



**Programa Consorcios de Investigación Agropecuaria**

**CRIA NORTE**

**Cadena de Chile Cahabonero**

Generación de tecnología para mejorar la productividad del chile cahabonero (*Capsicum spp.*) en áreas productoras del departamento de Alta Verapaz;

Fase II: Evaluación de estabilidad ambiental y selección de germoplasma de cultivares de chile cahabonero

Investigador principal: Ing. Agr. Jorge Luis Sandoval Aguirre

Investigador asociado: Br. Rodolfo Menjivar

Baja Verapaz, Octubre de 2019



Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## **Siglas y Acrónimos**

CATIE = Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza

CRIA = Consorcios regionales de investigación agropecuaria

ICTA = Instituto de ciencia y tecnología agrícola

IICA = Instituto interamericano de cooperación para la agricultura

IPGRI = Instituto internacional de recursos fitogenéticos

## Tabla de contenidos

Resumen .....	i
Abstract.....	ii
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico.....	1
2.1. Importancia económica .....	1
3. Objetivos .....	6
3.1. General .....	6
3.2. Específico .....	6
4. Hipótesis.....	6
5. Materiales y métodos.....	7
5.1. Localidad y época .....	7
5.2. Diseño experimental .....	8
5.3. Tratamientos .....	8
5.4. Tamaño de la unidad experimental .....	9
5.5. Modelo estadístico .....	9
5.6. Variables de respuesta .....	9
5.7. Análisis de la información.....	12
5.8. Manejo del experimento .....	13
5.8.1. Localización de localidades representativas .....	13
5.8.2. Preparación de la semilla .....	13
5.8.3. Preparación de suelo y siembra .....	13
5.8.4. Manejo fitosanitario.....	13
6. Resultados y Discusión .....	14
6.1. Rendimiento.....	14

6.2.	Análisis de estabilidad multiambiental .....	15
6.3.	Análisis de incidencia de Marchitez.....	17
6.4.	Caracterización agromorfológica.....	18
7.	Conclusiones .....	22
8.	Recomendaciones .....	23
9.	Referencias bibliográficas.....	23
10.	Anexos .....	26

## Índice de Figuras

Figura 1: Análisis de estabilidad ambiental (AMMI 1) para los cultivares evaluados en distintas localidades de Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala. 2019 .....	16
Figura 2: Diferencias de la distancia entre los índices de estabilidad multiambiental y la línea media Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala 2019 .....	17
Figura 3: Biplot de características de 18 cultivares de chile cahabonero, Santa María Cahabón. Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	21
Figura 4: Caracterización morfológica foliar según xxx de IPGRI para chiles. Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	21
Figura 5: Características de fruto de chile cahabonero con base a clave de caracterización IPGRI, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019 ..	22
Figura 6: Distribución de la incidencia de la marchitez del chile cahabonero: A) Belen, B) Chajual, C) Chimulian, D) Caserio Nuevo Agua Caliente.....	32
Figura 7: Preparación del terreno para el sitio experimental en localidad Chajual, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.....	33
Figura 8: Desarrollos de plantas de chile cahabonero en pilones para establecimiento de ensayos de rendimiento y caracterización morfológica. Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	33
Figura 9: Identificación de experimentos en las localidades de Belén y Caserío Nuevo Agua Caliente, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019...	34
Figura 10: Registro de datos por mortandad de plantas causadas por <i>Fusarium</i> sp., en la localidades Belén y Chimulian, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	34
Figura 11: Desarrollo vegetativo de plantas de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	35
Figura 12: Determinación del rendimiento de fruto seco de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	35
Figura 13: Caracterización de frutos de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	36

## Índice de Cuadros

Cuadro 1: Ubicación geográfica de sitios experimentales de chile cahabonero. Santa María Cahabón, Alta Verapaz, 2019 .....	7
Cuadro 2: procedencia de cultivares de chile cahabonero. Alta Verapaz, Guatemala, 2019.....	8
Cuadro 3: Características del género <i>Capsicum</i> analizadas, IPGRI, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019 .....	11
Cuadro 4: Caracterización foliar de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	37
Cuadro 5: Caracterización de fruto de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019. ....	38



## Resumen

El chile cahabonero es un cultivo de importancia económica en el municipio de Santa María Cahabón, Alta Verapaz. Para el año 2002 se reporta la siembra de 292 hectáreas con una producción de 454.5 Tm; con rendimientos de 700 kg/ha, media de rendimiento considerada como bajo en comparación a regiones aledañas con manejo tecnificado, que alcanza los 1,400 kg/ha. De marzo 2018 a febrero 2019, se condujeron cuatro experimentos, con el fin de evaluar la estabilidad multiambiental de 18 coletas de chile cahabonero, además de realizar la respectiva caracterización morfológica. Se encontró interacción genotipo ambiente y ubicó a la colecta 18 con el mayor rendimiento (3,001 kg/ha) en las cuatro localidades evaluadas. Así mismo, el índice de estabilidad Eberhart y Russell identificó a las colectas 4, 5, 8, 9, 12 y 16 como estables. La marchitez causada por *Fusarium* sp., se presentó con mayor incidencia en las localidades de Chimulian y Nuevo Agua Caliente, sin embargo, ningún cultivar calificó como tolerante. La caracterización morfológica agrupó a los materiales en tres grupos homogéneos, sin embargo, la forma y tamaño de los frutos, las que van de alargados a redondos se presentan dentro de las mismas colectas, esto puede limitar la comercialización en mercados diferenciados. Se recomiendan realizar validación de las colectas 18 y ocho, y evaluar la aceptabilidad de los mismos.

Palabras clave: colectas, caracterización morfológica, incidencia

## Abstract

Cahabon's Spicy Chili pepper is economically important for Santa Maria Cahabon, in Alta Verapaz. In 2002, 292 hectares produced 454.5 MT of Dry fruit; yield of 700 kg/ha, considered underproductive compared to near areas with Technical management that reach almost 1,400 kg/ha; From March 2018 to February 2019, 4 field experiments were conducted to determine the Environmental Stability of 18 collects of native Cahabon's Spicy Chili pepper and morphologically characterized. The interaction between the environment and the collect was positive, the Collect No. 18 has the highest yield (3,001 kg/ha) in four areas evaluated; Additionally Eberhart y Russell's Stability rate indicated that collects 4, 5, 8, 9, 12 and 16 are the most Stable, unfortunately, Cahabon's Spicy Chili pepper "Miltig" caused by "*Fusarium* sp"; got higher incidence in Chimualian y Nuevo Agua Caliente villages, however no collect presented tolerance to the pathogen. Then the Morphological Characterization selected all collects in three homegenic groups; shape and size of fruits (large and rounded presented in similar groups) are the most critical aspects that can limit merchandising in specific markets; It is strongly recommended, to validate the collects 18 and 8 and evaluate its acceptance.

Keywords: cultivar, morphologic characteristic , incidence

## **1. Introducción**

En la región norte de Guatemala se realiza la agricultura de subsistencia principalmente maíz, frijol y chile para suplir necesidades alimenticias y económicas. La diversidad genética de chile cahabonero representa la adaptabilidad del cultivo a las condiciones climáticas de la región de Santa María Cahabón, Alta Verapaz. Sin embargo, dicha diversidad representa una alta heterogeneidad de producción y necesidades nutrimentales, la falta de caracterizaciones morfológicas con rendimientos estables en las diferentes regiones, pueden ser un medio para recomendar los mejores cultivares.

La falta de información actualizada del cultivo de chile cahabonero limita a los agricultores y técnicos para la aplicación de manejo agronómico óptimo, además de presentar heterogeneidad en la calidad del producto cosechado, lo que demerita la calidad del mismo para mercados diferenciados. La información generada en este proyecto será de utilidad para la selección de cultivares de chile cahabonero de importancia agronómica por su alto rendimiento y resistencia a enfermedades, además de identificar cultivares estables en la región por lo que puede uniformizar la calidad y producción final, de esta manera buscar mercados diferenciados o mejorar el producto.

Se esta manera se busca incrementar los ingresos al agricultor y favorecer sus mejores condiciones de vida.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Importancia económica**

El chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos más importantes en México y en el mundo. Su utilización se remonta a los tiempos precolombinos, en donde su uso primordial fue el condimento, pero también los diferentes tipos de chiles jugaron un papel importante como fuente de vitamina C en las culturas americanas (Eshbaugh,

1970). Entre otros usos del chile se tiene del medicamento, castigo, moneda, material de tributo. (Long, 1986).

En la actualidad presenta importancia económica y social, el chile es una de las principales hortalizas en el mundo, cuya producción se ha incrementado en los últimos años a un ritmo de 3.3 % anual a nivel internacional y de 4 % a nivel nacional (FAO, 2009). México ocupa el segundo lugar de la producción mundial de chile verde, lo que representa el 8 %, (24,822,167 TM), China es el primer productor con el 57 % del total. Por su parte, en chile seco, México se ubica en el décimo lugar con el 2 % del total de la producción mundial (2,613,124 TM), mientras India es el principal productor con el 46 %.

