

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de Seis Ecotipos de Chile Piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*)
Cultivados Bajo Diferentes Ambientes

Por:

HUGO ENRIQUE GUTIÉRREZ ALDAVALDE

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de Seis Ecotipos de Chile Piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*)
Cultivados Bajo Diferentes Ambientes

Por:

HUGO ENRIQUE GUTIÉRREZ ALDAVALDE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

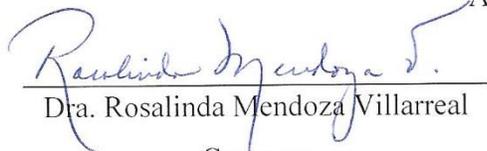
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



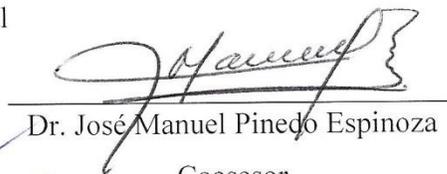
Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez

Asesor Principal



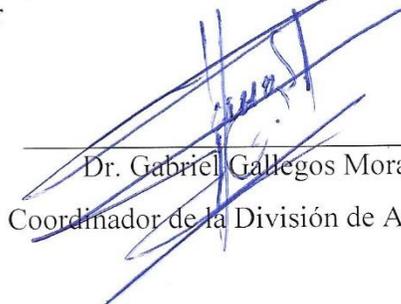
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesor



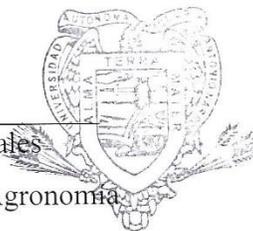
Dr. José Manuel Pinedo Espinoza

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Mater”:

Porque en tus senderos aprendí a ser mejor persona, porque en tu interior logré formarme profesionalmente y a creer que los sueños no son imposibles.

Con agradecimiento a los cuerpos académicos que integran la **Red (Cuerpo Académico de Botánica, UANL, Agricultura Alternativa, UAZ y Producción Hortícola Sustentable, UAAAN) para el Aprovechamiento Sustentable de especies Forestales no Maderables en el Noreste de México**. Por permitirme participar en el proyecto **Caracterización Ecofisiológica y Desarrollo de Sistemas Innovadores para la Producción de Chile Piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare* sin. *glabriusculum*)**, y en especial a la SEP a través del PRODEP por aprobar el recurso para dicho proyecto.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villareal, Dr. Valentín Robledo Torres y Dr. José Manuel Pinedo Espinoza: por su apoyo en la realización de este trabajo.

Dr. Miguel Ángel Pérez Rodríguez:

Por su gran paciencia y tolerancia, porque no fue nada fácil, gracias por el valioso apoyo y por brindar un poco de su conocimiento y aportaciones en la realización del presente trabajo.

A todos mis Maestros:

Por ser parte primordial en mi formación, gracias por brindarme además de sus valiosos conocimientos, su amistad, cariño, confianza y comprensión, pero sobre todo por su paciencia y grata labor.

A todos mis compañeros:

Por ser parte fundamental en el trayecto, compañeros, amigos, hermanos, que vivimos juntamente este sueño y que muchos lo vemos logrado, ¡Gracias!, por las tardes de estudio y compañía, por las noches en vela, y sobre todo por compartir un poco de su ser.

A los Maestros

Con respeto y admiración dedico unas líneas por el tiempo y conocimientos brindados en los cursos impartidos durante la carrera.

A Mis Compañeros y Amigos

Barbie, Guadalupe, Fátima, Blanca, Atalía, Fernando, Julio, Rodrigo y Edgar

Que sin su compañía y ayuda no hubiera logrado muchas de mis metas.

A Mi "Alma Mater"

Por permitirme prepararme como profesionalista y todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

El chile piquín *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, como recurso fitogenético principalmente silvestre, distribuido desde el sur de Los Estados Unidos de Norte America, México, América Central, Colombia y hasta las regiones bajas de Perú, ha captado la atención de investigadores por la inadecuada forma de explotación, ya que no asegura la disponibilidad futura de este recurso. La demanda de chile piquín ha requerido una mejor técnica de recolección y propagación, para lo cual se ha implementado nuevas tecnologías, entre ellas, el uso de malla sombra con propiedades fotométricas especiales para mejorar el aprovechamiento de la radiación solar. En este trabajo, se evaluó el uso de mallas sombras de color (roja, azul, blanca y negra) en la productividad de seis ecotipos de chile piquín provenientes de los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas. Entre las variables evaluadas se encontraron diferencias significativas (0.01) en cuanto al ambiente del cultivo, el ecotipo mismo y la interacción ecotipo-ambiente. El ecotipo RTZ ha dado mejores resultados en las variables de altura, diámetro basal del tallo (180 días), días a floración, número de semillas y diámetro de fruto en condiciones de malla azul; mejor valor en número de flores (120 días) y número de Frutos (180 días) en condiciones de malla blanca, sin embargo, llama la atención que está adaptado de modo natural a una altitud comparable a la del lugar donde se llevó a cabo el experimento. El ecotipo RTZ es el mejor con su desempeño de 7 variables sobre 8, y el cultivo de chile piquín en malla blanca con su desempeño de 7 variables sobre 8. Cabe destacar que los peores resultados se obtuvieron en condiciones de campo abierto, siendo estos los ecotipos SAC y SNL los que presentaron menor producción y desarrollo en los tres ambientes.

ABSTRACT

Capsicum annuum var. *glabriusculum* (chile piquin), is a wild plant considered an important genetic resource, is distributed from the southern United States of North America, to the lower regions of Peru, through Mexico and central America. The chile piquin has draw the attention due to the inadequate form of exploitation, which currently does not warranty the future availability of this resource. The current market of chile piquin calls for better techniques of harvesting and propagation, color shade meshing has been proposed to improve the chile piquin culture, due to the special photometric properties to improve the use of solar radiation. Here, the use of color's mesh (red, blue, white and black) was evaluated in the productivity of six piquin chilli ecotype. Among the development and production of piquin chili ecotypes, significant differences (0.01) were found in all variables studied in terms of the culture environment, the ecotype itself and the ecotype-environment interaction. The RTZ ecotype showed better results in the variables of height, basal diameter of the stem (180 days), days at flowering, number of seeds and diameter of fruit in conditions of blue mesh; Best value in number of flowers (120 days) and number of fruits (180 days) in conditions of white mesh. However, it is important to mention that it is naturally adapted to a height comparable to that of the place where the experiment was carried out. The RTZ ecotype is the best with its performance of 7 variables over 8, and the cultivation of piquin chilli in white mesh with its performance of 7 variables over 8. It should be noted that the worst results were obtained in open field conditions, these being the ecotypes SAC and SNL that presented lower production and development in the three environments.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Particulares	7
HIPÓTESIS	7
I REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
1.1 Origen del genero Capsicum.....	8
1.2 Clasificación Taxonómica	9
1.3 Aspectos Morfológicos de la Planta	10
1.3.1 Hoja	10
1.3.2 Flor	11
1.3.3 Fruto	11
1.3.4 Raíz.....	12
1.4 Fenología del chile piquín.....	13
1.5 Efecto de los colores de malla sombra en la fenología de los cultivos.....	14
1.6 Producción y usos del chile piquín en México	16
1.7 Problemática actual en la producción de chile piquín	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1 Localización del área de trabajo	20
2.2 Material biológico.....	20
2.3 Ambientes de cultivo	21
2.4 Manejo del cultivo	22
2.4.1 Manejo de la semilla	22
2.4.2 Condiciones de siembra	22

2.4.3 Fertilización.....	23
2.5 Determinación de las variables	24
2.5.1 Altura de la planta (ALT180).....	24
2.5.2 Diámetro basal del tallo (GBT180).....	25
2.5.3 Días a Floración (DAF).....	25
2.5.4 Número de flores (NF80)	25
2.5.5 Número de Frutos (NF120)	25
2.5.6 Peso de fruto (PF).....	25
2.5.8 Número de semillas (NS)	27
2.6 Análisis estadístico	27
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1 Análisis de la varianza de dos vías	28
3.2 Análisis de correlación.....	31
3.3 Análisis de agrupamiento.....	33
3.4 Análisis gráfico de las interrelaciones entre atributos	35
IV CONCLUSIONES	38
V BIBLIOGRAFÍA	39
V APÉNDICE	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación general por jerarquías taxonómicas para Capsicum.	12
Cuadro 2. Preparación de la solución nutritiva en base a la solución nutritiva Steiner.....	23
Cuadro 3. Grupos Tukey basados en comparación de medias (95% de nivel de confianza).	31
Cuadro 4. Coeficientes de correlación Pearson de las variables analizadas.....	32
Cuadro 5. Proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes en el análisis de las variables.....	34
Cuadro 6. Medias de cada variable por cada ambiente por cada ecotipo, y **/**/* es el grado de significancia en las diferencias entre: ambiente/ecotipos/interacción ambiente- ecotipos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de América con los sitios de origen y domesticación del género Capsicum, (Martínez-Torres, 2007).	8
Figura 2. Capsicum annum var. glabriusculum.....	10
Figura 3. Hoja (a) y Flor (b) de Capsicum annum var. Glabriusculum.....	11
Figura 4. Fruto de Capsicum annum var. glabriusculum, variación de colores en etapas de maduración.	12
Figura 5. Establecimiento del cultivo bajo malla sombra color negro, azul, blanco y rojo.	22
Figura 6. Medición de altura en cm de planta de Capsicum annum var. glabriusculum....	24
Figura 7. Medición del diámetro basal del tallo de Capsicum annum var. glabriusculum.	24
Figura 8. Medición de peso en Capsicum annum var. glabriusculum.....	26
Figura 9. Medición del diámetro del fruto.....	26
Figura 10. Conteo del número de semillas.	27
Figura 11. Diagrama de dispersión en base a los dos primeros componentes principales 1 y 2.	35
Figura 12. Diagrama de las interrelaciones entre las variables analizadas en base a los dos primeros componentes principales.	37

INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile (*Capsicum spp.*) es importante en la historia, tradición y cultura de México, además es un producto agrícola con alta demanda mundial, pero se ha estudiado poco (Pérez-Castañeda *et al.*, 2008). El género *Capsicum* está conformado por alrededor de 30 especies distribuidas desde el sur de Los Estados Unidos de Norte America, hasta el norte de Argentina, de las cuales solo cuatro o cinco son las especies que se han domesticado en México: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz Pav (Hernández-Verdugo *et al.*, 2012; Ibiza *et al.*, 2012; Pérez-Castañeda *et al.*, 2015). Las plantas de chile silvestre (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, Heiser y Pickersgill), conocidas comúnmente como chile piquín, son perennes y herbáceas; de flores blancas, solitarias, raramente de dos a tres pares. Pedúnculo largo y delgado, cáliz truncado; corola blanca raramente verdosa; anteras de color violeta a azul, filamentos cortos y frutos pequeños, globosos u ovoides, erectos y deciduos (Hernández-Verdugo *et al.*, 2012).

La explotación comercial del chile piquín no ha sido del todo exitosa, principalmente presenta una limitante, la germinación de la semilla, aparentemente en poblaciones silvestres el fruto es ingerido por las aves favoreciendo la escarificación de la semilla al pasar por el tracto digestivo (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011), además se presenta una segunda limitante, la forma de extracción que no asegura la disponibilidad futura de este recurso (Martínez-Torres, 2007).

Como respuesta a la necesidad de dar solución a estos inconvenientes, se ha realizado investigación para lograr el mayor porcentaje de germinación y lograr así una producción en espacios cerrados, además se ven nuevas técnicas para mejorar la calidad organoléptica de los frutos, que sean accesibles para los productores. El uso de la malla sombra es una

estrategia utilizada para proteger a las plantas de la radiación solar directa, reducir la temperatura y evitar la quemadura por sol. En la última década han surgido en el mercado mallas de colores que debido a sus propiedades fotométricas mejoran el aprovechamiento de la radiación solar en los cultivos protegidos (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015a).

El objetivo de este trabajo fue comparar la influencia de mallas sombra de colores negro, rojo, blanco y azul, sobre ocho variables relacionadas al crecimiento y el desarrollo de seis ecotipos provenientes de los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas, de chile piquín, con respecto la producción convencional, campo abierto e invernadero.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto del color de la malla sombra sobre el crecimiento y desarrollo del chile piquín.

Objetivos Particulares

Cuantificar las variables asociadas a crecimiento y desarrollo de cada uno de los ecotipos en cada una de las condiciones de cultivos.

Determinar la asociación entre las variables morfológicas y las condiciones de cultivo.

HIPÓTESIS

El color de la malla sombra influye en el crecimiento y desarrollo del chile piquín.

I REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Origen del genero *Capsicum*

El género *Capsicum* se considera originario de las regiones tropicales y subtropicales de América, región oeste del Amazonas entre Bolivia y norte de Argentina y el centro y sur de Brasil, (Figura 1). Desde hace 7,000 años ya se tenía conocimiento de esta planta por los indígenas nativos de la región y fue introducido a Europa a finales del siglo XV logrando así su propagación como cultivo comestible en países de Asia y África (León, 1968).

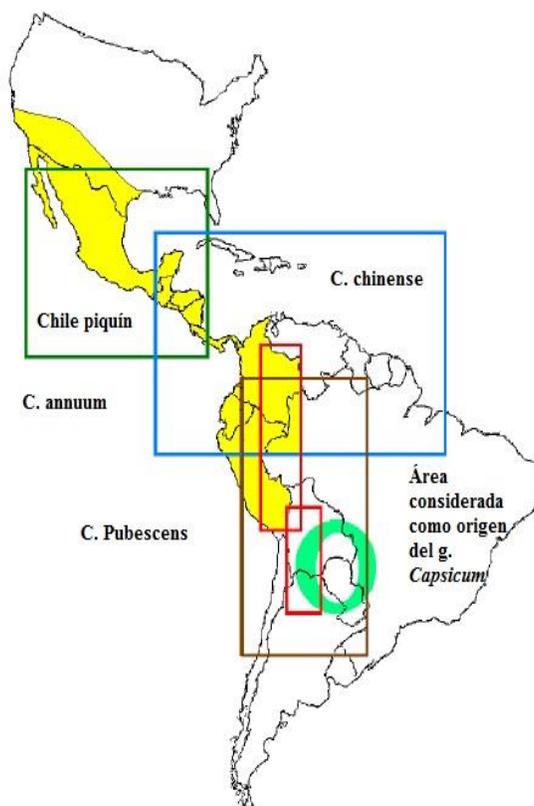


Figura 1. Mapa de América con los sitios de origen y domesticación del género *Capsicum*, (Martínez-Torres, 2007).

Según Hunziker citado por Castañón-Nájera (2008) el número exacto de especies silvestres comprometidas con el género ha sido y sigue siendo controversial, cuyo número varía de 20 a 33, de las cuales solo cuatro o cinco son las especies que se han domesticado en México: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* Ruiz Pav (Ibiza *et al.*, 2012; Pérez-Castañeda *et al.*, 2015).

Dada la gran distribución del género se le ha nombrado de diferente forma, principalmente ají y chile, el vocablo ají es de origen antillano extendido al sur de América por los españoles y el vocablo chile es de origen mexicano y es usado desde México hasta Costa Rica (Fonnegra and Jiménez, 2007).

El chile piquín, *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, se distribuye al sur de los Estados Unidos, en México, América Central, Colombia y hasta las regiones bajas de Perú. En México se encuentra ampliamente distribuida en la zona costera del país, de Sonora a Chiapas por el Pacífico y de Tamaulipas a Yucatán y Quintana Roo por el Atlántico (Murillo *et al.*, 2015; Ramírez-Meraz *et al.*, 2015). Martínez Torres (2007) menciona que el principal limitante es la altitud pues es raro encontrarlo por arriba de los 1000 msnm, sin embargo otros autores lo reportan de 0 a 1800 msnm (López y Castro, 2005).

1.2 Clasificación Taxonómica

El género *Capsicum* pertenece a la familia de las Solanaceas (Cuadro 1), siendo uno de los géneros más valiosos de esta familia, es de los cultivos hortícolas de mayor demanda e importancia económica a nivel mundial, incluye diferentes variantes de chiles que se reconocen fácilmente por su forma, color y tamaño (Castañón-Nájera *et al.*, 2011; Pérez-Castañeda *et al.*, 2015).

1.3 Aspectos Morfológicos de la Planta

El chile piquín es una planta herbácea, perenne o anual de 50 a hasta 60 cm de altura, un solo tallo ramoso, verde costillado, pubescente con pelos incurvados de 0.4 mm de largo y casi glabros (Figura 2).



Figura 2. *Capsicum annuum var. glabriusculum*.

1.3.1 Hoja

Las hojas son enteras, simples, pecioladas, de lanceoladas a aovadas, de 2.8 cm de ancho, esparcidamente pubescentes en ambas superficies a glabras, ápice agudo, la base cuneada y abruptamente acuminada en el peciolo hasta 7 cm de largo (Figura 3a). La base es obtusa, con márgenes enteros. La venación es tipo reticulada, imperfecta y abierta, presenta nervio medio, primario y secundario. Las hojas son glabras o escasamente pubescentes con tricomas multicelulares, de textura suave, ocasionalmente cerosa; presentes en arreglo alterno (Martínez-Torres, 2007).

