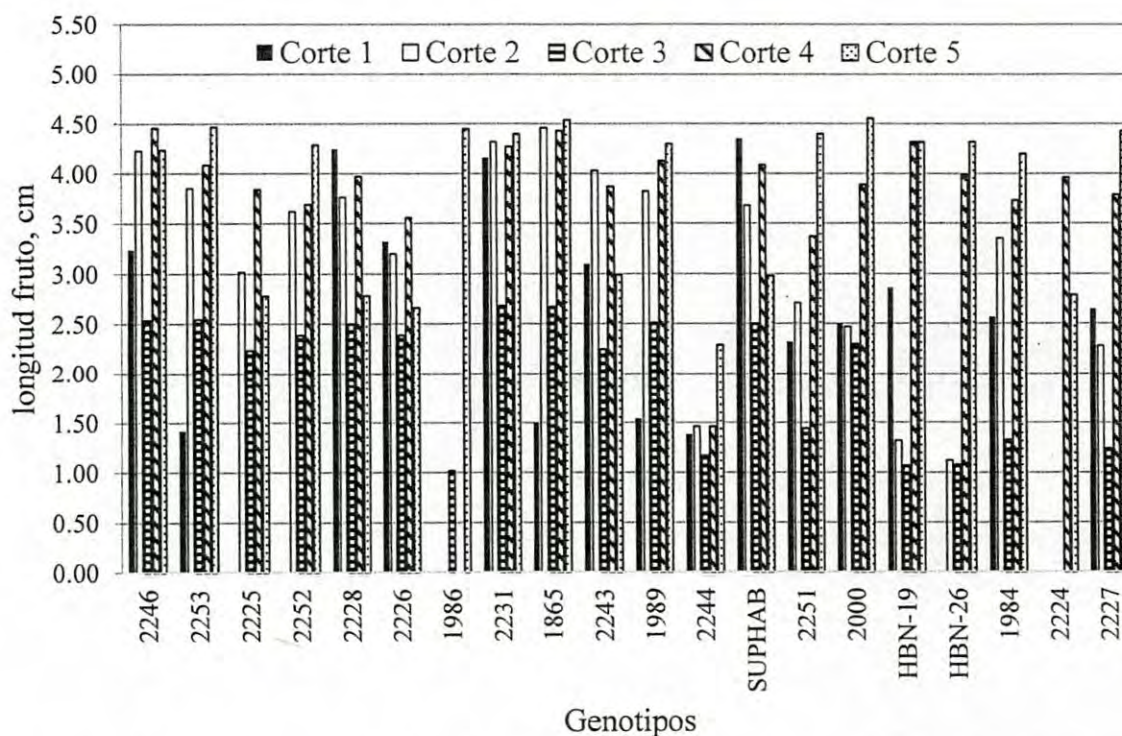


Figura 2. Longitud promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

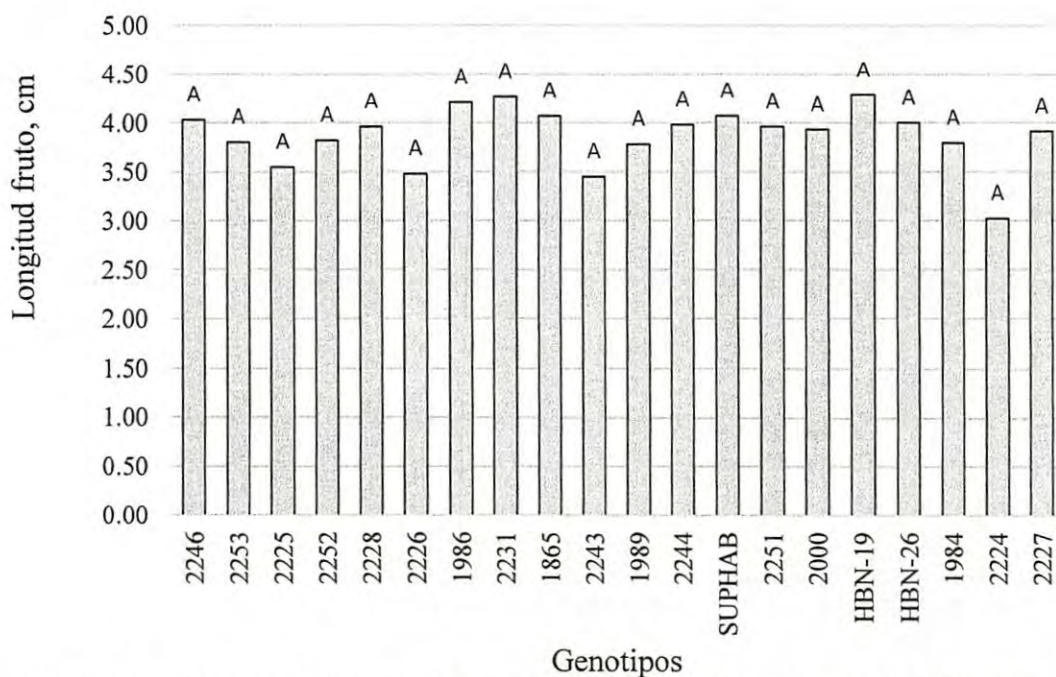


Figura 3. Longitud promedio de frutos cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

* Letras distintas en las distintas columnas (genotipos) indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