Información del IV censo nacional (2002-2003), reportó un área de siembra de chile cahabonero de 292 hectáreas con una producción de 454.5 TM y una media de 1.2 TM/ha. Este rendimiento se considera bajo, si se toma en cuenta que en ese mismo período en Cobán en un área sembrada de 21.7 Hectáreas obtuvieron una producción de 99.0 TM y una media de rendimiento de 4.6 TM/ha, con una diferencia de 3.4 TM, que es cuatro veces más de producción por hectárea entre localidades.

Con ésta información se puede considerar que la productividad del cultivo de chile en estos municipios pueden mejorarse, la investigación ayudará a incrementar el rendimiento y el cultivo represente una alternativa para desarrollar la economía familiar del agricultor.

El género *Capsicum* se consume fresco o deshidratado como ingrediente principal o como especia, sin embargo, también es fuente de colorantes naturales, capsaicinas y compuestos secundarios como el ácido ascórbico, todos ellos utilizados en la elaboración de productos industriales como alimentos en conserva, cosméticos, productos farmacéuticos, nutracéuticos, etc. (Meléndez 1998; Ibarra-Manríquez et al. 1997; Coe y Anderson 1996; Simón et al. 1984), ya que contienen numerosos compuestos químicos, incluyendo aceites volátiles, aceites grasos,

capsaicinoides, carotenoides, vitaminas, proteínas, fibras y elementos minerales (Bosland y Votava, 2000; Krishna De, 2003). Muchos cultivares registran componentes de alto valor nutritivo, sabor, aroma, textura y color. Los frutos maduros son ricos en vitamina C (Osuna-García et al., 1998; Marin et al., 2004). Los dos compuestos químicos más importantes de los frutos de los chiles son los carotenoides y capsaicinoides. Los carotenoides proporcionan un alto nivel nutricional y color, mientras que los capsaicinoides son alcaloides que proporcionan en los chiles picantes su característica de pungencia (Britton y Hornero-Méndez, 1997; Hornero-Méndez et al., 2002; Pérez-Gálvez et al., 2003).

## 2.2 Recursos fitogenéticos de Guatemala

Los recursos genéticos están constituidos por la variación genética organizada en un conjunto de materiales diferentes entre sí, denominados germoplasma. Consecuentemente, el germoplasma constituye el elemento de los recursos genéticos, que incluye la variabilidad genética intra e interespecífica, con fines de utilización en la investigación y especialmente en el mejoramiento genético (Mecanismo de intercambio de información de la biodiversidad, 2010).

Guatemala es un centro secundario de domesticación de chiles, en especial de la especie *C. annuum* L (IBPGR. 1983). La diversidad genética interespecífica en *C. annuum* se evidencia por el número de cultivares nativos que se reportan en el país y por la diversidad existente dentro de cada cultivar, (Bosland, PW. 1993., Gonzales-Salán, MM.; Azurdía, CA 1986) (IBPGR. 1983.)

En Guatemala además de *C. annuum* L., se encuentran otras especies domesticadas, como *C. frutescens*, *C. Chinense* y *C. pubescens*. Los cultivares primitivos de Chile, son cultivares que los agricultores mayas desarrollaron por selección de las características más deseables, entre ellas la resistencia a plagas y enfermedades. Ellos seleccionaron características específicas de fruto y características de adaptabilidad ambiental a sus localidades con tecnologías

tradicionales. Bajo estas condiciones, los cultivares primitivos de Chile y guatemaltecos han evolucionado y es altamente probable que cuenten con genes de resistencia genética a enfermedades y otras características aún desconocidas por la ciencia moderna (Gonzales-Salán, M.M. y Azurdia, C.A. 1986.)

### 2.3 Caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos

Las colecciones de recursos fitogenéticos son utilizadas principalmente para producir nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos. Estas deben proveer variantes genéticas, genes o genotipos, que permitan adaptarse a nuevos sistemas productivos, por lo que es vital conocer las características del germoplasma.

La caracterización es la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en características morfológicas y fenológicas con alta heredabilidad, poco influenciada por el ambiente (Hinthum van, 1995).

La caracterización permite diferenciar las accesiones de una especie, según sus características morfológicas y fenológicas. Comprende, entonces, una descripción de la variación existente en una colección por atributos de importancia agronómica, tales como rendimiento. Se realiza en diferentes localidades, esto permite la respuesta según el ambiente, además de ocurrir interacción genotipo – ambiente.

Para la caracterización y evaluación se utilizan descriptores, que son caracteres considerados importantes o útiles en la descripción de una muestra. Los estados de un descriptor son los diferentes valores que puede asumir el descriptor, puede ser numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo.

En términos generales, la caracterización y evaluación preliminar pueden realizarse al mismo tiempo que la regeneración o multiplicación, lo que no sucede con la evaluación agronómica avanzada. (Painting et al., 1993). En el caso particular de

las especies silvestres, la caracterización y evaluación preliminar, son de utilidad para conocer la adaptación y potencial en rendimiento, así como estudios de diversidad, aspectos biológicos y de propagación de la especie.

Además de proporcionar un mejor conocimiento del germoplasma disponible, la caracterización y evaluación bien realizadas presentan algunas ventajas adicionales (Valls, 1989), entre ellas:

- Permiten identificar duplicados, simplificando los trabajos siguientes, racionalizando los trabajos relativos a las colecciones activas y de base, evitando duplicación de actividades y haciendo un uso más eficiente de los recursos humanos y financieros.

- Identifican gaps en las colecciones que facilita la planificación de nuevas colectas e introducciones.

- Permite el establecimiento de colecciones núcleos que, por definición, comprenden, con un mínimo de redundancia, la diversidad genética reunida en una especie cultivada y en las especies silvestres relacionadas.

En el caso de las especies silvestres, la situación es diferente, siendo muy pocas las especies en que se dispone de bases de datos completos. Los emprendimientos para el establecimiento de listas de descriptores, en especies en que no existe ningún protocolo previo, se han desarrollado en algunas especies. Los trabajos en caracterizaciones biológicas (sistemas reproductivos, estudios de diversidad genética, taxonomía, citogenética, etc.) son bastante más abundantes, aunque no se encuentran estrictamente integrados al desarrollo de las colecciones de recursos fitogenéticos.

Existen en la región esfuerzos importantes, pero escasísimos en términos de especies, en lo relativo a caracterizaciones químicas y de calidad para el desarrollo

de nuevos productos, requiriéndose importantes apoyos en capacitación y laboratorios. También se realizan caracterizaciones in situ para aquellas especies que se utilizan directamente de la naturaleza, requiriéndose de mayores esfuerzos en ese sentido.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. General**

Contribuir con la sostenibilidad de la producción del chile cahabonero del municipio de Santa Maria Cahabón, Alta Verapaz.

#### **3.2. Específico**

Identificar el cultivar de chile cahabonero, con mayores rendimientos de fruto seco y tolerancia a la marchitez de chile cahabonero.

Identificar la variación morfológica entre las colectivas de chile cahabonero en evaluación.

Identificar fuentes de resistencia a la marchitez del chile cahabonero entre las colectas evaluadas.

### **4. Hipótesis**

Existen colectas de chile cahabonero con mayor rendimiento de fruto seco con relación al cultivar local del agricultor



## 5. Materiales y métodos

### 5.1. Localidad y época

La investigación se realizó en el Municipio de Santa María Cahabón del departamento de Alta Verapaz. Se encuentra ubicada a 92 kilómetros de la ciudad de Cobán y a 302 de la Ciudad Capital. Dicho municipio limita al norte con los municipios de Fray Bartolomé de las Casas y Chahal (Alta Verapaz); al sur con el municipio de San Antonio Senahú (Alta Verapaz), al este con los municipios de Panzós (Alta Verapaz) y el Estor (Izabal); y al oeste con los municipios de San Pedro Carchá y San Agustín Lanquín (Alta Verapaz).

Los sitios experimentales se establecieron en comunidades de Santa María Cahabón que son representativas de la región en cuanto a producción de chile, ellos son: Caserio Nuevo Agua Caliente, Chajual, Belén y Chimulian

**Cuadro 1: Ubicación geográfica de sitios experimentales de chile cahabonero. Santa María Cahabón, Alta Verapaz, 2019**

Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas
Belén	320	15°31'44.1876"N 89°52'22.2816"W
Chajual	105	15° 35.845´N 89° 47.753´W
Nuevo Agua Caliente	50	15°35'43.5"N 90°06'51.5"W
Chimulian	82	15° 35.845´N 89° 47.753´W

## 5.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con tres repeticiones (Excepto la localidad Chimulian con dos bloques) y 18 tratamientos para un total de 54 unidades experimentales.