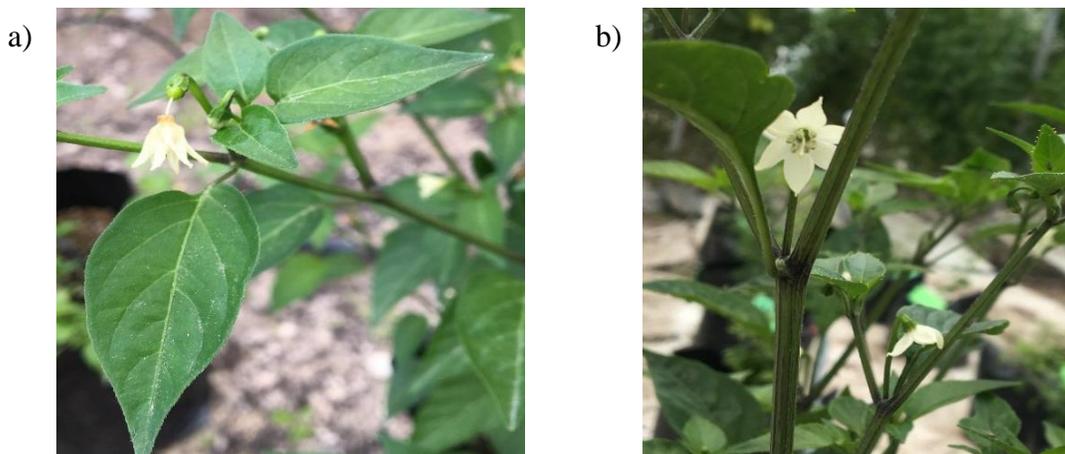


Figura 3. Hoja (a) y Flor (b) de *Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*.

1.3.2 Flor

Inflorescencia axilar hermafrodita, flor solitaria pendular, corola blanca, raramente verdosa, rotada, gamópela (Figura 3b), presenta 5 lóbulos pequeños, pequeña de 5 mm a 1.2 cm de diámetro, presentando tricomas en sus bordes; pedicelo erecto curvado en el ápice, rígido erecto, de 1 a 2 cm de largo, 0.5 mm de diámetro, dilatado en el ápice, esparcidamente pubescente; cáliz de 1mm de largo en anthesis, hasta de 2 mm en el fruto; filamentos de 1 a 1.5 mm de largo, glabros, anteras de color violeta a azul de 1 mm de largo y 0.5 mm de ancho con dehiscencia longitudinal formadas por dos tecas unidas por el conectivo y sobre filamentos cortos; estilo de 2.3 mm de largo; ovario es supero, el estigma capitado de un color blanquecino, presentando tres lóbulos y dos carpelos (Martínez-Torres, 2007).

1.3.3 Fruto

El fruto es de color, forma y tamaño muy variable, carnosos o secos, huecos en el centro, los frutos son de color verde y se enrojecen al madurar (Figura 4).

El fruto es de color verde con coloraciones púrpura o marrón oscuro a negro cuando está inmaduro y tonos rojos, de claro a oscuro, cuando madura. Los frutos son erectos, decíduos, pequeños, globosos u ovoides, de 5 a 10 mm de diámetro, raramente excediendo 15 mm en longitud; las semillas son de color crema a amarillo y de textura lisa (Martínez-Torres, 2007).



Figura 4. Fruto de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, variación de colores en etapas de maduración.

1.3.4 Raíz

La raíz es de tipo pivotante, por su origen es primaria, subterránea, leñosa, perenne, con crecimiento secundario (Martínez-Torres, 2007).

Cuadro 1. Clasificación general por jerarquías taxonómicas para *Capsicum*.

Jerarquía

<i>Reino</i>	Plantae – Planta, plantes, plants, Vegetal
<i>Subreino</i>	Tracheobionta – vascular plants
<i>División</i>	Magnoliophyta – angiospermes, angiosperms, flowering plants, phanerogames, plantes fleurs, plantes fruits

<i>Clase</i>	Magnolipsida – dicots, dicotyledones, dicotyledons
<i>Subclase</i>	Asteridae
<i>Orden</i>	Solanales
<i>Familia</i>	Solanaceae – nightshades, – solanacees
<i>Género</i>	<i>Capsicum L. pepper</i>
<i>Especie</i>	<i>C. annuum L. – cayenne pepper</i>
<i>Especie</i>	<i>C. chinense Jacq. – aji</i>
<i>Especie</i>	<i>C. pubescens Ruiz & Pavon – rocoto</i>
<i>Variedad</i>	<i>C. annuum var. annuum L. – cayenne pepper</i>
<i>Variedad</i>	<i>C. annuum var. glabriusculum (Dunal) Heiser & Pickersgill – cayenne pepper, chilipiquin</i>
<i>Variedad</i>	<i>C. baccatum var. baccatum L. – cayenne pepper</i>
<i>Variedad</i>	<i>C. baccatum var. pendulum (Willd.) Eshb. - aji</i>

Adaptado de (GRIN, 2017).

1.4 Fenología del chile piquín

El chile piquín se considera como ancestro de todas las formas de chiles actualmente conocidos dentro de esta especie (jalapeño, serrano, ancho, pasilla, guajillo, de árbol, etc.) y está ampliamente distribuido en forma silvestre en México, principalmente en las zonas bajas (De la Rosa *et al.*, 2012). En su hábitat natural se localiza comúnmente asociado a un tipo de vegetación, matorral espinoso o submontano, prospera en suelos de tipo vertisol y rendzina, de textura migajón arcillosa, profundos y bien drenados con alto contenido de materia orgánica y pendientes menores a 5% en vegas de escurrimientos naturales en época de lluvias (Mena-García, 2004).

Las poblaciones naturales de Chile piquín se localizan principalmente en altitudes menores de los 1300 msnm, con precipitaciones anuales de más de 500 mm y temperatura media anual entre 21 y 24°C con baja probabilidad de ocurrencia de heladas (Butanda-Ochoa, 2014; Rodríguez del Bosque *et al.*, 2003).

El Chile requiere ciertas condiciones de temperatura, luz, humedad y suelo rico en humus. La temperatura diaria para su crecimiento y fructificación está entre los 18 y 30°C, con un rango nocturno de 15 a 21°C, un mínimo de 15°C para su germinación y crecimiento de la plántula, presentando deficiencia en su desarrollo a temperaturas menores de 15°C y muere con un ligero hielo. La semilla de Chile es sensible a temperaturas menores de 15°C, la germinación de las semillas a bajas temperaturas varía con la variedad en Chile cultivados. El suelo debe ser una mezcla de arena-arcilla con buen drenaje con un pH entre 7.0 a 8.5 (Almanza-Enríquez, 1998).

1.5 Efecto de los colores de malla sombra en la fenología de los cultivos

En la agricultura actual, la producción de hortalizas ha presentado una amplia gama de modificaciones, se ha cambiado la producción a campo abierto por una producción protegida. El Chile se cultiva en tres sistemas de producción: campo abierto, casa sombra e invernadero, un sistema de invernadero contribuye mayores rendimientos; sin embargo, significa una inversión importante que debe analizarse cuidadosamente. Por lo que se ve una alternativa relativamente económica, el uso de la malla sombra, que protege las plantas de una radiación solar alta y directa, que en consecuencia, reduce el número de frutos con daños por golpe de sol, además de que se obtienen plantas más vigorosas con frutos de mejor calidad y mayores rendimientos que en campo abierto (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015a; Cruz-Huerta *et al.*, 2009).

La casa sombra y la malla sombra se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos, comúnmente se fabrican con polietileno, polipropileno y poliéster o algún derivado acrílico, además del material, también varían en grados de transmisión, absorción y reflexión de la radiación solar, y de porosidad al aire. Dependiendo del material con el que estén elaboradas y bajo cuidados adecuados estas mallas pueden durar de 4 a 10 años (Intagri, 2017). El color negro predomina en el uso de malla sombra pero es poco selectivo y reducen la transmisión de radiación fotosintéticamente activa e igual que la transmisión de la radiación del infrarrojo cercano además no contribuyen a optimizar la fotosíntesis y la fotomorfogénesis (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015a; López *et al.*, 2011).

El uso de mallas de mejor calidad al igual que de plásticos, pueden mejorar la calidad de producción, mejorando o creando ambientes favorables para el cultivo de hortalizas. Las mallas sombra de colores modifican el espectro de la luz filtrada en las regiones ultravioleta, visible y rojo lejano, e intensifica su dispersión en forma de luz difusa; asimismo, afecta sus componentes térmicos en función de los aditivos cromáticos del plástico y el diseño del tejido, asimismo consiguen provocar la estimulación diferencial de respuestas fisiológicas reguladas por la luz, como por ejemplo fotosíntesis y fotomorfogénesis que producen efectos sobre el crecimiento del tallo, expansión foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de clorofila y metabolitos secundarios, en respuesta a la incidencia de luz azul (400 a 500 nm), roja (600 a 700 nm) y roja lejana (700 a 800 nm), percibidas por fotorreceptores biológicos. Los colores de malla sombra más utilizados en la producción de cultivos protegidos son azul, blanco, rojo y aperlado (Intagri, 2017). El grado de sombreo de la malla depende del grado de luz que penetra, se puede reducir entre 10 a 95% del total de la radiación, ya depende de los requerimientos que tenga cada cultivo (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015a; López *et al.*, 2011).