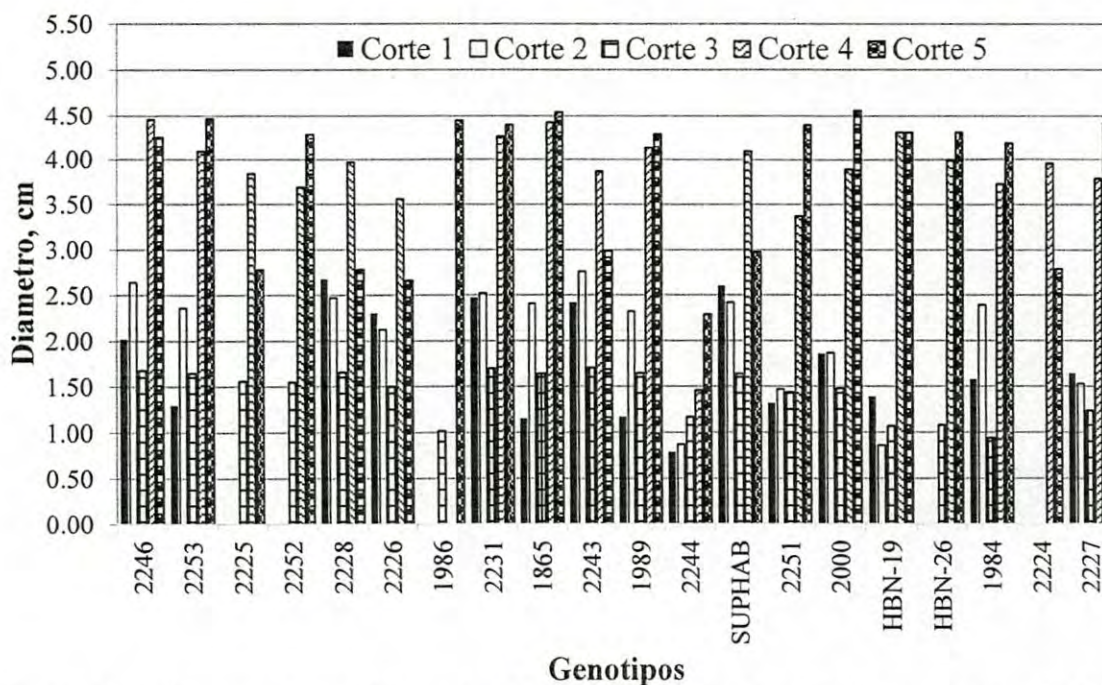


Figura 4. Diámetro promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

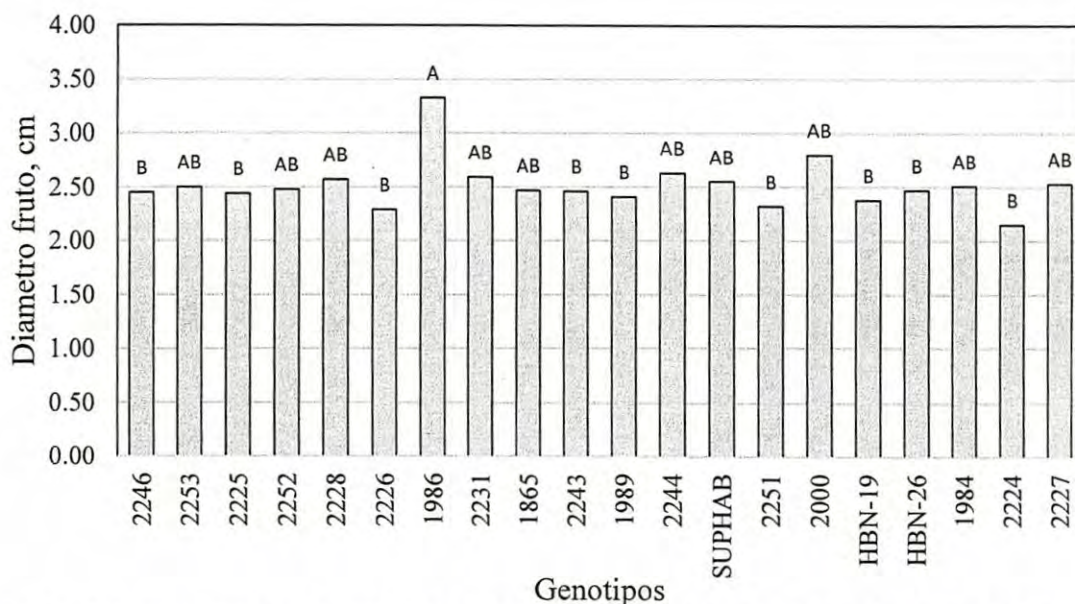


Figura 5. Diámetro promedio de frutos cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

* Letras distintas en las distintas columnas (genotipos) indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Peso del fruto

Los resultados del análisis de varianza revelaron significativa diferencia en el peso de esta variable entre los diferentes genotipos y entre los diferentes cortes (Cuadro 4; Figura 6). Jarret y Berke (2008) encontraron un valor promedio de 6.31 g en el peso promedio de fruto de 330 accesiones de chile *Capsicum chinense*. La mayoría de los genotipos ensayados en este experimento produjeron frutos de peso mayor de 6 g, frutos de mayor peso que aquellos reportados por Tucuch-Haas y col. (2012) en chile habanero producido en invernadero tipo túnel cubierto con mallas anti-áfidos en los costados y con plástico en la parte superior. Paulino (2012) produjo chile habanero a nivel campo y obtuvo un peso promedio del fruto de 5.5 g.

Haciendo un análisis similar al realizado a la longitud y diámetro de fruto, el peso promedio de los frutos tomados como muestra de cada cosecha, para su análisis de varianza, mostró diferencia significativa ($P < 0.0001$). La mayoría de los genotipos produjeron frutos de similar peso (Figura 7). Los frutos de mayor peso fueron del genotipo

1986 los cuales pesaron 11.76 g en promedio, mientras que los de menor peso fueron los producidos por el genotipo 2226.