## 5.3. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron las 18 colectas evaluados en fase anterior del proyecto, las que obtuvieron de diferentes productores del municipio de Santa María Cahabón,

**Cuadro 2: procedencia de cultivares de chile cahabonero. Alta Verapaz, Guatemala, 2019**

<b>Cultivar</b>	<b>Productor</b>	<b>Región</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Productor</b>	<b>Región</b>
1	Fernando Ax	Chinajuk-Sakta	10	Héctor Kak	Chioyal
2	Roberto Coy	Chinajuk-Sakta	11	Mauro Caal	Chicajá
3	Norman Prado	Sakta	12	Juan Sub	Chioyal
4	German Tiul	Sakta	13	José Xol	Chiacaj
5	Ramiro Caal	Chinajuk-Sakta	14	Juan Carlos Ché	Chiacaj
6	José Caal	Chinajuk-Sakta	15	Salvador Sansaria	Chicaja
7	Carlos Caal	Sakta	16	Ernersto Quib	Marbach
8	Abelino Chun	Chacalate	17	Mateo Acte	Chioyal
9	Pablo Cholom	Chichaj	18	Juan Chepec	Marbach

Fuente: elaboración propia

#### 5.4. Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental constó de 20 plantas como parcela bruta, distanciamiento de siembra de 0.5 m entre surcos y 0.5 m entre plantas con total de 5 m<sup>2</sup>.

#### 5.5. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \beta_j + L_k + LT_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = rendimiento total

$\mu$  = Media general

$C_i$  = Efecto de la colecta (Tratamiento)

$B_j$  = Efecto del bloque

$L_k$  = efecto de la localidad

$LT_{ijk}$  = efecto de la interacción del cultivar  $i$  por localidad  $k$

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

#### 5.6. Variables de respuesta

##### a. Incidencia de marchitez

Se determinó la susceptibilidad a la enfermedad “marchitez del chile cahabonero” causada con resultados preliminares por los patógenos *Phytophthora* sp. y *Fusarium* sp.; por medio de toma de datos de la mortandad de plantas causada por dicha enfermedad en proporción al número total de plantas establecidas.

##### b. Rendimiento de fruto seco

Cantidad total de producción de los diferentes cortes para los distintos cultivares evaluados, variable que fue medida posterior al proceso de secado del chile cahabonero hasta un 66% de pérdida de peso de humedad, característica deseada por el mercado. Se tomó como parcela neta ocho plantas (2 m<sup>2</sup>), que sirvieron para la caracterización utilizando la metodología IPGRI, AVRDC & CATIE, 1995.

Se determinó la producción de fruto seco (33% de humedad según requerimientos de mercado) de los cultivares evaluados en los distintos bloques y localidades, con el apoyo individual de los actores locales en la cosecha y secado solar de los frutos.

#### c. Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza por modelos lineales generales y mixtos, tomando como factor fijo los cultivares y como factores aleatorios bloque anidado al factor localidad, modelo que cumplió satisfactoriamente con los supuestos del análisis de varianza (Normalidad en errores, homogeneidad de la varianza e independencia de los errores) además debido a la mortandad de plantas provocada por la incidencia de la enfermedad conocida como “marchitez del chile cahabonero” se utilizó como covariable de sobrevivencia de plantas para ajustar la variable.

Muchas herramientas estadísticas se han desarrollado para evaluar la estabilidad del rendimiento de genotipos en distintos ambientes, Muhammad Rafiq. et al (2019), en el presente trabajo se determinaron los índices de estabilidad dinámica ambiental de Eberhart y Russell para establecer los cultivares con características constantes en todas las localidades evaluadas.

#### d. Caracterización morfológica

Se utilizó la clave de caracterización del IPGRI con los siguientes aspectos; las características de color fueron consideradas por apreciación de los investigadores principales en base a las opciones brindadas por la clave de caracterización (“otro” denomina alguna variación fuera de la moda).

**Cuadro 3: Características del género *Capsicum* analizadas, IPGRI, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019**

No	Variable	Escala
<b>Características foliares</b>		
1	Color de la hoja	Ordinal: 1=Amarillo ,2= Verde Claro, 3= Verde, 4= Verde oscuro, 5= Púrpura suave, 6= Púrpura, 7= Variegado, 8=otro
2	Forma de la hoja	Ordinal: 1=deltoide, 2= Ovalado, 3= Lanceolada
3	Tipo de margen	Ordinal: 1=Entero, 2= Ondulado, 3=Ciliado
4	Pubescencia de la hoja	Ordinal: 3=esparcido, 5=Intermedio, 3=Denso
5	Ancho de la hoja madura	Centímetros
6	Longitud de la hoja madura	Centímetros
7	Altura de la planta	Centímetros
8	Días a floración	Días
<b>Características de fruto</b>		
9	Forma del fruto	Ordinal: 1=Elongado, 2= Casi redondo,3=Triangular, 4=Campanulado, 5=Bloque, 6=otro
10	Forma en unión al pedicelo	Ordinal: 1=Acutado, 2=Obtuso, 3=Truncado, 4=Cordado, 5=Lobado
11	Cuello en la base del fruto	Binaria; 1=Presente, 0=Ausente
12	Forma del ápice del fruto	Ordinal: 1=Con punta, 2=Sin punta, 3=Hundido, 4=Hundido y puntiagudo, 5=Otro
13	Apéndice en el fruto	Binaria; 1=Presente, 0=Ausente
14	Color del fruto en estado inmaduro	Ordinal: 1=Blanco ,2= Amarillo, 3=Verde, 4=Naranja, 5= Púrpura, 6= Púrpura oscuro, 7=otro

15	Color del fruto en estado maduro	Ordinal: 1=Blanco ,2=Amarillo-limón, 3=Amarillo-naranja pálido, 4=Amarillo-naranja, 5= Naranja pálido, 6=Naranja, 7=Rojo claro, 8=Rojo, 9=Rojo oscuro, 10=Púrpura, 11=Café, 12=Negro, 13=otro
16	Ancho del fruto	Centímetros
17	Largo del fruto	Centímetros
18	Peso 10 frutos secos	Gramos

---

Majjiga y otros (2019) exponen que, para potencializar características de interés, alto rendimiento, resistencia a plagas o enfermedades; la diversidad local de las plantas provee una herramienta para ser incluidos en programas de hibridación, por lo que es necesario identificar aspectos morfológicos clave.

#### 5.7. Análisis de la información

El rendimiento se analizó por medio del análisis de varianza con modelos generalizados y mixtos, se tomó como factor fijo el tratamiento (material genético) evaluado y como factores aleatorios la localidad y el bloque como factor anidado, con una confiabilidad al 5%, posteriormente se realizó un análisis de comparación de medias con la metodología DGC para determinar diferencias específicas.

Para la variable estabilidad medio ambiental del rendimiento se determinaron los índices de estabilidad dinámica de Eberhart y Russell.

Para los datos de caracterización de cultivares según la metodología del IPGRI, AVRDC & CATIE; se realizó un análisis de correspondencias múltiples entre cultivares.

## 5.8. Manejo del experimento

### 5.8.1. Localización de localidades representativas

Se priorizaron las localidades Chajual, Belén, Caserio Nuevo Agua Caliente y Chimulian sin embargo es necesario el recorrido para la determinación de la ubicación representativa para el establecimiento de la réplica, ya que debe cumplir con requisitos ambientales como precipitación media, temperatura media, humedad relativa media e intensidad lumínica del municipio de Santa María Cahabón.

### 5.8.2. Preparación de la semilla

Se utilizó molienda con el fin de separar las semillas del fruto de chile, posteriormente se realizó una selección de calidad de semilla se utilizó el principio de gravedad específica en agua, las semillas precipitadas fueron colocadas en bandejas con sustrato orgánico PEAT MOSS.

### 5.8.3. Preparación de suelo y siembra

Se preparó el suelo para obtener una mejor estructura del mismo, se utilizó un distanciamiento de siembra de 0.5 m entre surcos y 0.5 m entre plantas, se aplicó Azoxystrobym (100 g/ha; aplicación cada 15 días) para el cuidado del denominado mal del talluelo y thiamethoxam (150 g/ha; aplicación cada 15 días) para evitar el daño por gusano nochero y zompopos.

### 5.8.4. Manejo fitosanitario

Se realizó rotación de productos insecticidas Spinosyn-Spinetoram (0.25 L/ha; Aplicación cada 15 días), Thiacloprid, Beta-Ciflutrina (1 L/ha; aplicación una vez al mes) y Diafenthiuron (0.5 L/ha; Aplicación una vez al mes) para el control de mosca blanca, trips y gusanos masticadores, estos son los más afectan el cultivo de chile cahabonero.

Se realizó rotación de productos Propamocarb - Fenamidona (1.5 L/ha; Frecuencia de aplicación cada 15 días) y Azoxystrobin (100 g/ha; aplicación cada 15 días) para el control de *Phytophthora* sp. y Tiabendazol (0.3 L/ha; aplicación cada 15 días) para

el control de *Fusarium* sp. patógenos que corresponden el complejo denominado marchitez local del chile cahabonero.

La eliminación de plantas arvenses se realizó de forma manual para evitar daño a la zona radicular de la planta y para evitar efectos adversos al desarrollo, se realizó a los 15 días después de la siembra con frecuencias mensuales.