1.6 Producción y usos del chile piquín en México

En México el cultivo de chile tiene gran importancia tanto económica como social. El chile piquín (*Capsicum annuum* L., var. *aviculare*) como recurso vegetal silvestre de amplia distribución geográfica en la República Mexicana, representa para los habitantes de la región noreste de México una fuente alimenticia, medicinal y generadora de ingresos adicionales (Hernández *et al.*, 2006; Medina-Martínez *et al.*, 2010). Este producto se utiliza como condimento, y de forma industrial para producir pinturas que protegen la parte inferior de los barcos, evitando así la oxidación de la embarcación, además la industria bélica ocupa este chile para la fabricación del gas pimienta (Medina-Martínez *et al.*, 2017). También lo maneja la industria cosmetológica para la ceración de cremas limpiadoras faciales y de la misma manera es utilizado en la elaboración de medicinas para combatir enfermedades como el cáncer (Medina-Martínez, 2010).

Actualmente las poblaciones naturales de esta especie han disminuido significativamente debido a la presión antropogénica y a un manejo inadecuado de los recursos naturales. Desde el punto de vista social, se estima que del 15 al 20% de la población rural del noreste de México se dedica a la recolección de chile piquín durante los meses de agosto a diciembre y durante este período el 60% de los ingresos obtenidos por las comunidades es a través de la recolección y venta del abundante producto presente durante este período. El resto del 40% de los ingresos se obtiene de otras actividades agrícolas (Garza-Villarreal, 2013; Nadeem *et al.*, 2011; Villalon-Mendoza *et al.*, 2014).

La mayor parte de los países en el mundo producen alguna variedad de chile. En México la producción es de 1.8 millones de toneladas, aproximadamente en 38 mil hectáreas

sembradas, cabe destacar que el 65% de la producción de chiles en México se destina al consumo fresco y el 35% para deshidratar (Robles y Gómez, 2008).

1.7 Problemática actual en la producción de chile piquín

Para la explotación comercial del chile piquín, la germinación de la semilla es uno de los principales obstáculos. Aparentemente en poblaciones silvestres cuando el fruto es ingerido por las aves y pasa por el tracto digestivo favorece la germinación al escarificar la semilla (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011).

Debido al bajo porcentaje de germinación se necesita sembrar en almácigos grandes cantidades de semillas para poder satisfacer las necesidades de plántula de los agricultores, este problema se debe a que la semilla de chile piquín contiene una capa externa con cera epicuticular que la hacen casi impermeable, limitando la absorción de humedad además de la presencia de inhibidores naturales dando lugar a una germinación muy pobre (De la Rosa *et al.*, 2012; González-Cortés *et al.*, 2016).

Para facilitar la germinación del chile piquín se usan las giberelinas que promueven la germinación de la semilla; comercialmente se tiene el ácido giberélico (AG) que reblandece la testa de la semilla de chile en germinación. El agua caliente se emplea además del ácido giberélico como estimulante para la germinación ya que es una alternativa sencilla, práctica, económica y efectiva en el control sanitario de la semilla, pero casi no se usa como promotor de la germinación (García-Federico *et al.*, 2010).

Estudios realizados en la germinación de chile piquín muestran resultados contrastantes, Ramírez del Bosque *et al.* (2003) emplearon 5,000 ppm de AG para lograr el 66% de

germinación, García-Federico *et al.*, (2010) citando a Hernández-Verdugo y colaboradores, dice que la mayor efectividad en germinación se da con 250 y 500 ppm de AG, con promedios de 46 y 43% de germinación en dos años de estudio con semilla de chile silvestre. Sin embargo, la tasa de germinación que indica que una semilla es de calidad alta está por encima del 70%, indicando que la semilla sin ser tratada con AG o algún otro promotor de germinación, está muy por debajo de esta característica.

El chile piquín es un recurso natural, el cual alcanza un valor comercial de \$100.00 pesos mexicanos por 250 g aproximadamente, su cosecha implica internarse en la selva baja caducifolia y recorrer kilómetros, además las personas de la región que lo colectan lo obtienen sin ninguna técnica, pues extraen la planta en su totalidad desde la raíz, lo que ocasiona una menor producción en la siguiente temporada de cosecha (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011).

Tradicionalmente para la cosecha del chile piquín en el monte, se cortan la planta entera o las ramas fructíferas y para después llevarlas a un lugar cómodo para obtener los frutos. Esta práctica no es del todo la más recomendada, lo ideal es hacer la recolección fruto por fruto, sin dañar el follaje, lo que requiere mayor esfuerzo y mayor costo por este concepto. En poblaciones establecidas, además de la cosecha fruto por fruto, es posible realizar la recolección mediante podas específicas; evitando dañar la capacidad de producción continua del piquín (Robles y Gómez, 2008).

En términos generales el chile piquín es extraído en forma irracional mediante el manejo tradicional de corta, debido a esto, se carece de un control específico en la producción de éste arbusto, puesto que los recolectores, solo acuden a las zonas en donde se encuentra la planta

y la cortan en un 50% o hasta en su totalidad, para después comercializar su fruto, lo que puede ocasionar una disminución en su producción hasta desaparecer. Además, en la actualidad no existe un tipo de maquinaria que facilite la recolección del fruto de chile piquín, por lo cual este proceso se debe realizar de forma manual. Otra limitante es que su cosecha se realiza por temporadas, la floración empieza de la segunda quincena de julio a septiembre (García *et al.*, 2013); su periodo de fructificación comprende de la segunda quincena de julio a octubre y la cosecha de ese fruto es durante octubre y noviembre (García *et al.*, 2013).

Estas prácticas realizadas de manera autóctona representan una amenaza para el medio ambiente, pues el chile piquín no solo contribuye con la dotación de un fruto alimentario, sino que forma parte importante del ecosistema de la selva baja caducifolia (García *et al.*, 2013).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del área de trabajo

El presente trabajo se realizó en el departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en tres zonas específicas; bajo cubierta malla-sombra y variantes de colores (25.356313, -101.034936), campo abierto (25.356466, -101.035033) y bajo invernadero (25.356774, -101.034777). Con una altura de 1600 msnm.

2.2 Material biológico

Las semillas de chile piquín fueron colectadas en los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas:

- **San Alberto, Coahuila (SAC):** se encuentra a 365 msnm, su clima se clasifica como seco semicálido, y su temperatura media anual en todo el municipio es superior a los 20 °C precipitación media anual que se registra en el territorio es de 200 a 300 mm.
- **Múzquiz, Coahuila (MZC):** se encuentra a 499 msnm, cuenta con clima subtipos secos semicálidos y en el centro, sur y este, subtipos semisecos semicálidos. La precipitación media anual se encuentra en el rango de los 400 a 500 milímetros.
- **Santiago, Nuevo León (SNL):** ubicado a 480 msnm, su clima es templado/húmedo, teniendo una temperatura media anual de 21 °C y con una precipitación promedio anual de 1300 mm.
- **Linares, Nuevo León (LNL):** se encuentra a 356 msnm, su clima es semi-seco extremadamente cálido, precipitación media anual de 600 mm; temperatura media anual de 18° C.

- **Puente Tepetatilla Valparaíso, Zacatecas (PTZ):** Se encuentra a una altura promedio de 1,888 msnm, el clima es semiseco y semicálido, en verano recibe entre 5 y 10.2 mm de lluvia, su temperatura promedio anual es de 22° C.
- **Rio Tuxpan, Zacatecas (RTZ):** Se encuentra a 2060 msnm, su clima se clasifica como templado semis eco, tiene una temperatura media de 16° con una precipitación anual de 400 a 500 mm.

Se colectó 1 kg de chile de forma manual, se realizó la selección de frutos que tuvieran un color rojo intenso y tamaño prominente. Posteriormente se secó a la sombra por un periodo de 2 semanas. Una vez transcurridas las dos semanas del secado, se abrió el fruto y se extrajeron las semillas, seleccionando aquellas que estuvieran en buen estado (color, tamaño y ausencia de necrosis).

2.3 Ambientes de cultivo

Se cultivaron semillas de chile piquín en diferentes ambientes:

- Campo abierto 100% transmisión de luz (abreviado como CA).
- Mallas de color (azul, blanca, roja y negra) 70% de trasmisión de luz y 30% de sombra (abreviados como MA, MB, MR Y MN respectivamente) (Figura 5).
- Invernadero (plástico blanco lechoso) 80% de trasmisión de luz y 20% de sombra (abreviados como INV).



Figura 5. Establecimiento del cultivo bajo malla sombra color negro, azul, blanco y rojo.

2.4 Manejo del cultivo

2.4.1 Manejo de la semilla

Se colocaron semillas de chile piquín en un recipiente con agua, con el objetivo de eliminar semillas consideradas como vanas al permanecer flotando. Luego se sumergieron 2 000 semillas en una solución de ácido giberélico (500 ppm Biogib) durante 24 h, posteriormente con un colador se extrajeron las semillas y se colocaron a la sombra en papel estraza.