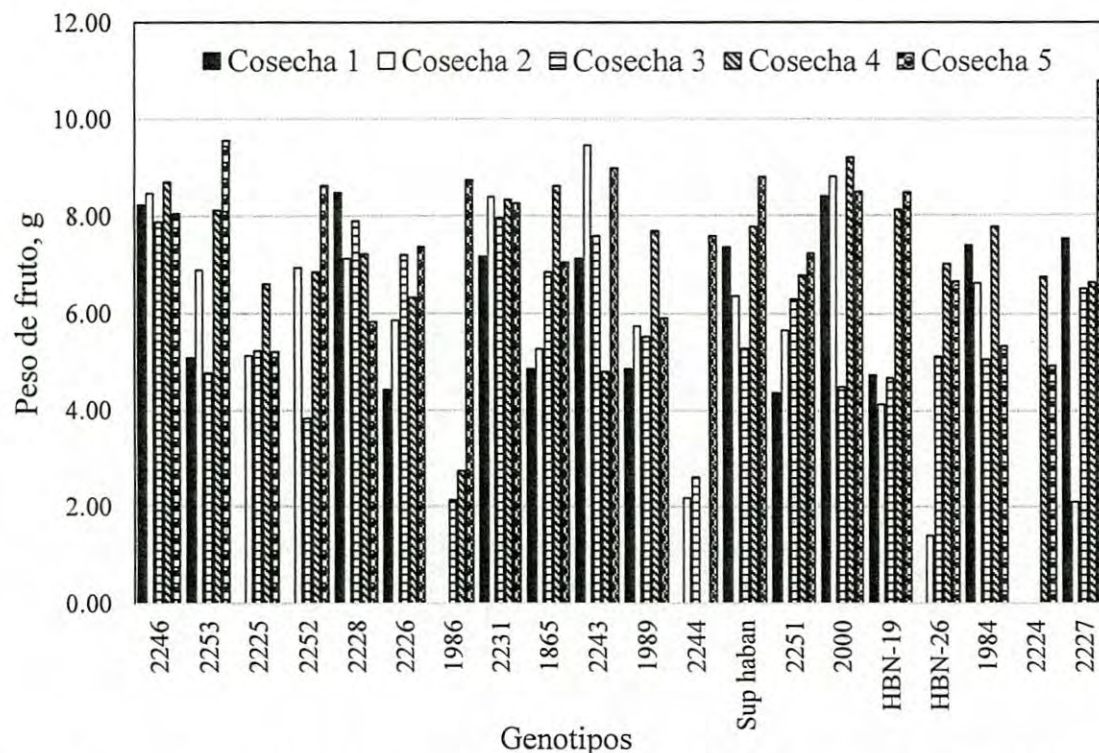


Figura 6. Peso promedio de fruto por cosecha (corte) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

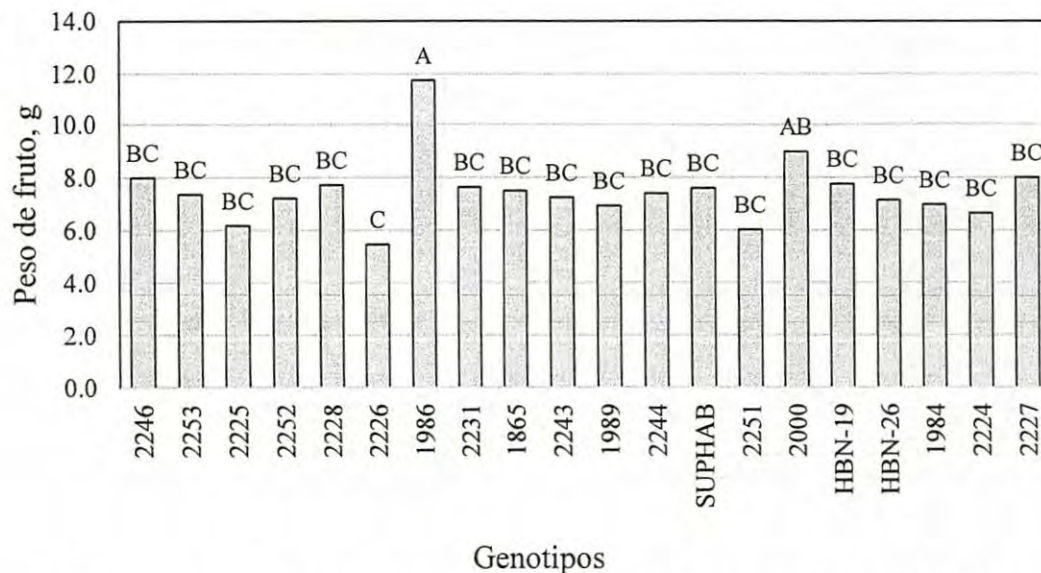


Figura 7. Peso promedio de fruto fresco cosechados de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

* Letras distintas en las distintas columnas (genotipos) indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Número de frutos por planta

En los cinco cortes realizados, el análisis de varianza entre los genotipos presentó variación significativa en el número promedio de frutos ($P < 0.001$). En la Figura 8 se presenta el comportamiento del número total de frutos por planta entre los diferentes genotipos. Los genotipos 2226 (87.3 frutos), Súper Habanero (SupHAB, 86.3 frutos), 2246 (84.3 frutos) y 2231 (78.1 frutos) fueron los más productivos, mientras que 1986 (4.2 frutos), 2224 (8.6 frutos) y 2244 (13.2 frutos) fueron los genotipos que produjeron el menor número de frutos por planta. Los primeros son genotipos que producen frutos de color rojo y en forma de bloque con excepción del genotipo 2246 que produce frutos de forma triangular. El peso individual de los frutos de estos genotipos sobrepasan los 7.5 gr con excepción del 2226 cuyo peso de fruto es menor, 5.46 g. Del segundo, el genotipo 1986 produjo frutos de color amarillo, mientras que 2224 y 2244 son genotipos que producen frutos de color rojo. Dentro de los genotipos que producen frutos de color amarillo-anaranjados, el más destacado es el genotipo 2228 (67.4 frutos por planta), seguido por los genotipos 2253, 1984 y 2243.

En las figuras 9 y 10 se puede observar cómo se comportó la cantidad de frutos cosechados en cada uno de los cortes realizados en cada genotipo. Se puede observar que los mismos genotipos que produjeron el mayor número de frutos fueron también los más precoces, al empezar a producir frutos desde el primer corte y mantener su producción en las restantes cosechas.