Se realizaron cuatro fertilizaciones granuladas con el fin de potencializar el desarrollo del chile cahabonero en sus diferentes etapas fenológicas, se aplicó urea (130 kg/ha de nitrógeno) en su etapa de desarrollo vegetativo y 15-15-15 (42 kg/ha de cada elemento) durante la fase de floración y fructificación.

Se realizaron aplicaciones cada 15 días de fertilizante foliar con el fin de suministrar a la planta los micronutrientes necesarios para el desarrollo floral y del fruto (2 L/ha).

## **6. Resultados y Discusión**

### **6.1. Rendimiento**

Después de realizada el análisis (cuadro A1) se encontró interacción genotipo ambiente, por lo que al proceder a realizar la prueba de medias DCG, el cultivar que presentó la mayor rendimiento para las cuatro localidades fue la colecta 18 (cuadros 4 y A2), con un rendimiento medio de 3,001 kg/ha.

Los índices de estabilidad de cada colecta añadidos al análisis de rendimiento (Cuadro 6) demuestran que las colectas 18, 14, 15 a pesar que presentan inestabilidad ambiental expresan alto rendimiento de fruto seco de chile cahabonero en todas las localidades evaluadas, igual que la colecta 8, sin embargo, esta última presenta estabilidad ambiental; por tal razón son seleccionadas para la siguiente fase, Validación de las colectas en ensayos de finca. Las colectas seleccionadas fueron evaluadas a nivel de fase experimental por lo que es recomendable para la siguiente fase incrementar el número de parcelas en Santa María Cahabón y



regiones aledañas al mismo para ampliar el rango ambiental evaluado e incrementar la precisión del estudio.

**Cuadro 4: Mejor colecta de Chile Cahabon por localidad para rendimiento, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019**

Localidad	Mejor colecta (prueba de medias DCG. 0.05)
Belen	18, 14 y 15
Chajul	18
Nueva Agua Caliente	18
Chimulian	18

Fuente: elaboración propia

En comparación a lo reportado por agricultores en el año 2017, (IICA CRIA, ICTA, 2017), publicado en la fase I del proyecto de multiplicación, conservación y caracterización de germoplasma de chile cahabonero, fue de 700 kg/ha de comprueba que al igual que lo expuesto por Farhad, Hasanuzzaman, Biswas, Azad, & Arifuzzaman (2008) existe respuesta positiva significativa a la aplicación de un paquete tecnológico agronómico de fertilización y control fitosanitario de plagas y enfermedades, aumentado el rendimiento.

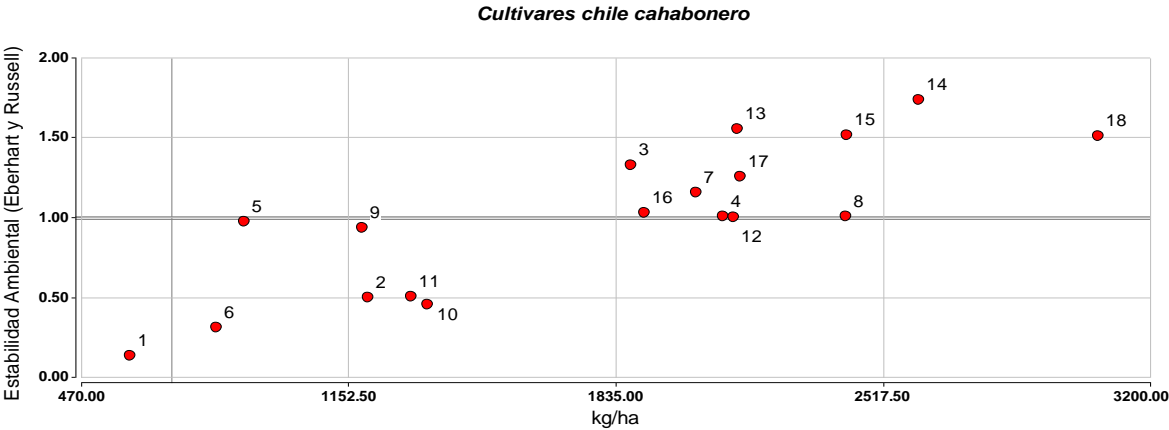
#### 6.2. Análisis de estabilidad multiambiental

Se realizó el análisis de estabilidad multiambiental con el fin de brindar sustento a los resultados de rendimiento ya que al igual que lo expuesto por Yaghotipoor & Farshadfar (2007) y Zsuzsanna & Zsolt (2019) las medidas de tendencia central son influenciadas por valores extremos que se encuentran en localidades beneficiosas o adversas para el cultivar, esto se relaciona con la interacción genotipo-ambiente.

Con los datos de rendimiento de cada localidad se determinó el Índice de estabilidad dinámica con la metodología de Eberhart y Russell que determinan la calidad ambiental a partir del análisis de los principales efectos aditivos y su interacción multiplicativa AMMI 1 (Por sus siglas en inglés).

Además de brindar un valor estimado de estabilidad media entre localidades como una línea central de valor=1 y muestra la distancia de cada cultivar en base a su inestabilidad de producción tal y como los describe (Anilkumar, y otros, 2018) que la estacionalidad y el ambiente de desarrollo de plantas del género Capsicum tienen una mayor influencia en la producción que el genotipo mismo.

Para las localidades Belén, Caserío Nuevo Agua Caliente, Chajual y Chimulian; a partir de la información de la (Figura 6) y de la síntesis de regresión se determinó que el cultivar más inestable con menor rendimiento es el colecta 1, el cultivar que presentó mayor rendimiento es el 18 sin embargo se encuentra alejado en el primer estrato de diferencia siendo medianamente inestable en rendimiento, superior al rendimiento medio en un ambiente promedio; los cultivares con mayor estabilidad de producción son: 8,12,4,16,9 y 5 ya que se presentan una estabilidad cercana a la media proyectada, diferencias que se muestran en la (Figura 2), considerados óptimos para continuar con la fase de validación; a pesar que la colecta 18 presenta inestabilidad en el análisis en todas las localidades evaluadas presentó una media superior considerado como promisorio por lo que se utilizará en la siguiente fase de validación.



**Figura 1: Análisis de estabilidad ambiental (AMMI 1) para los cultivares evaluados en distintas localidades de Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala. 2019**

### Estabilidad diferencial cultivares chile cahabonero

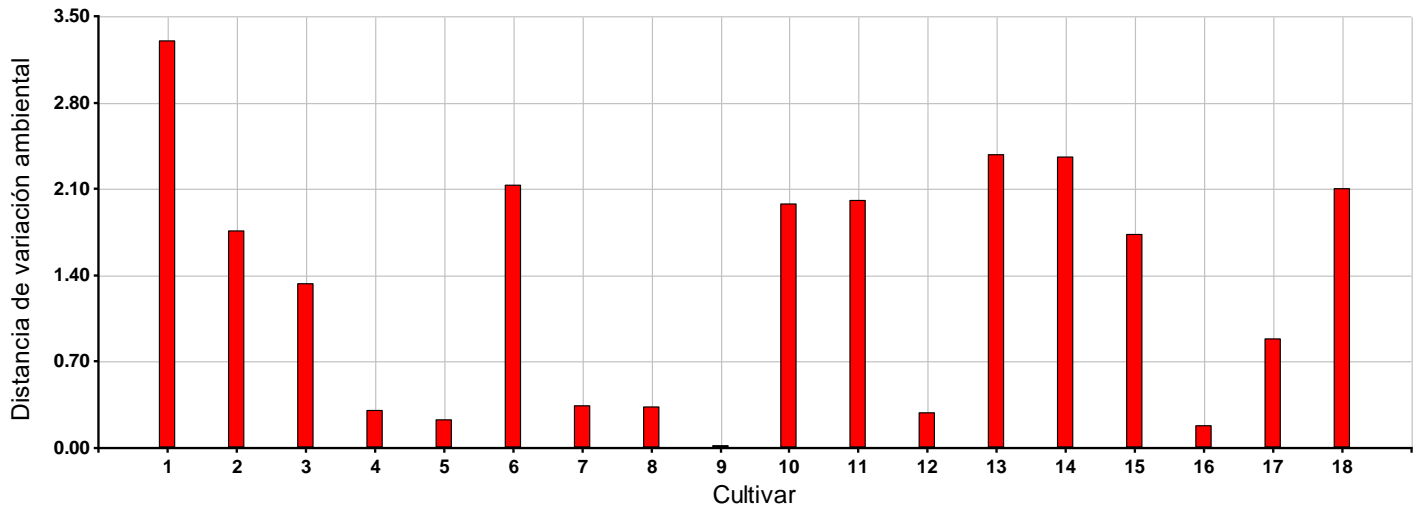


Figura 2: Diferencias de la distancia entre los índices de estabilidad multiambiental y la línea media Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala 2019

### 6.3. Análisis de incidencia de Marchitez

El principal problema de producción de chile cahabonero es la reducción de rendimiento y mortandad excesiva de plantas por la enfermedad denominada “Marchitez del chile cahabonero” la cual se asemeja a los daños causados por *Fusarium sp.* Esta provoca una muerte descendente sintomatología a la que Clavijo Castro (2014) agrega la desintegración de sistema vascular para posterior colapso vegetal, dicha sintomatología se presenta cuando el periodo de lluvias se establece regularmente.