Se sembraron las semillas el día 8 de abril de 2016, en charolas de polietileno blancas de 200 cavidades, las primeras plantas comenzaron a emerger a los 26 días, de haber sido sembradas. El trasplante se realizó el día 25 de junio de 2016 en bolsas de plástico negras capacidad de 10 litros, utilizando como sustrato peat moss y perlita en relación de volumen (2:1).

2.4.2 Condiciones de siembra

Primeramente, se trató el sustrato en un recipiente con agua se agregó 7 kg de vermiculita y se colocó al fuego. Una vez alcanzada la temperatura de ebullición se dejó hervir por 30 minutos, luego se eliminó el agua del sustrato y se dejó enfriar. Posteriormente, se llenaron 4 charolas con el sustrato previamente esterilizado, cada una con capacidad de 500 plantas.

Para la siembra se colocaron en cada orificio de la charola una semilla previamente tratada a una profundidad de 0,5 cm y se roció agua. Posteriormente se colocaron las charolas bajo sombra a una temperatura de 35 °C y un período de 10 h luz y 14 h de oscuridad.

El riego se realizó cada 3 días durante las 3 primeras semanas, en la etapa de floración y producción se realizaba día con día, al menos de que lloviera, no se regaba, con el fin de no generar mayor humedad.

2.4.3 Fertilización.

La fertilización se realizó fertilización mediante Solución Steiner (Cuadro 2).

Cuadro 2. Preparación de la solución nutritiva en base a la solución nutritiva Steiner.

	NO_3^-	H_2PO_4^-	$\text{SO}_4^{=}$	Ca^{++}	K^+	Mg^{++}
mol m-3						
S. Steiner Requerimientos	12	1	7	9	7	4
Aporte de agua	0	0	3.5	3.5	.11	2.5
Aporte (nosotros)	12	1	3.5	5.5	6.89	1.5
Por lo tanto, se aplicó:						
Fertilizante	g*L⁻			ml*L⁻		
Ca(NO₃)₂	0.649					
MgSO₄	0.431					
KNO₃	0.252					
K₂SO₄	0.382					
HNO₃				0.339		
H₃PO₄				0.032		

2.5 Determinación de las variables

2.5.1 Altura de la planta (ALT180)

Se realizó la medición de la altura de la planta a los 180 días después del trasplante (Figura 6). Se midió desde la superficie del suelo hasta el último punto de crecimiento de la planta con una cinta métrica (cm). Se seleccionaron todas las plantas de cada ecotipo, los resultados individuales obtenidos de las plantas se sumaron y dividieron entre el mismo número de plantas de cada ecotipo para obtener un promedio de altura.



Figura 6. Medición de altura en cm de planta de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*.



Figura 7. Medición del diámetro basal del tallo de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*.

2.5.2 Diámetro basal del tallo (GBT180)

Se realizó la medición del diámetro basal a los 180 después del trasplante, se utilizó un vernier Science ware de 150 mm para medir el diámetro del cuello de la planta, tomado de la parte inferior a una altura de 1 cm por encima del sustrato (Figura 7).

2.5.3 Días a Floración (DAF)

Se realizó una sola medición durante el experimento para monitorear la floración: se tomó en cuenta el día después del trasplante donde la planta presentó la primera flor abierta. Para esta variable se seleccionaron todas las plantas de cada ecotipo, los resultados individuales obtenidos de las plantas se sumaron y dividieron entre el mismo número de plantas de cada ecotipo para obtener un promedio de floración.

2.5.4 Número de flores (NF80)

Se realizó un conteo manual de flores presentes en las plantas a los 80 días después del trasplante. Se seleccionaron todas las plantas de cada ecotipo, los resultados individuales obtenidos de las plantas se sumaron y dividieron entre el mismo número de plantas de cada ecotipo para obtener un promedio de altura.

2.5.5 Número de Frutos (NF120)

Se realizó un conteo manual de frutos presentes en las plantas a los 120 días después del trasplante. Se seleccionaron todas las plantas de cada ecotipo.

2.5.6 Peso de fruto (PF)

Para realizar esta medición se cosecharon los frutos de cada ecotipo para ser pesados y registrados en la bitácora, para esto se utilizó una balanza analítica (Figura 8).



Figura 8. Medición de peso en *Capsicum annum* var. *glabriusculum*.

2.5.7 Diámetro de los frutos (DF)

Para realizar esta medición se cosecharon los frutos de cada ecotipo para su registro, se midió la distancia tomada de la parte ecuatorial del fruto con un vernier digital de precisión (AutoTECTM), para esta variable solo se tomó el primer corte y se estimó la media del diámetro ecuatorial (Figura 9).



Figura 9. Medición del diámetro del fruto.

2.5.8 Número de semillas (NS)

Para realizar esta medición se cosecharon los frutos de cada ecotipo, se les retiro el exocarpio, mesocarpio y endocarpio para poder visualizar la semilla, por consiguiente, se le retiraron y colocaron en una charola plástica y con la ayuda de una aguja de disección se separaron para facilitar el conteo (Figura 10).



Figura 10. Conteo del número de semillas.

2.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la determinación de cada una de las variables fueron utilizados para el análisis estadístico y la interpretación de los resultados.

Se llevó a cabo el análisis de varianza de dos vías y la comparación de medias por el método de Tukey, utilizando la librería “multcomp” para R.

La determinación de las medias, el análisis de correlación, el análisis de componentes principales, así como las gráficas de dispersión y de interacción entre atributos se hicieron mediante el software OriginPro 2016.

III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de la varianza de dos vías

Como ya se mencionó previamente, el chile piquín es un recurso fitogenético primordialmente silvestre que actualmente se enfrenta a una compleja problemática derivado sobre todo de su explotación inadecuada (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011), lo cual resalta la importancia de proponer estrategias que conlleven a un manejo sustentable de este recurso.

Actualmente se carece de un procedimiento específico y generalizado para la producción del chile piquín, por lo tanto, su explotación consiste en procedimientos que no aseguran la disponibilidad futura de este recurso, además del modo de explotación, otro serio problema al cual se enfrenta la producción del chile piquín es, la baja tasa de germinación de modo natural. En este trabajo se evaluaron 6 ecotipos de chile piquín los cuales fueron cultivados en 6 diferentes condiciones ambientales, se evaluaron variables relacionadas al crecimiento (altura, diámetro basal de tallo, número de frutos, peso de los frutos y diámetro de los frutos) y variables relacionadas al desarrollo de la planta (días a floración, número de flores, número de semillas).

Se encontraron diferencias significativas (0.01) en todas las variables estudiadas en cuanto al ambiente del cultivo, el ecotipo y la interacción eco tipo-ambiente (cuadro 6, apéndice), lo cual sugiere que hay un mejor ecotipo y un mejor ambiente para el cultivo del chile piquín, en este caso, en el apéndice A se muestran las medias de cada una de las variables asociadas en cada uno de los ecotipos en cada uno de los ambientes ensayados, siendo consistente que el ecotipo RTZ cultivado bajo condiciones de malla azul obtuviera los mejores resultados en cuanto a las variables altura y grosor basal de tallo a los 180 días, días a floración, diámetro

de fruto y número de semillas, el mismo ecotipo además obtuvo los mejores valores de número de flores a 120 días y número de frutos a 180 días pero cultivado bajo malla de color blanco, dichos resultados sirven de sustento para proponerlo como el mejor material genético entre los estudiados sin embargo el contraste en cuanto a los resultados obtenidos en diferentes ambientes pone en evidencia la relevancia de las condiciones de cultivo en este estudio y la interacción ambiente-ecotipo.

La prueba de Tukey para comparación de medias (Cuadro 3) confirma cuales es el mejor ecotipo y el mejor ambiente de los aquí estudiados para el cultivo del chile piquín siendo el ecotipo RTZ el que mejor desempeño tiene en 7 de 8 variables, por su parte la comparación de medias muestra que el cultivo del chile piquín en malla blanca arroja mejores resultados en 7 de las 8 variables estudiadas, resulta además evidente que los peores resultados se obtuvieron cuando se cultivó a campo abierto. Según la comparación de medias los ecotipos SAC y SNL tuvieron un el peor desempeño en las variables estudiadas.

Es importante mencionar que el ecotipo RTZ, colectado a 2060 msnm y el PTZ colectado a una altitud de 1888 msnm , son los ecotipos que se encuentra naturalmente adaptados a altitudes comparables a las de la localidad donde se estableció el experimento a una altitud de 1600 msnm, este hecho, podría proporcionar una ventaja adaptativa a los ecotipos mencionados, ya que según los promedios y la comparación de medias de Tukey fueron, principalmente RTZ, los que tuvieron en mejor desempeño en las variables evaluadas. Por su parte los ecotipos SAC y SNL provienen de localidades que no superan los 500 msnm (365 y 480 msnm respectivamente), lo cual explica por lo menos parcialmente su menor desempeño, aparte de RTZ y PTZ todos los ecotipos provienen de localidades con altitudes

menores a los 500 msnm.