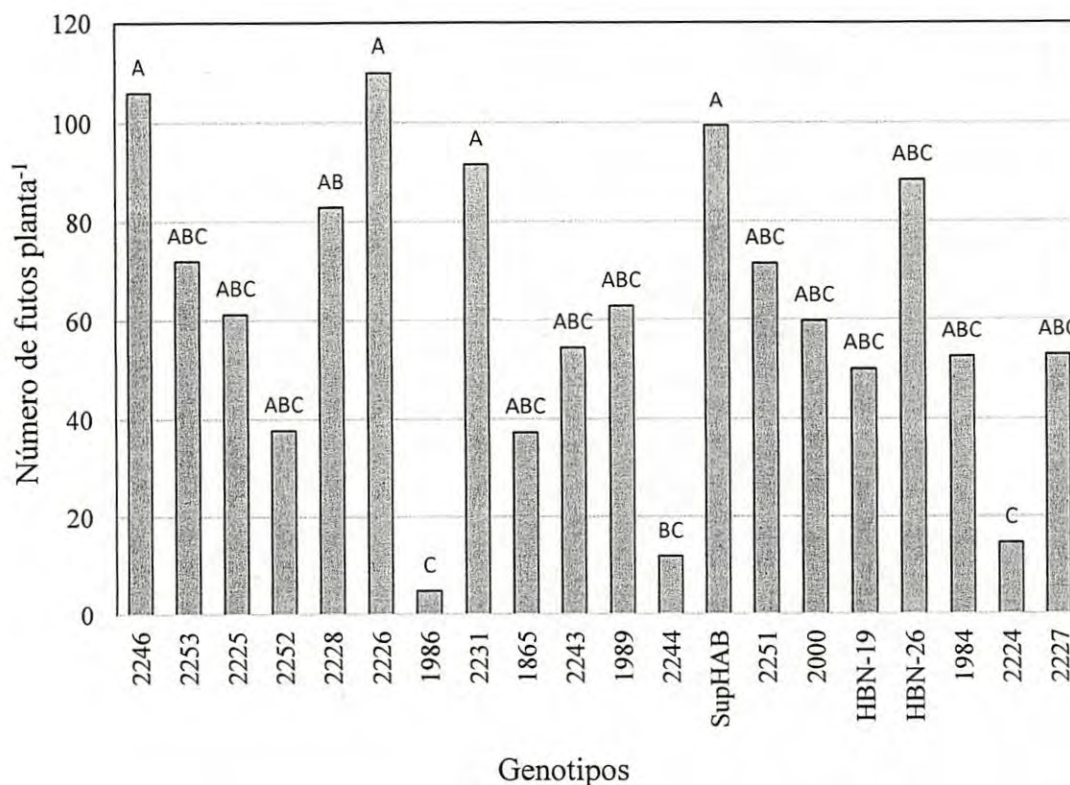


Figura 8. Número total de frutos frescos de cinco cosechas de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

* Letras distintas en las distintas columnas (genotipos) indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Rendimiento de frutos

El rendimiento de los cultivos está determinado por factores internos de la planta y por aquellos que interactúan con el medio ambiente. Los primeros están determinados por el genotipo y los segundos están determinados principalmente por las diferentes condiciones climáticas, del suelo, nutrimentales y otros factores bióticos. Macías y col. (2013) establecen que la producción de chile habanero bajo condiciones de agricultura protegida es factible implementarlo en las zonas áridas bajo la modalidad de invernadero, casa sombra o con una hibridación de ambos sistemas de producción, de bajo costo operativo, con baja y mediana tecnología y sin clima artificial.