Actualmente no se cuenta con información local sobre la determinación del agente causal; con el fin de caracterizar cultivares regionales que presenten características deseables como mayor producción o tolerancia a enfermedades, se tomaron datos de incidencia de la enfermedad por medio de la mortandad de plantas mensualmente durante todo el ciclo de cultivo, debido que no todas las localidades fueron establecidas en el mismo periodo de siembra se procedió a estandarizar en el tiempo para poder analizar los datos obtenidos, con lo cual se determinó una función de distribución de la incidencia en el tiempo y se procedió a calcular el área

bajo dicha curva limitada por el día 0 hipotético y 210 días como finalización del proceso productivo.

Se realizó un análisis de varianza con modelos lineales generales y mixtos con un 95% de confiabilidad, en donde se tomaron como factor fijo el cultivar así como factores aleatorios el bloque anidado a la localidad de estudio y como variable de análisis el área bajo la curva creada por la función de distribución de la incidencia en el tiempo (Días), requiriendo una corrección de heterocedasticidad para las variables bloque y localidad así como la consideración de una correlación espacial en base a la localidad, se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre los cultivares evaluados por lo que ningún cultivar presenta mayor tolerancia a la incidencia de la enfermedad, siendo la localidad de Caserío Nuevo Agua Caliente la más afectada y la localidad Belén la menos afectada ya que al final del periodo productivo la mortandad de las parcelas no fue total, de igual manera (Velazquez Valle, Medina Aguilar, & Macías Valdez, 2003) no encontraron resistencia de cultivares a *Fusarium sp.* Por lo que se considera una enfermedad de alto riesgo a la producción del chile cahabonero, se realizó un análisis de la interacción colecta-ambiente con el fin de determinar el efecto aditivo de cada localidad en la incidencia de la marchitez del chile cahabonero, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en la que se encontró que si existe diferencia significativa en la localidad evaluada nuevo agua caliente y chimulian.

#### 6.4. Caracterización agromorfológica

Todas las variables evaluadas (Cuadro 3) presentaron amplia variación, a excepción del tipo de margen de la hoja, pubescencia, forma en unión del pedicelo y cuello en la base del fruto y su apéndice.

Variables heterogéneas como frutos cortos y largos, anchos y angostos, resultados similares fueron determinados por Castañon-Najera et al (2010) para características del género *Capsicum* determinaron que las variables Altura de planta, Ápice y forma de fruto, sin embargo, las variables que mostraron coeficientes de variación

elevados correspondientes al ancho y largo de hoja madura con 91.14% y 32.41% respectivamente, así como la base del ápice del fruto con 34.3% representan variables fenotípicas influenciadas por cuestiones ambientales al igual que lo reportado por Zewdie & Bosland (2000) por factores de expresión génica local en chile habanero.

Medina, Lobo, & Farley Gomez (2006) para chile habanero, la variabilidad morfológica observada en los cultivares de chile cahabonero se debe a que los mismos provienen de agricultores de localidades dispersas por la topografía local, proceso que aumenta ya que los cultivares del género *Capsicum* han sido seleccionados por los agricultores con base a características hortícolas o agronómicas como: pungencia, tamaño y color del fruto en estado maduro, no con base a su coloración en estado inmaduro por lo que no hay un fenotipo bien definido representativo del chile cahabonero (Votava & Bosland, 2005).

**Cuadro 5: Caracterización morfológica (IPGRI, AVRDC & CATIE, 1995) de cultivares de chile cahabonero; Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**

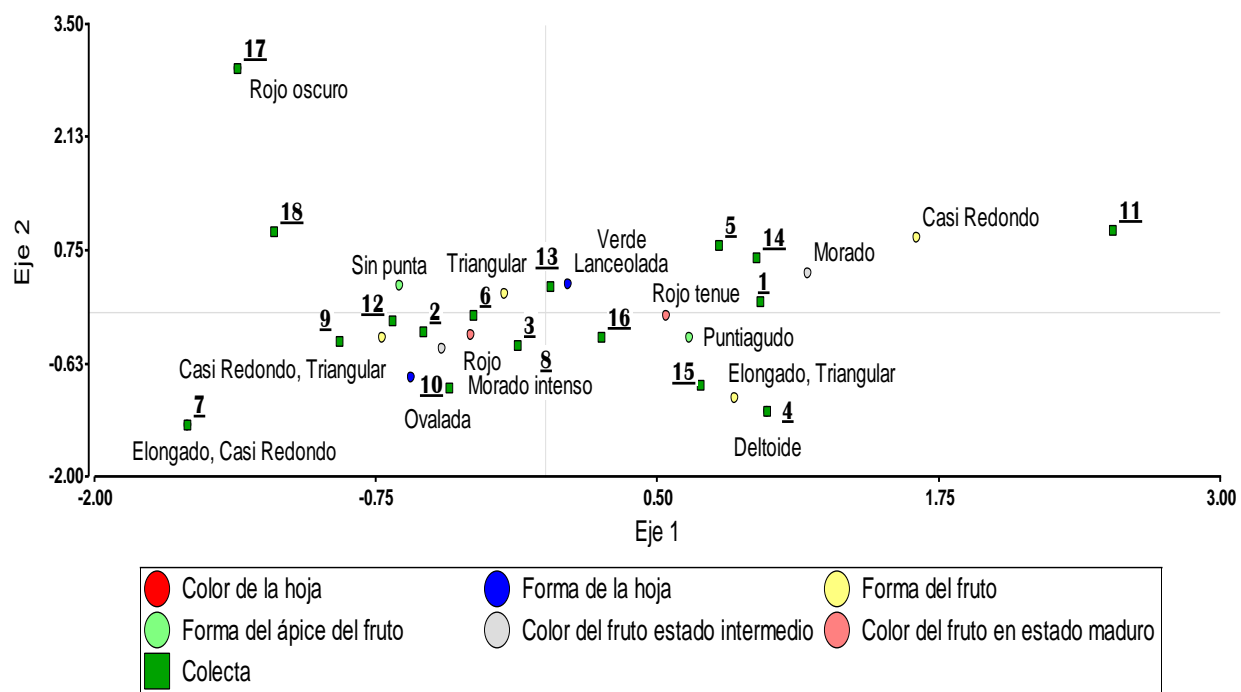
Variable	Media	s	$\sigma$	Valor		% C V
				Mín	Máx	
Ancho de la hoja madura	3.09	2.82	7.94	1.25	10.25	91.14
Longitud de la hoja madura	5.84	1.89	3.59	3.25	10.25	32.41
Altura de la planta	72.06	10.02	100.4	53.3	88.7	13.9
Días a floración	57.78	10.03	100.65	50	70	17.36
Forma del ápice del fruto	1.5	0.51	0.26	1	2	34.3
Ancho del fruto	0.92	0.17	0.03	0.8	1.4	18.43
Largo del fruto	1.65	0.33	0.11	1.2	2.5	19.97
Peso 10 frutos secos	2.55	0.45	0.2	1.7	3.4	17.65
Variable	Moda					

Color de la hoja	Verde
Forma de la hoja	Lanceolada
Tipo de margen	Entero
Pubescencia de la hoja	Esparcido
Forma del fruto	Triangular
Forma en unión al pedicelo	Truncado
Cuello en la base del fruto	Ausente
Apéndice en el fruto	Ausente
Color del fruto en estado intermedio	Púrpura
Color del fruto en estado maduro	Rojo

---

Con base en el análisis de correspondencias múltiples fue posible agrupar los 18 cultivares evaluados en cuatro grandes grupos morfológicos tomando en cuenta el primer eje en su primer cuadrante determina que: las colectas 9,12,2,6,3,8,10,18,17 y 7 presentan una forma de fruto casi redondo sin punta así como una coloración roja a rojo oscuro en su estadio maduro y morado intenso en su estadio inmaduro; el segundo cuadrante las colectas 13,16,15,4,1,5,14 y 11 se caracterizan por presentar una coloración de fruto rojiza más leve y punta así como una forma triangular a alargada; al igual que lo reportado por (Latournerie, y otros, 2002).