Previamente se ha demostrado que los cultivos bajo malla sombra de color claro (blanca o aperlada) presentan mayor rendimiento si se comparan con cultivos a campo abierto o bien cultivados bajo mallas de color oscuro tanto en solanáceas (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015a; Ayala-Tafoya *et al.*, 2011; Márquez-Quiroz *et al.*, 2014) y cucurbitáceas (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015b), lo cual resulta consistente con nuestros resultados ya que se observaron los mejores resultados usando malla blanca y azul. Las investigaciones previas han demostrado que la malla sombra independientemente del color, reduce la radiación lo cual afecta a su vez las temperaturas del aire, la planta, el suelo, la humedad relativa y la difusión de la luz, en cuanto a este último factor se ha demostrado que incrementa la productividad de las plantas siendo un factor que afecta la floración en cuanto a tiempo y cantidad (Günter *et al.*, 2008). En nuestros experimentos las plantas del ecotipo RTZ obtuvieron los menores tiempos para florecer y los mayores números de flores y el resto de los ecotipos resultaron ser estadísticamente similares en cuanto a estas dos variables, esto pone en evidencia que el componente genético juega un rol importante ya que de no ser así todos los ecotipos hubieran tenido valores similares en estas dos variables.

En cuanto a las comparaciones de estas variables en diferentes ambientes de cultivo resulta claro que el cultivo del chile piquín a campo abierto retarda el proceso de floración, y el uso de mallas azules y blancas permite a las plantas florar en menos días, en cuanto al número de flores las diferencias no son muy claras ya que el cultivo a campo abierto, en malla negra y malla roja obtuvieron valores similares pero una vez más el cultivo en malla blanca permitió obtener los mayores números de flores.

Lo anterior nos permite inferir que la carga genética de cada ecotipo (que posiblemente resulte en su adaptación a cierto ambiente) juega un papel determinante para la modulación de las variables que aquí se evaluaron y en el caso de los diferentes ambientes de cultivo evaluados las diferencias son importantes solo si se compara el cultivo bajo malla sombra con el de campo abierto.

Cuadro 3. Grupos Tukey basados en comparación de medias (95% de nivel de confianza).

		ALT180	GBT180	DAF	NF80	NF120U	PF	DF	NS
ECOTIPOS	PTZ	C	C	B	B	A	AB	A	A
	RTZ	C	C	A	C	B	B	B	A
	MZC	AB	B	B	AB	A	AB	A	A
	SAC	A	A	B	AB	A	A	A	A
	LNL	B	B	B	AB	A	A	A	A
	SNL	AB	AB	B	AB	A	AB	A	A
AMBIENTES	CA	A	B	C	A	A	A	A	A
	INV	BC	B	B	BC	A	A	BC	B
	MA	CD	B	A	C	BC	A	D	E
	MB	D	C	A	D	C	A	D	E
	MN	AB	A	B	AB	AB	A	BC	C
	MR	BC	AB	B	AC	AC	A	C	D

Un carácter más alejado de A significa un mayor valor, si dos tratamientos comparten carácter significa que son estadísticamente iguales.

3.2 Análisis de correlación

Para comprender las relaciones que guardan entre si las variables estudiadas se realizó un análisis de correlación (Cuadro 4). Entre los atributos relacionados con el crecimiento y el desarrollo de todos los ecotipos en todas las condiciones de cultivo se realizó un análisis de correlación, para diferenciar cuales atributos están correlacionados con cuales otros. En ese

análisis se observó un alto índice de correlación positiva de la altura de la planta con el diámetro basal del tallo, el número de frutos y alta correlación negativa con los días a floración (cuadro 4), lo cual indica que una mayor altura a 180 días se traduce en mayor número de frutos, mayor grosor basal de tallo y menor número de días a floración después del trasplante, cual nos permite proponer a la altura como un carácter relacionado a la producción en este caso.

La variable días a floración tuvo alta correlación negativa con NF120 y NF180, lo cual implica que entre más temprano floreen las plantas se observa menor número de flores a 80 días y menor número de frutos a los 120 días. Los promedios de los días a floración oscilan entre los 30 y 69 días, resulta razonable que las plantas que floreen más tarde (mayor DAF) presenten menor número de flores a los 80 días, si hay menor número de flores a los 80 días también habrá un menor número de frutos a los 120 días, esto se sustenta también al observar que el número de flores a 80 días y el número de frutos a 120 días presentan una alta correlación positiva. También se observó que las plantas que tardan más en florear (DAF), en general presentan menor diámetro de frutos y menor número de semillas.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación Pearson de las variables analizadas.

	ALT180	DB180	DAF	NF80	NF120	PF	DF	NS
ALT180	1	0.846	-0.7	0.747	0.688	0.408	0.629	0.567
GBT180	0.8459	1	-0.5	0.64	0.59	0.513	0.428	0.348
DAF	-0.708	-0.494	1	-0.76	-0.731	-0.41	-0.82	-0.72
NF80	0.7473	0.64	-0.8	1	0.853	0.545	0.7	0.485
NF120	0.6881	0.59	-0.7	0.853	1	0.612	0.765	0.532
PF	0.4081	0.513	-0.4	0.545	0.612	1	0.412	0.278
DF	0.6293	0.428	-0.8	0.698	0.765	0.412	1	0.886
NS	0.5666	0.348	-0.7	0.485	0.532	0.278	0.886	1

El diámetro de los frutos presento una alta correlación positiva con el número de flores a 80 días y el número de frutos a 120 días, lo cual es comprensible debido al tiempo de crecimiento de los frutos, fue mayor, del mismo modo que las plantas con mayor diámetro del fruto presentaron un mayor número de semillas lo cual se ve reflejado en la alta correlación positiva entre esas dos variables.

3.3 Análisis de agrupamiento

Se realizó el análisis de agrupamiento de los materiales estudiados por medio de los componentes principales, para dicho análisis se utilizaron las 8 variables estudiadas función de su importancia relativa en los dos primeros componentes principales (cuadro 5).

Para el análisis de componentes principales se usan los coeficientes más altos, los cuales ayudan a describir las características de los materiales utilizados y su comportamiento con respecto a las variables consideradas pero agrupadas en solo dos variables (CP1 y CP2), cada una de esas variables ayuda a explicar cierto porcentaje de la varianza encontrada en los resultados (66.8 y 13.3% respectivamente) así como la varianza que explican en su conjunto (80.1%).

En principio encontramos que las variedades cultivadas a campo abierto tendieron a agruparse en el cuadrante 2, debido a que las plantas cultivadas en esa condición mostraron menores números de flores a 80 días y menor número de frutos a 120 días, así como frutos con menor diámetro, en lo que respecta a los días a floración tendieron a ser más tardías.

El análisis del componente principal 2 indica que las variedades cultivadas a campo abierto tuvieron menor número de semillas, pero un mayor diámetro basal de tallo a 180 días, así como un mayor peso de los frutos.

Cuadro 5. Proporción de la varianza explicada por los dos primeros componentes en el análisis de las variables.

	CP1	CP2
ALT180	0.37342	0.16971
GBT180	0.31962	0.47293
DAF	-0.37945	0.24628
NF80	0.38374	0.14762
NF120	0.38576	0.09238
PF	0.26797	0.43622
DF	0.37843	-0.40698
NS	0.32145	-0.5483
% de la varianza explicada	66.8	13.3
% de la varianza acumulada	66.8	80.1

Las variedades cultivadas a campo abierto fueron las que presentaron un agrupamiento bien definido en el análisis de componentes principales (Figura 11), esto nos indica que en el cultivo a campo abierto la carga genotípica de cada variedad deja de tener relevancia pues todas tienden a comportarse de un modo similar por lo menos en los atributos estudiados. Por el contrario, variedades cultivadas en las otras condiciones (Invernadero y mallas sombras) no muestran un agrupamiento conspicuo, lo cual nos lleva a pensar que en esas situaciones el genotipo juega un papel relevante.