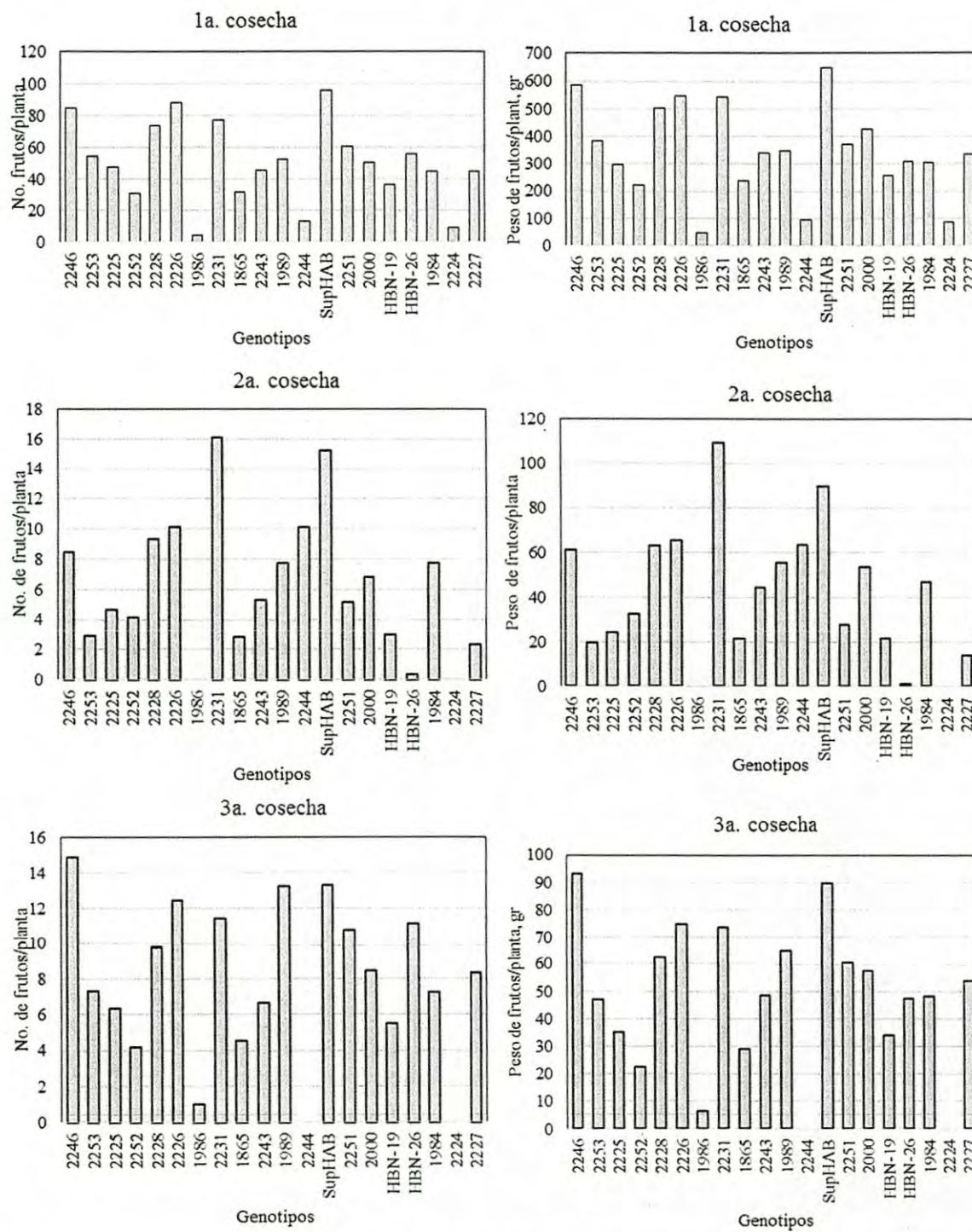


Figura 9. Comportamiento durante la 1^a, 2^a y 3^a cosecha del número de frutos por planta y peso total de frutos por planta de 20 genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de casa sombra

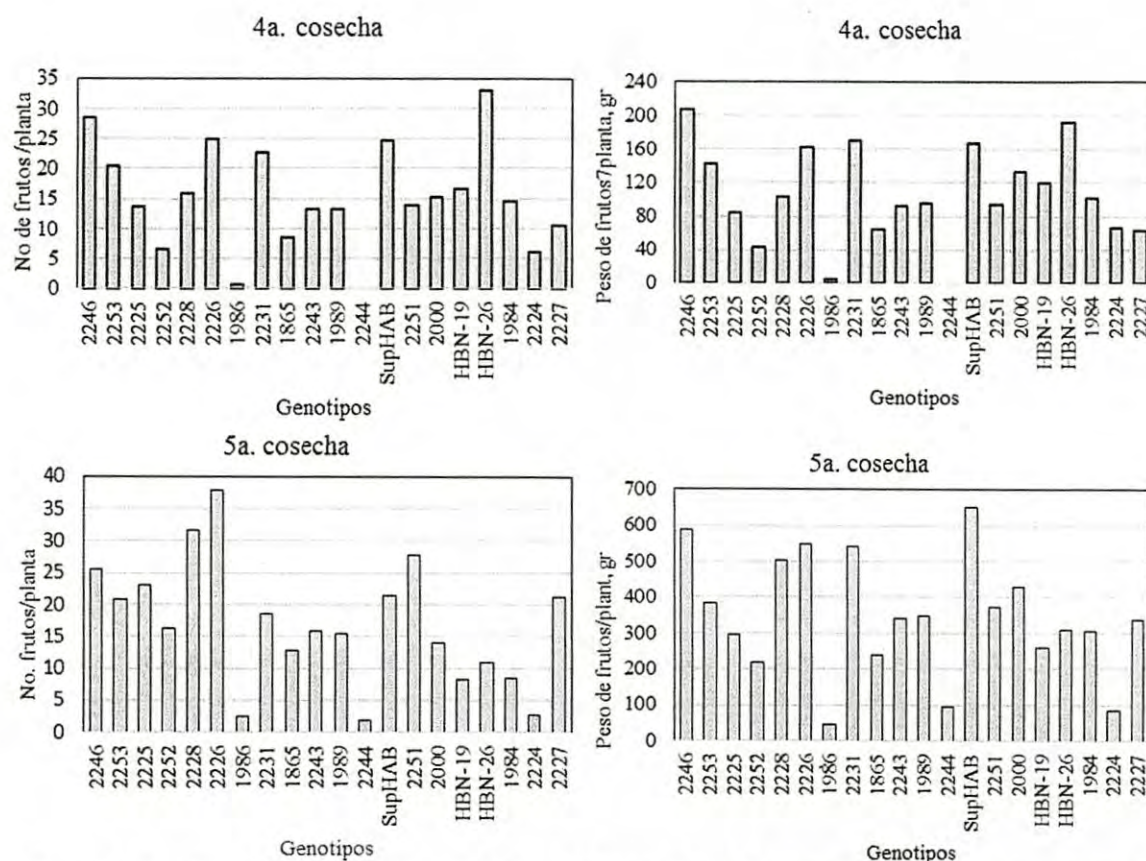


Figura 10. Comportamiento durante la 4ª y 5ª cosecha del número de frutos por planta y peso total de frutos por planta de 20 genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de casa sombra

Zewdie y Bosland (2000) mencionan que el estudio de estos factores permite identificar genotipos adaptables y con buen rendimiento en determinadas condiciones ambientales de cultivo. En este estudio, los rendimientos en g planta^{-1} de cada uno de los genotipos evaluados (Figura 11) presentaron diferencias significativas entre ellos ($P = 0.0004$). Estos valores son el resultado de cinco cortes, destacando el rendimiento promedio de $587.0 \text{ g planta}^{-1}$ del genotipo Súper Habanero, el cual es estadísticamente similar a los rendimientos de los genotipos 2246, 2231 y 2226 (586.6 , 548.9 y $544.2 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente), pero muy superiores a los presentados por los genotipos 1986, 2224 y 2244 con rendimientos menores de $100 \text{ g planta}^{-1}$.