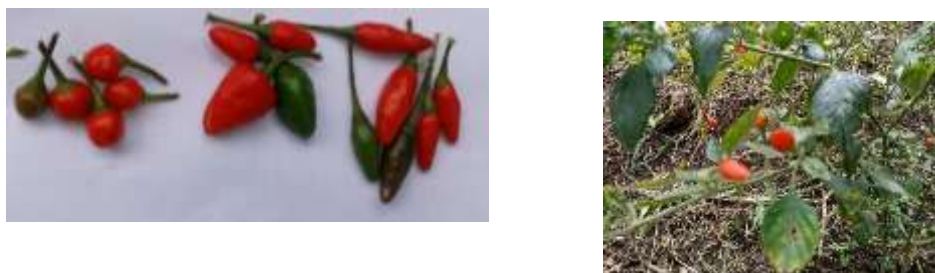
**Caracterización morfológica de colectas de chile cahabonero**



**Figura 3: Biplot de características de 18 cultivares de chile cahabonero, Santa María Cahabón. Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 4: Caracterización morfológica foliar según xxx de IPGRI para chiles. Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 5: Características de fruto de chile cahabonero con base a clave de caracterización IPGRI, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019**

## **7. Conclusiones**

Las colectas identificadas como 4, 5, 8, 9, 12 y 16, son las más estables para las localidades evaluadas.

Las localidades Chimulian y Caserío Nuevo Agua Caliente presentaron menor incidencia de marchitez de chile cahabonero y ningún cultivar fue calificado como tolerancia a la enfermedad *Fusarium* sp.

La morfología foliar y de fruto determinó amplia heterogeneidad en forma y tamaño, desde alargado a redondo, dentro de cultivares del mismo agricultor.

Se identificaron cuatro grupos de cultivares, de las cuales las colectas 18 y 2, debido a la presencia de fruto color rojo intenso y forma triangular, son las mejor calificadas.



## 8. Recomendaciones

Determinar la aceptabilidad del agricultor a las características de los cultivares con mayor rendimiento y estabilidad ambiental.

Con los resultados encontrados, se recomienda validar las colectas 8 y 18 en otras localidades de Santa María Cahabon.

Se recomienda realizar selección de semilla dentro de las colectas, con el fin de potencializar las características de cada una de ellas con fines de comercialización.

## 9. Referencias bibliográficas

Anilkumar, C., Mohan Rao, S., Ramesh, B., Bhavani, N., Mangalagowri, & Ashwini, M. (2018). Yield Stability of Chilli (*Capsicum annum* L.) Hybrids Differing for Fruiting Habit Traits. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(9), 1664-1674. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.201>

Castañon-Najera, G., Latournerie-Moreno, L., Leshner-Gordillo, J., de la Cruz-Lázaro, E., & Mendoza-Elos, M. (2010). MORFOLOGICAMENTE, IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES PARA CARACTERIZAR. *Universidad y ciencia; Tropico humedo*, 10.

Clavijo Castro, S. D. (2014). *Búsqueda de resistencia a la pudrición causada por Fusarium spp. en Capsicum*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional De Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Coordinación General de Postgrados.

Eshbaugh, W. (1970). *A biosystematic and evolutionary study of Capsicum baccatum (solanaceae)*. (Vol. 22). Britonia.

FAO. (2009). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

- FARHAD, M., HASANUZZAMAN, M., BISWAS, B., AZAD, A., & ARIFUZZAMAN, M. (2008). RELIABILITY OF YIELD CONTRIBUTING CHARACTERS FOR IMPROVING YIELD POTENTIAL IN CHILLI (*Capsicum annum*). *Int. J. Sustainable Crop Production*, 3(3), 30-38.
- IICA CRIA, ICTA. (2017). *Multiplicación, conservación y caracterización de germoplasma de chile cahabonero*. Santa María Cahabon, Alta Verapaz.
- IPGRI, AVRDC & CATIE. (1995). *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)*. Turrialba, Costa Rica: 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.
- Latournerie, L., Chávez, J., Pérez, M., Castañón, G., Rodríguez, S., Arias, L., & Ramirez, P. (2002). Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(1), 25-33.
- Long, J. S. (1986). *Capsicum y cultura: la historia de chile*. México: Fondo de cultura económica.
- Majjiga, S., Amit Baran, S., Swadesh, B., Praveen Kumar, M., Tridip, B., & Arup, C. (2019). Selecting Parental Lines among Genotypes of *Capsicum annum* for Hybridization Aiming at Dry Fruit Yield Improvement. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(5), 1881-1899. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.805.219>
- Medina, C. I., Lobo, M., & Farley Gomez, A. (2006). Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 25-39.
- Muhammad Rafiq, C., Muhammad Tariq, M., Mushtaq, a., Muhammad, S., Muhammad, S., Irfan, R., . . . Muhammad Naeem, Z. (2019). Screening of Chickpea Genotypes for Yield Stability Across Environments. *Science, Technology and Development*, 38(1), 13-18.

- Velazquez Valle, R., Medina Aguilar, M. M., & Macías Valdez, L. (2003). Reacción de líneas avanzadas de chile (*capsicum annum* L.) provenientes de Zacatecas a enfermedades comunes en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(1), 71-74.
- Votava, E., & Bosland, P. (2005). Genetic diversity of chile (*Capsicum annum* var *annuum* L.) landraces from Northern New Mexico, Colorado and Mexico. *Economic Botany*, 59, 8-17.
- Yaghotipoor, A., & Farshadfar, E. (2007). Non-Parametric Estimation and component analysis of phenotypic Stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan journal of Biological Sciences*, 10(16), 2646-2652.
- Zewdie, Y., & Bosland, P. (2000). Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annum* L. *Euphytica*, 111(3), 185-190. doi:A:1003837314929
- Zsuzsanna , B., & Zsolt , H. (2019). A YIELD STABILITY INDEX AND ITS APPLICATION FOR CROP PRODUCTION. *Analecta Technica Szegedinensia*, 13(1), 11. doi:10.14232/analecta.2019.1.11-20

## 10. Anexos

**Cuadro 6: Resultado del análisis de varianza por modelos lineales generales y mixtos para la variable Rendimiento de fruto seco, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala 2019**

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
182	2436.69	2554.48	-1180.34	536.54	0.55	0.89	0.89

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	154	36.90	<0.0001
Cultivar	17	154	37.00	<0.0001

### Parámetros de los efectos aleatorios

*Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent Formula: ~1|Localidad*

*Desvíos estándares y correlaciones*

          (const)

(const)          637.66

*Modelo de covarianzas de los efectos aleatorios: pdIdent*

*Formula: ~1|Bloque Dentro Localidad*

*Desvíos estándares y correlaciones*

          (const)

(const)          0.01

**Cuadro 7: Prueba de medias DCG (0.05) para el rendimiento de fruto chile cahabonero, Santa María Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala 2019**

**Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=359.7407**

Error: 36263.8364 gl: 113

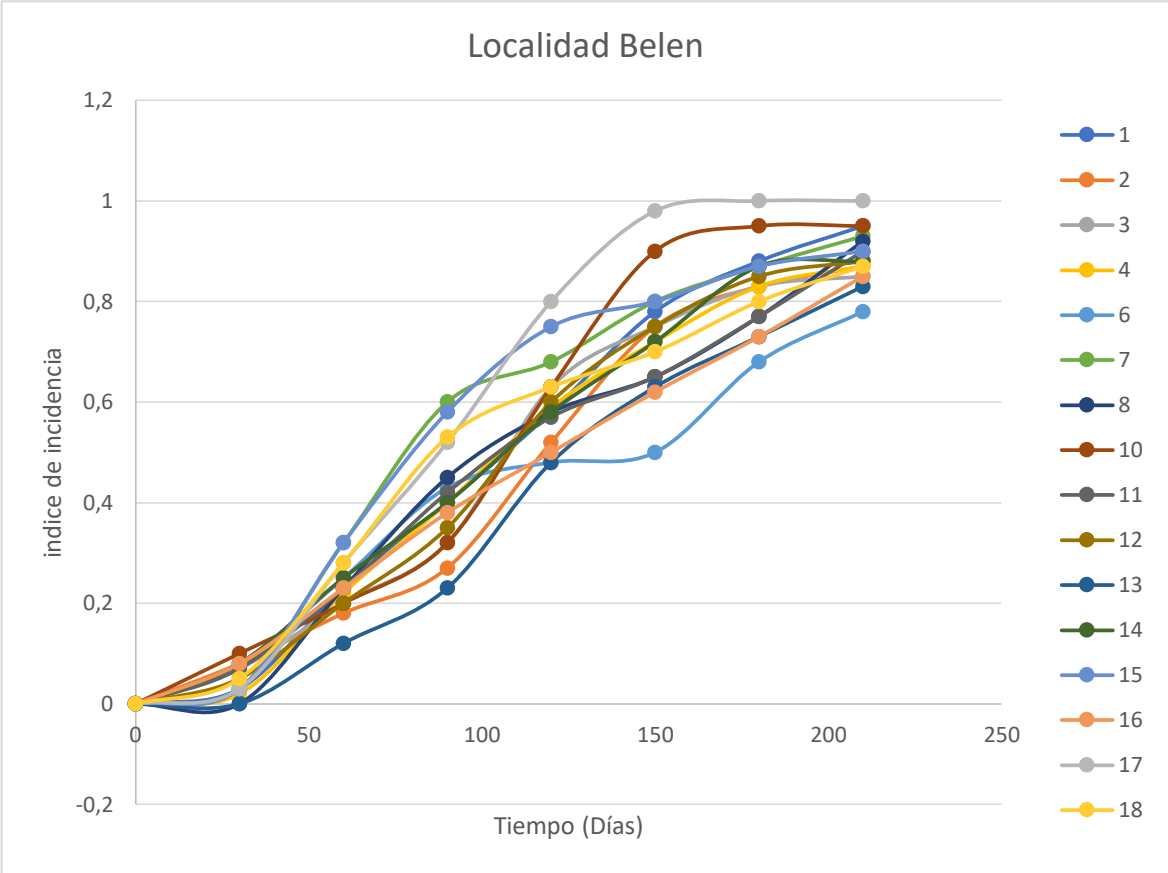
<i>Colecta</i>	<i>Localidad</i>	<i>Media</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	<i>Grupo</i>
18	<i>Belen</i>	3804.33	3	111.24	A
14	<i>Belen</i>	3704.41	3	109.45	A
18	<i>Chajual</i>	3657.08	3	109.45	A
15	<i>Belen</i>	3315.09	3	109.45	B
13	<i>Belen</i>	2989	3	109.43	C
8	<i>Belen</i>	2967.17	3	109.45	C
14	<i>Chajual</i>	2930.87	3	109.46	C
7	<i>Belen</i>	2848.24	3	109.44	C
17	<i>Belen</i>	2835.26	3	109.46	C
15	<i>Chajual</i>	2788.14	3	109.46	C
12	<i>Belen</i>	2761.74	3	109.43	C
13	<i>Chajual</i>	2678.43	3	109.46	C
8	<i>Chajual</i>	2676.44	3	109.47	C
4	<i>Belen</i>	2638.02	3	109.45	C
3	<i>Belen</i>	2604.56	3	109.49	C
16	<i>Belen</i>	2550.75	3	109.46	C
17	<i>Chajual</i>	2525.94	3	109.46	C
18	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	2490.73	3	109.38	C
4	<i>Chajual</i>	2470.6	3	109.46	C
3	<i>Chajual</i>	2291.28	3	109.46	D
12	<i>Chajual</i>	2234.89	3	109.46	D
8	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	2232.1	3	109.47	D