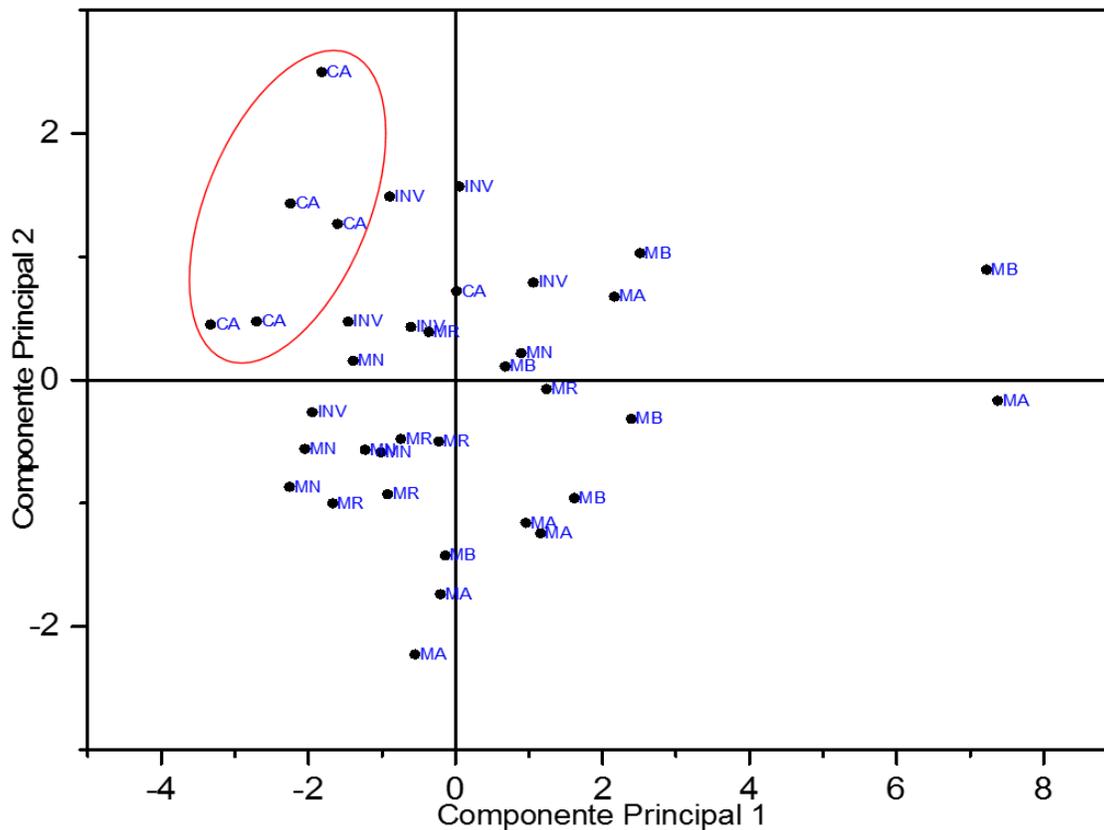


Figura 11. Diagrama de dispersión en base a los dos primeros componentes principales 1 y 2.

3.4 Análisis gráfico de las interrelaciones entre atributos

Para interpretar la gráfica de interrelación de los atributos, se considera que la distancia de los vectores a partir del origen indica la varianza de los atributos (Figura 12). Entre mayor sea el vector, mayor es la capacidad de discriminación de los materiales genéticos. Así mismo, el ángulo que se forma entre los vectores indica el nivel de asociación entre los mismos. Por ejemplo, el diámetro del fruto y los días a floración o están asociados negativamente debido a que forman un ángulo cercano a los 180° , lo cual significa que los ecotipos que son más tardíos para florear producen frutos con un diámetro mayor, a su vez el diámetro del fruto está asociado positivamente con el número de semillas, frutos con mayor

diámetro presentaron mayor número de semillas, por lo tanto puede considerarse también que los ecotipos que son más tardíos para florear también presentaran mayor producción de semillas por fruto, esta información puede ser relevante en esquemas de propagación del chile piquín por semillas.

Otras relaciones positivas encontradas en este análisis fueron las que se observaron entre las variables altura, número de flores y número de frutos, lo cual significa en términos básicos que plantas con mayor altura presentaron mayor número de flores y frutos.

Un ángulo de 90° entre los vectores indica la ausencia o baja correlación como entre el número de semillas y el peso del fruto, lo cual resulta revelador que el peso de los frutos no se debe esencialmente a su contenido de semillas. Algo similar ocurre entre las variables peso del fruto y diámetro del fruto, con una relación muy baja, lo cual implica que frutos con mayor diámetro no necesariamente tienen mayor peso.

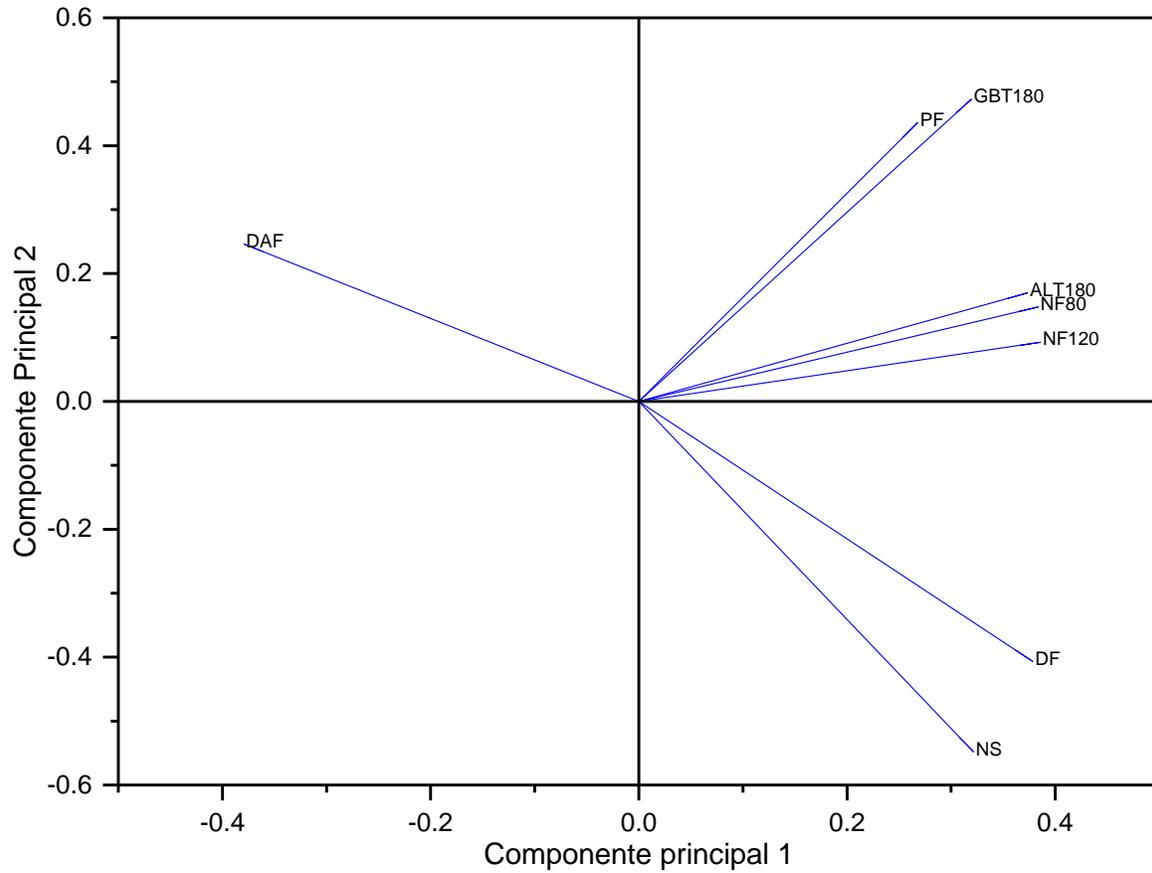


Figura 12. Diagrama de las interrelaciones entre las variables analizadas en base a los dos primeros componentes principales.

IV CONCLUSIONES

El estudio permitió determinar que el ecotipo RTZ presenta el mejor desempeño en cuanto a las variables analizadas en el experimento.

Los ecotipos presentaron un mejor desempeño en cuanto a las variables analizadas cuando fueron cultivados bajo malla blanca.

El origen geográfico de los ecotipos jugó un papel determinante en cuanto al desempeño de cada uno.

Los ecotipos muestran un desempeño similar en cultivo a campo abierto, pero un desempeño diferente en cultivo bajo cubierta lo cual implica variabilidad genética o ventajas adaptativas al ambiente donde fueron cultivados.

Los ecotipos con mayor número de días a floración presentaron frutos con mayor número de semillas, esta información puede ser relevante en esquemas de propagación.

V BIBLIOGRAFÍA

- Almanza-Enríquez, J. G. (1998). Estudios ecofisiológicos, métodos de propagación y productividad del chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *aviculare* Dierb.) D & E, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Araiza-Lizarde, N., Araiza-Lizarde, E., y Martínez-Martínez, J. G. (2011). Evaluation of germination and seedling Growth of Chiltepín (*Capsicum annum* L variedad *glabriusculum*) greenhouse. *Revista Colombiana de Biotecnología* **13**, 170-175.
- Ayala-Tafoya, F., Sánchez-Madrid, R., Partida-Ruvalcaba, L., Yáñez-Juárez, M. G., Ruiz-Espinosa, F. H., Velázquez Alcaraz, T. d. J., Valenzuela-López, M., y Parra-Delgado, J. M. (2015a). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista fitotecnia mexicana* **38**, 93-99.
- Ayala-Tafoya, F., Yáñez-Juárez, M., Partida-Ruvalcaba, L., Ruiz-Espinosa, F., Campos-García, H., Vásquez-Martínez, O., Velázquez-Alcaraz, T. d. J., y Díaz-Valdés, T. (2015b). Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo. *Información Técnica Económica Agraria* **111**, 3-17.
- Ayala-Tafoya, F., Zatarain-López, D. M., Valenzuela-López, M., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. d. J., Díaz-Valdés, T., y Osuna-Sánchez, J. A. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana* **29**.
- Butanda-Ochoa, A. (2014). Importancia del chile silvestre (*Capsicum annum*) como recurso genético de México. *Mensaje Bioquímico* **41**.