Cuadro 4. Comportamiento durante cinco cortes (cosechas) del peso, diámetro y longitud de fruto de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones

Genotipo	Cosecha 1				Cosecha 2				Cosecha 3				Cosecha 4				
	Peso, g	Diam., mm	Long., mm	Peso, g	Diam., mm	Long., mm	Peso, g	Diam., mm	Long., mm	Peso, g	Diam., mm	Long., mm	Peso, g	Diam., mm	Long., mm	Peso, g	Diam., mm
2246	6.75 ab	20.21 ab	32.47 a	8.47 a	26.40 a	42.34 ab	5.23 a	16.86 a	25.41 a	8.71 a	24.38 a						
2253	2.29 bc	13.05 abc	14.27 ab	6.90 abc	23.70 ab	38.58 abc	4.78 a	16.56 a	25.54 a	7.93 ab	25.37 a						
2225	0.00 c	0.00 b	0.00 b	5.13 abc	22.47 ab	30.25 abc	5.24 a	15.69 a	22.40 ab	6.62 ab	25.19 a						
2252	0.00 c	0.00 c	0.00 b	6.95 abc	22.83 ab	36.15 abc	3.80 ab	15.57 a	23.91 a	6.86 ab	24.72 a						
2228	8.48 a	26.79 a	42.58 a	7.13 abc	24.78 ab	37.69 abc	5.02 a	16.63 a	25.05 a	7.23 ab	25.36 a						
2226	5.17 abc	23.09 ab	33.27 a	4.50 abc	21.22 ab	32.05 abc	3.63 ab	15.03 a	23.99 a	6.13 ab	24.48 a						
1986	0.00 c	0.00 c	0.00 b	0.00 d	0.00 c	0.00 e	2.13 ab	8.00 ab	10.25 ab	0.00 d	0.00 c						
2231	6.31 ab	24.74 ab	41.60 a	7.61 ab	25.25 ab	43.23 a	4.95 a	17.05 a	26.83 a	7.95 ab	25.83 a						
1865	2.24 bc	11.50 abc	15.07 ab	7.40 abc	24.18 ab	44.63 a	4.49 a	16.41 a	26.73 a	8.51 a	25.95 a						
2243	6.43 ab	24.20 ab	31.09 a	8.71 a	27.63 a	40.30 abc	4.70 a	17.15 a	22.57 ab	8.07 ab	26.85 a						
1989	2.15 bc	11.75 abc	15.47 ab	6.49 abc	23.26 ab	38.82 abc	4.58 a	16.55 a	25.14 a	7.91 ab	25.31 a						
2244	2.218 bc	7.90 cb	13.90 ab	2.18 bcd	8.73 bc	14.65 bcde	1.66 ab	7.08 ab	11.77 ab	2.52 cd	7.81 bc						
SUP HABAN	8.00 a	26.05 ab	43.15 a	6.28 abc	24.23 ab	36.81 abc	4.75 a	16.41 a	25.68 a	7.56 ab	25.33 a						
2251	2.70 bc	13.29 abc	23.13 ab	3.53 abcd	14.74 abc	27.12 abc	1.97 ab	7.49 ab	14.44 ab	4.50 bc	14.78 b						
2000	5.82 ab	18.86 ab	25.01 ab	5.72 abc	18.76 ab	24.79 abcde	4.05 ab	14.83 ab	23.03 ab	8.51 a	27.28 a						
HBN-21	4.02 abc	13.97 abc	28.59 ab	2.65 bcd	8.61 bc	13.29 cde	2.17 ab	8.00 ab	10.75 ab	8.26 ab	23.95 a						
HBN-26	0.00 c	00.00 c	00.00 b	2.16 cd	8.23 bc	11.21 de	1.75 ab	7.78 ab	10.83 ab	7.41 ab	24.55 a						
1984	4.58 abc	15.86 abc	25.70 ab	6.27 abc	23.99 ab	33.59 abc	2.86 ab	9.44 ab	13.31 ab	6.53 ab	24.61 a						
2224	0.00 c	0.00 c	0.00 b	2.60 bcd	7.79 bc	12.34 de	0.00 b	0.00 b	0.00 b	9.22 a	27.88 a						
2227	5.23 abc	16.49 abc	26.49 ab	4.08 abcd	15.30 abc	22.86 abcde	2.74 ab	8.70 ab	12.46 ab	6.80 ab	23.74 a						

Latournerie-Moreno y col. (2015) al evaluar el potencial agronómico de doce poblaciones criollas de diferentes colores de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en tres localidades de Yucatán, México, encontraron que por su buen rendimiento y características agronómicas, algunos genotipos fueron sobresalientes para condiciones particulares en una u otra localidad; en algunas zonas sobresalieron genotipos que producen frutos de color naranja y en otras de color rojo. Para las condiciones de la Costa de Hermosillo, los genotipos sobresalientes producen frutos de color rojo (Súper Habanero, 2246, 2231 y 2226).