7	<i>Chajual</i>	2181.27	3	109.46	D
16	<i>Chajual</i>	2126.36	3	109.46	D
14	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	2025.82	3	109.46	E
18	<i>Chimulian</i>	1938.9	2	134.32	E
15	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1922.73	3	109.46	E
12	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1811.12	2	134.06	E
17	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1745.63	3	109.45	E
11	<i>Belen</i>	1683.99	3	109.44	E
4	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1669.49	3	109.47	E
10	<i>Belen</i>	1650.06	3	109.46	E
7	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1567.75	3	109.48	F
16	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1517.99	3	109.45	F
8	<i>Chimulian</i>	1510.5	2	134.06	F
2	<i>Belen</i>	1452.86	3	109.47	F
13	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1449.15	3	109.43	F
4	<i>Chimulian</i>	1429.99	2	134.05	F
10	<i>Chajual</i>	1421.14	3	109.46	F
12	<i>Chimulian</i>	1373.33	2	134.05	F
2	<i>Chajual</i>	1366.7	3	109.46	F
14	<i>Chimulian</i>	1361.19	2	134.07	F
3	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1353.24	3	109.47	F
7	<i>Chimulian</i>	1328.08	2	134.06	F
11	<i>Chajual</i>	1318.5	3	109.46	F
9	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1318.45	3	109.46	F
15	<i>Chimulian</i>	1296.48	2	134.07	F
10	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1219.65	3	109.49	F
16	<i>Chimulian</i>	1209.89	2	134.06	F
11	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1186.04	3	109.46	F
17	<i>Chimulian</i>	1178.69	2	134.06	F
13	<i>Chimulian</i>	1129.75	2	134.05	F
2	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1063.98	3	109.45	F

6	<i>Belen</i>	1026.99	3	109.45	F
5	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	1024.1	3	108.87	F
10	<i>Chimulian</i>	1015.46	2	134.06	F
9	<i>Chimulian</i>	990.47	2	134.06	F
3	<i>Chimulian</i>	939.89	2	134.06	F
11	<i>Chimulian</i>	937.92	2	134.05	F
6	<i>Chajual</i>	795.53	3	109.46	G
2	<i>Chimulian</i>	786.37	2	134.06	H
6	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	695.65	1	189.61	H
5	<i>Chimulian</i>	681.33	2	134.77	H
1	<i>Chajual</i>	666.19	3	109.46	H
1	<i>Belen</i>	620.46	3	109.45	H
1	<i>Nuevo Agua Ca.</i>	608.95	2	134.04	H
6	<i>Chimulian</i>	588.25	2	134.06	H
1	<i>Chimulian</i>	430.1	2	134.05	H

---

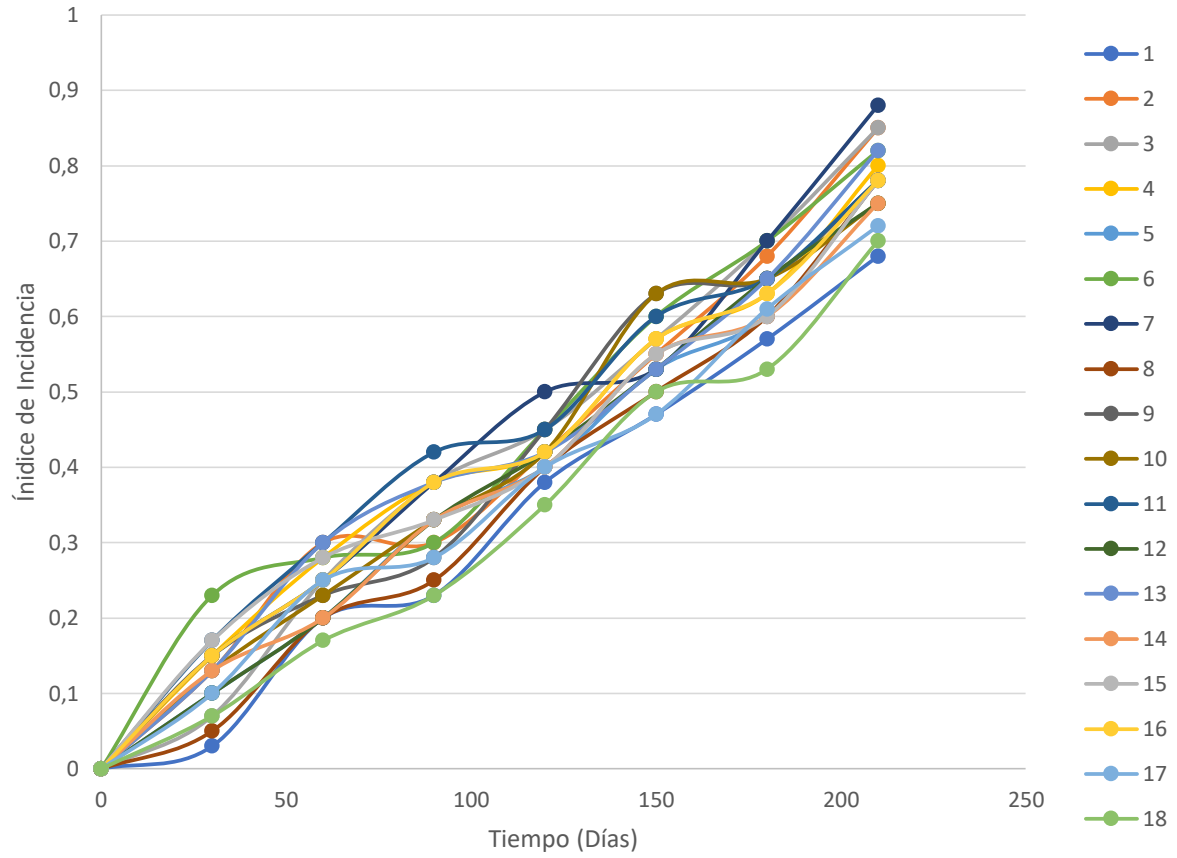
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

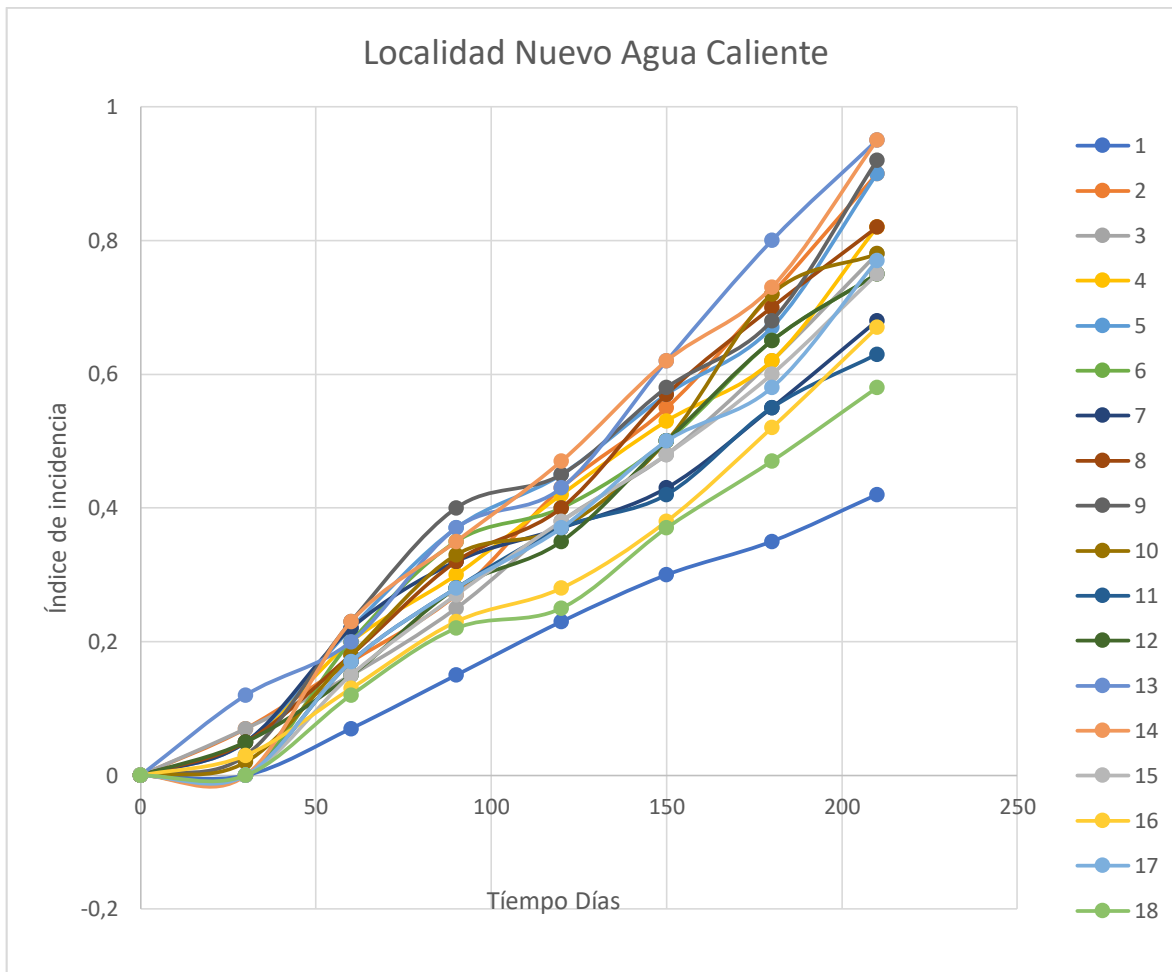


A)



### Localidad Chimulian





**Figura 6: Distribución de la incidencia de la marchitez del chile cahabonero: A) Belen, B) Chajual, C) Chimulian, D) Caserio Nuevo Agua Caliente**



**Figura 7: Preparación del terreno para el sitio experimental en localidad Chajual, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 8: Desarrollos de plantas de chile cahabonero en pilones para establecimiento de ensayos de rendimiento y caracterización morfológica. Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 9: Identificación de experimentos en las localidades de Belén y Caserío Nuevo Agua Caliente, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 10: Registro de datos por mortandad de plantas causadas por *Fusarium* sp., en la localidades Belén y Chimulian, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**

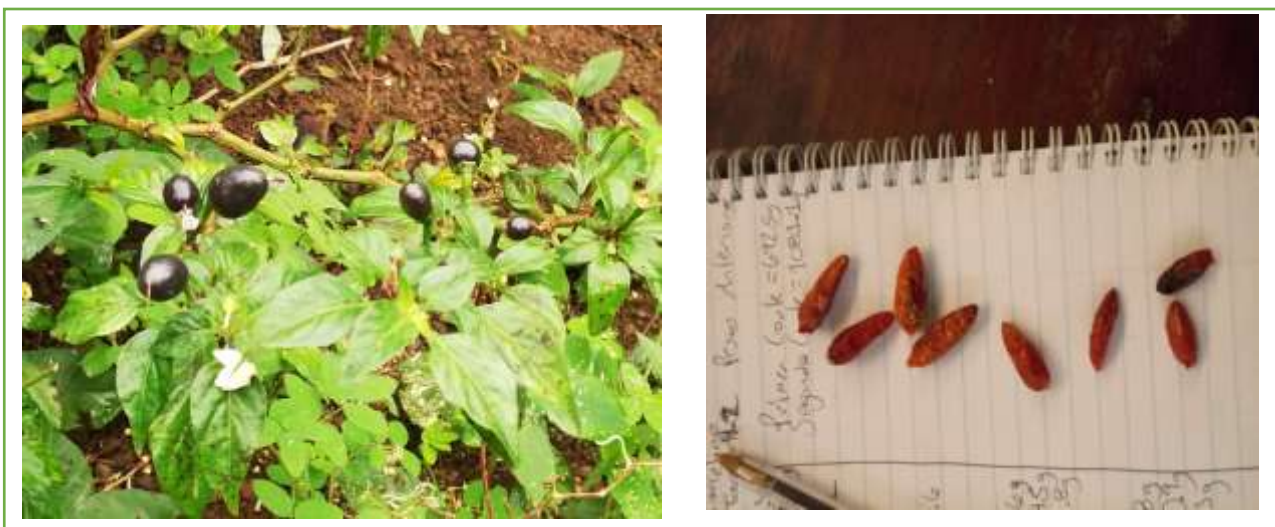




**Figura 12: Desarrollo vegetativo de plantas de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 11: Determinación del rendimiento de fruto seco de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**



**Figura 13: Caracterización de frutos de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabon, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**

**Cuadro 8: Caracterización foliar de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**

<b>No</b>	<b>Color de la hoja</b>	<b>Forma de la hoja</b>	<b>Tipo de margen</b>	<b>Pubescencia de la hoja</b>	<b>Ancho de la hoja madura</b>	<b>Longitud de la hoja madura</b>	<b>Altura de la planta</b>
1	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	8.15	8.05	55.0
2	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.75	3.25	61.7
3	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.5	5.25	74.0
4	Verde	Deltoide	Entero	Dispersa	2	5.75	70.7
5	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.5	4.25	77.3
6	Verde	Ovalada	Entero	Dispersa	8.9	8.9	60.0
7	Verde	Ovalada	Entero	Dispersa	2.6	8.5	83.0
8	Verde	Ovalada	Entero	Dispersa	1.25	4.25	66.7
9	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.75	5	70.0
10	Verde	Ovalada	Entero	Dispersa	1.25	4.5	72.7
11	Verde claro	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.5	3.75	88.7
12	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	2.25	5	76.3
13	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	2.5	5.75	80.3
14	Verde claro	Lanceolada	Entero	Dispersa	2.25	5.5	53.3
15	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	1.75	5.25	72.0
16	Verde	Lanceolada	Entero	Dispersa	2.25	6	69.0
17	Verde obscuro	Lanceolada	Entero	Dispersa	2.25	6	81.7
18	Verde obscuro	Lanceolada	Entero	Dispersa	10.25	10.25	84.7

**Cuadro 9: Caracterización de fruto de cultivares de chile cahabonero, Santa María, Cahabón, Alta Verapaz, Guatemala, 2019.**

No	Forma del fruto	Forma en unión al pedicelo	Cuello en la base del fruto	Forma del ápice del fruto	Apéndice en el fruto	Color del fruto estado intermedio	Color del fruto en estado maduro	Ancho del fruto	Largo del fruto	Peso 10 frutos secos
1	Triangular Casi	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado	Rojo tenue	1.3	2.5	2.4
2	Redondo, Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado intenso	Rojo tenue	0.8	1.2	1.7
3	Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.8	1.6	2.7
4	Elongado, Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Verde	Rojo	0.9	1.4	3
5	Casi Redondo	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Verde	Rojo tenue	1.0	1.3	2.2
6	Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Verde	Rojo tenue	1.4	1.7	3.4
7	Elongado, Casi Redondo	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.8	1.5	2.9
8	Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado intenso	Rojo tenue	0.9	2.3	2.1
9	Casi Redondo, Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.9	1.7	2
10	Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.9	1.8	2.9

**Continuación cuadro 9...**

Fuente: elaboración propia



<b>11</b>	Casi Redondo	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado	Rojo tenue	0.8	1.8	2.7
<b>12</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.9	1.5	2.4
<b>13</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado	Rojo	0.8	1.4	2.9
<b>14</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Verde	Rojo	1.0	1.6	2.3
<b>15</b>	Elongado, Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado intenso	Rojo tenue	0.8	1.9	2.1
<b>16</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Puntiagudo	Ausente	Morado intenso	Rojo tenue	0.9	1.5	2.6
<b>17</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Verde	Rojo oscuro	0.8	1.4	2.4
<b>18</b>	Triangular	Truncada	Ausente	Sin punta	Ausente	Morado intenso	Rojo	0.9	1.6	3.2



*Programa Consorcios de Investigación Agropecuaria*