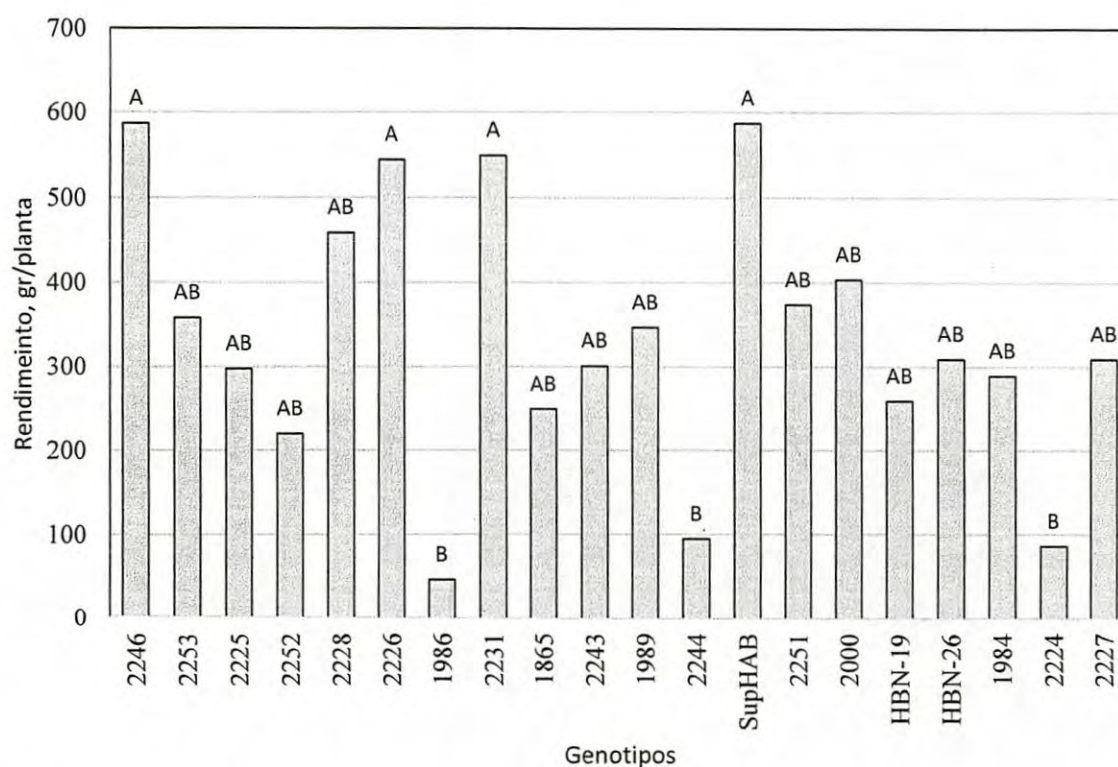


Figura 11. Rendimiento promedio de cinco cosechas de frutos frescos (g planta^{-1}) de 20 genotipos de chile habanero producidos en condiciones de casa sombra.

* Letras distintas en las distintas columnas (genotipos) indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la existencia de una considerable variabilidad en los parámetros evaluados dentro de los 20 genotipos de chile habanero.

Esta gran variabilidad observada, fue principalmente asociada con el color, la forma y a parámetros de productividad, especialmente el peso individual y número de frutos por planta y consecuentemente en el rendimiento.

Estas observaciones permiten concluir que los genotipos Súper Habanero, 2246, 2231 y 2226 pueden ser considerados prometedores por sus características de productividad para las condiciones de la Costa de Hermosillo.

LITERATURA CITADA

- Barrett, D.M., Beaulieu, J.C., and Shewfelt, R. 2010. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:369–389.
- Borovsky, Y., Paran, I. 2008. Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the *chlorophyll retainer* mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. *Theor Appl Genet* 117:235–240.
- Bosland, P.W., Votava, E.J. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. Cabi, Wallingford, Oxon, UK; New York.
- Cantwell, M., T. Suslow. 2002. Lettuce, Crisphead: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Disponible en: http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center/_Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799
- Ceballos, M.R., Gorricho, J.L., Palma Gamboa, O., Huerta, M.K., Rivas, D. and Erazo Rodas, M. 2015. Fuzzy System of Irrigation Applied to the Growth of Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) under Protected Conditions in Yucatan, Mexico. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. Vol. 2015:1-13.
- Crosby, K.M. 2008. Pepper, p. 221–248. In Prohens, J. and F. Nuez (eds.). *Vegetables, II: Fabaceae, Liliaceae, Umbelliferae, and Solanaceae*. Springer, New York, NY.
- Cruz H. N., F. Sánchez del C., J. Ortiz C. y M. del C. Mendoza C. (2009) Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica en México* 35:70-77.
- Diario Oficial de la Federación. 2010. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Chile Habanero de la Península de Yucatán. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5145314.
- FAO. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Capítulo 2: Factores que condicionan la producción. Estudio FAO producción y protección vegetal 90. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma

- FAO. 2008. Comisión del Codex Alimentarius. Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias. Comité del codex sobre frutas y hortalizas frescas. Propuestas de enmiendas a la lista de prioridades para la normalización de frutas y hortalizas frescas. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCFFV/ccffv14/ff14_10s.pdf
- Ferguson J. 2012. Color Name Diagrams for the Munsell Color Charts for Plant Tissue. Dept. of Near and Middle Eastern Civilizations. University of Toronto. <http://sites.utoronto.ca/tmap/Munsell/Color%20Name%20Diagrams%20for%20the%20Munsell%20Color%20Charts%20for%20Plant%20Tissues.pdf>
- Flores, D., M. Ford. 2010. Greenhouse and Shade House Production to Continue Increasing. GAIN report number MX0024. USDA Foreign Agricultural Service. Disponible en: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Greenhouse%20and%20Shade%20House%20Production%20to%20Continue%20Increasing_Mexico_Mexico_4-22-2010.pdf
- Fundación Herdez. 2011. El chile. Protagonista de la Independencia y la Revolución. Disponible en: http://fundacionherdez.com.mx/pageFlip/pdf/ElChile_Web.pdf
- García-Alamilla, P., Narez-Jiménez, C. A., Márquez-Quiroz, C., Gómez-Vázquez, A., de la Cruz-L.E. 2014. Colecta y caracterización morfológica *in situ* de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México. Revista Chapingo serie Horticultura, septiembre-diciembre: 269-281.
- González E. T., Casanova Ch. C., Gutiérrez P. L., Torres T. L., Contreras M.F., Peraza S.S. 2010. Chiles cultivados en Yucatán. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Durán R. y M. Méndez (Eds). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- Guzman I., Bosland P.W., y O'Connell, M.A. 2011. Heat, color, and flavor compounds in *Capsicum* fruit. In: Gang, D.R. (ed.). The biological activity of phytochemicals, recent advances in phytochemistry. Springer Science. New York: 109-126
- Huez-López M.A., López-Elías J., Jiménez-León J., Rueda-Puente E., Garza-Ortega S., Huez-Martínez J. A. 2013. Productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) bajo condiciones de invernadero en la Costa de Hermosillo. Memorias del XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Disponible en: <http://www.agricultura.uson.mx/publicaciones/congresos/XVI%20Congreso%20Internacional%20de%20Ciencias%20Agr%C3%ADcolas/ICA%202013%20HUEZ%20LOPEZ.pdf>
- IPGRI, AVRDC and CATIE. 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

- Jarret R.L., Baldwin E., Perkins B., Bushway R., Guthrie K. 2007. Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*. HortScience. 42, 16–19.
- Jarrett, R.L., T. Berke. 2008. Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. germplasm collection. Hort.Sci. 43:1694-1697.
- Jovicich, E., Cantliffe, D.J., Sargent, S.A., Osborne, L.S. 2004. Production of Greenhouse-Grown Peppers in Florida. Department of Horticultural Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Kaiser Ch, M. Ernst. 2014. Hot Peppers & Specialty Sweet Peppers. Cooperative Extension Service. University of Kentucky. College of Agriculture, Food and Environment. Center for Crop Diversification Crop Profile. Disponible en: <https://www.uky.edu/Ag/CCD/introsheets/hotpeppers.pdf>
- Laborde C., J. A., y O. Pozo C. 1984. Presente y Pasado del Chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Publicación Especial No. 85, México. 80 p.
- Latournerie-Moreno, L., Lopez-Vázquez, J. S., Castañón-Nájera, G., Mijangos-Cortes, J.O., Espadas-Villamil, G., Pérez-Gutiérrez, A., Ruiz-Sánchez, E. 2015. Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.). Agroproductividad.8:24-29. Disponible en: <http://132.248.9.34/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no1/4.pdf>
- Lang, Ya-Qin, Yanagawa, S, Sasanuma, T., Sasakuma, T. 2004. Orange fruit color in *Capsicum* due to deletion of capsanthin-capsorubin synthesis gene. Breeding Sci. 54:33-39.
- Macías Rodríguez, H, J. A. Muñoz Villalobos, M. A. Velásquez Valle, M. del C. Potisek Talavera, M. M. Villa Castorena. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de Yucatán. REVISTA CHAPINGO SERIE ZONAS ARIDAS. Vol XII:37-44.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience vol. 27: 1254-1255.
- McLeod MJ, Guttman SI, Eshbaugh WH. 1982. Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). Econ Bot 36: 361–368.
- Naegele, R.P., J. Mitchell, y M. K. Hausbeck. 2016. Genetic Diversity, Population Structure, and Heritability of Fruit Traits in *Capsicum annuum*. PLoS ONE 11(7):1-17.

- Narez-Jiménez, C., de la Cruz-Lázaro E., Gómez-Vázquez, A., Márquez-Quiroz, C., García-Alamilla, P. 2014. Colecta y caracterización morfológica in situ de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México Revista Chapingo Serie Horticultura 20(3): 269-281.
- Nass L.L., Souza K.R.R., Ribeiro C.S.C., Reifschneider F.J.B. 2015. Synthesis of a base population of Habanero pepper. *Horticultura Brasileira* 33: 530-532.
- Ocampo T. P., J.M. Cocom V., L.A. Puc C. 2014. Diagnostico histórico de la producción de chile habanero, papaya, plátano y miel en el Sureste de México. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Disponible en: asam.centrogeo.org.mx/stories/descargas/resultado-5/insam_cambio-climatico-diagnost-produccion-sureste.pdf
- Pacheco A.A., Bastida T.A. 2011. Agricultura protegida (ventajas y desventajas en el uso de invernaderos). Revista TecnoAgro. 69: Disponible en: <http://tecnoagro.com.mx/revista/2011/no-69/agricultura-prottegida-ventajas-y-desventajas-en-el-uso-de-invernaderos/>
- Paulino, L. J.C. 2012. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense*) bajo condiciones de campo en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Perry, L., R. Dickau, S. Zarrillo, I. Holst, D. M. Pearsall, D. R. Piperno, M. J. Berman, R. G. Cooke, K. Rademaker, A. J. Ranere, J. S. Raymond, D. H. Sandweiss, F. Scaramelli, K. Tarble, J. A. Zeidler. 2007. Starch Fossils and the Domestication and Dispersal of Chili Peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science*.315:986-988.
- Perry L, Dickau R, Zarrillo S, Holst I, Pearsall DM. 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315: 986–988.
- Pickersgill B. 1969. The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *Econ Bot* 34: 54–61.
- Ramírez M. M. 2012. Jaguar, variedad de chile habanero para México. INIFAP. SAGARPA
- Reho A.I. 2014. Sonora avanza en agricultura protegida. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/horticultura-prottegida/sonora-avanzando-en-la-agricultura-prottegida/>
- Ruiz-Lau, N., Medina Lara, F., y Martínez Estévez, M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*: 70-77.

- Rylski I. and M. Spigelman (1986) Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Scientia Horticulturae* 29:31-35
- SAGARPA 2014. Guía técnica para la descripción varietal de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Disponible en: <http://snics.sagarpa.gob.mx/dov/Documents/GUIAS/Chile%20habanero.pdf>
- Sanatombi, K. y G.J. Sharma. 2008. Capsaicin content and pungency of different *Capsicum* spp. cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj* 36:89–90. Disponible en: <http://techcrim.ru/wp-content/uploads/2011/11/Capsaicin-Content-and-Pungency-of-Different-Capsicum-spp.-Cultivars.pdf>
- Santoyo Juárez, A., y C. O. Martínez Alvarado. 2011. Tecnología de producción de chile habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Disponible en: <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/Publicaciones-Sinaloa/Resultados-de-Proyectos-2011-2012/RPHabanero2012.pdf>
- SAGARPA. 2015. Producción del chile mexicano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/produccion-del-chile-mexicano>
- SIAP. 2013. México es primer lugar mundial en la producción de chile verde. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/produccion-chile-verde/>
- SIAP. 2014. Chile verde Habanero *Capsicum chinense*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/chile-verde-habanero/>
- SINAREFI. S.f. Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Red chile. Disponible en: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_chile.html#cajaUsos
- Tucuch-Haas C. J., Alcántar-González G., Ordaz-Chaparro V. M., Santizo-Rincón J. A. y Larqué-Saavedra A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. *TERRA LATINOAMERICANA*. 30:9-15.
- Villa Castorena, M., E. A. Catalán Valencia, M. A. Inzunza Ibarra, A. Román López, H. Macías Rodríguez, D. Cabrera Rodarte. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. SAGARPA.

Wang, L., Li, J., Zhao, J., He, Ch. 2015. Evolutionary developmental genetics of fruit morphological variation within the Solanaceae. *Front. Plant Sci.* 13 April 2015. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.00248/full>

Zewdie Y., P.W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111:185-190.