- Castañón-Nájera, G., Latournerie-Moreno, L., Mendoza-Elos, M., Vargas-López, A., y Cárdenas-Morales, H. (2008). Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp) en Tabasco, México. *Phyton (Buenos Aires)* **77**, 189-202.
- Castañón-Najera, G., Ramírez-Meraz, M., Ruiz-Salazar, R., y Mayek-Perez, N. (2011). Aplicación de marcadores AFLP para explorar heterosis en *Capsicum* spp. *Phyton (Buenos Aires)* **80**, 53-58.
- Cruz-Huerta, N., Sánchez del Castillo, F., Ortiz Cereceres, J., Castillo, M., y del Carmen, M. (2009). Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimienta. *Agricultura técnica en México* **35**, 73-80.
- De la Rosa, M., Arce, L., Villarreal, J., Ibarra, L., y Lozano, J. (2012). Germinación de semillas de chile simojovel (*Capsicum annuum* L.) previamente expuestas a NaCl y ácido giberélico. *Phyton (Buenos Aires)* **81**, 165-168.
- Fonnegra, F. G., y Jiménez, J. R. (2007). "Plantas medicinales aprobadas en Colombia," Universidad de Antioquia.
- García-Federico, A., Montes Hernández, S., Rangel Lucio, J. A., García Moya, E., y Mendoza Elos, M. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* **1**, 203-216.
- García, M. A. C., Yáñez, A. C., Porchas, M. G., Hernández, V. G. S., y Navarro, R. Á. V. (2013). Estrategias de mercado para productos elaborados a base de chiltepín en la Sierra de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios* **17**, 359-370.
- Garza-Villarreal, B. R. (2013). Potencial del Chile Piquín en Tamaulipas como un negocio rentable, generador de mano de obra y sustentable In "Consultoría experta en negocios de agricultura, ganadería y forestal",

<http://agronegociosintegrados.blogspot.mx/2013/01/potencial-del-chile-piquin-en.html>.

- González-Cortés, N., Vera, R. J., Baños, E. C. G., Espino, H. S., y de la Cruz, E. P. (2016). Germinación del chile amashito (*Capsicum annum* L. var. *Glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2211-2218.
- GRIN (2017). National Plant Germplasm System: Peppers. In "Germplasm Resources Information Network". 22 de abril de 2017, <http://www.ars-grin.gov/npgs/stats>.
- Günter, S., Stimm, B., Cabrera, M., Diaz, M. L., Lojan, M., Ordonez, E., Richter, M., y Weber, M. (2008). Tree phenology in montane forests of southern Ecuador can be explained by precipitation, radiation and photoperiodic control. *Journal of Tropical Ecology* **24**, 247-258.
- Hernández-Verdugo, S., Porras, F., Pacheco-Olvera, A., López-España, R. G., Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., y Osuna Enciso, T. (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánica*, 175-191.
- Hernández, S. M., Meraz, M. R., Mendoza, H. V., Martínez, T. M., Morales, A., Cuén, E. H. G., Ramos, J. M. S., de León, R. L., Estrada, A. C., y Leonardo, H. (2006). 3.3. Conservación y aprovechamiento sostenible de chile silvestre (*Capsicum* sp, Solanaceae) en México. *Avances de Investigación*, 71.
- Ibiza, V. P., Blanca, J., Cañizares, J., y Nuez, F. (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic resources and crop evolution* **59**, 1077-1088.
- Intagri (2017). Mallas de Colores en la Producción Hortícola. In "Intagri , S.C.", www.intagri.com.

- León, J. (1968). Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. *Serie Libros y Materiales Educativos (IICA)*, 207.
- López, L., y Castro, G. (2005). Al rescate de la diversidad genética del chile (*Capsicum* spp.) en Oaxaca, México. *Memoria de la segunda convención mundial del chile. Zacatecas, Zac., México*, 253-257.
- López, P. J., Montoya, R. B., Brindis, R. C., Sánchez-Monteón, M. A. L., Cruz-Crespo, E., y Morales, R. B. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente Año 3*.
- Márquez-Quiroz, C., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., Vázquez-Badillo, M. E., Cruz-Lázaro, E. D. I., Estrada-Botello, M. A., y López-Espinosa, S. T. (2014). Uso de mallas sombra: una alternativa para la producción de tomate cherry. *Ecosistemas y recursos agropecuarios 1*, 175-180.
- Martínez-Torres, H. L. (2007). Etnobotánica del chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) en la Sierra Gorda y Semidesierto de Querétaro., Universidad Nacional Autónoma de México, Edo. de México.
- Medina-Martínez, T. (2010). Manejo integral del chile piquín. *CienciaUAT 5*, 28-29.
- Medina-Martínez, T., Villalón-Mendoza, H., Hernández, J. M. P., Sánchez-Ramos, G., y Salinas-Hernández, S. (2010). Avances y perspectivas de investigación del chile piquín en Tamaulipas, México. *CienciaUAT 4*, 16-21.
- Medina-Martínez, T., Villalón-Mendoza, H., Lara-Villalón, M., Gaona-García, G., Trejo-Hernández, L., y Cardona-Estrada, A. (2017). El Chile Piquín del Noreste de México. *In "Instituto de Ecología Aplicada"*, pp. 20, <http://ecologia.uat.edu.mx/>.
- Mena-García, L. M. (2004). El Cultivo de Chile Piquín (*Capsicum annuum* var. *aviculare* Dierb.), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.

- Murillo, A. B., Rueda-Puente, E. O., Troyo-Diequez, E., Cordoba, M., Hernández-Montiel, L., y Nieto-Garibay, A. (2015). Baseline study of morphometric traits of wild capsicum annum growing near two biosphere reserves in the Peninsula of Baja California for future conservation management. *BMC Plant Biology* **15**(1), 18.
- Nadeem, M., Anjum, F. M., Khan, M. R., Saeed, M., y Riaz, A. (2011). Antioxidant potential of bell pepper (*Capsicum annum* L.) a review. *Pakistan Journal of Food Science* **21**, 45-51.
- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., y Mayek-Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* **2**, 117-128.
- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón Nájera, G., y Mayek Pérez, N. (2008). Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Cuadernos de biodiversidad*, n° 27 (septiembre 2008); pp. 11-22.
- Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H., Aguilar-Rincón, V., Corona-Torres, T., y Latournerie-Moreno, L. (2015). Caracterización morfológica de chiles silvestres y semidomesticados de la región Huasteca de México. *Agroproductividad* **8**.
- Robles, L. C. P., y Gómez, A. A. G. (2008). Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*C. Annum*, var. *Aviculare* dierb.) en México. *Tecsisotecatl*.
- Rodríguez del Bosque, L. A., Ramírez Meraz, M., y Pozo Campadónico, O. (2003). El cultivo del chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noreste de México. In "Memoria: 1er Simposio Regional sobre Chile piquín (Avances de Investigación en Tecnología de Producción y Uso Racional del Recurso Silvestre" (SAGARPA, ed.), pp. 45, Tamaulipas, México.

Villalon-Mendoza, H., Medina-Martínez, T., Ramírez-Meraz, M., Solis Urbina, S. E., y Maiti, R. (2014). Factors Influencing the Price of Chile Piquin wild Chili (*Capsicum annum* L. var. *Glabriusculum*) of North-east Mexico. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* **5**, 128-131.

V APÉNDICE

Cuadro 6. Medias de cada variable por cada ambiente por cada ecotipo, y **/**/** es el grado de significancia en las diferencias entre: ambiente/ecotipos/interacción ambiente-ecotipos.

	ALT180 **/**/**	GBT180 **/**/**	DAF **/**/**	NF80 **/**/**	NF120 **/**/**	PF **/**/**	DF **/**/**	NS **/**/**
CA-PTZ	23.25	5.65	57.25	4.5	1.25	0.0716	4.49	5.65
CA-RTZ	25	5.9	50.5	8.75	6.25	0.0776	7.54	8.054
CA-MZC	11.75	4.625	68.5	4.75	0.25	0.046	5.01	8.396
CA-SAC	8.75	4.05	66.5	2	0	0.0425	4.48	5.375
CA-LNL	19.5	5.275	68.75	2.5	0.25	0.1288	4.65	7.25
CA-SNL	13.75	4.7	66.25	2.5	0	0.375	4.63	5.675
INV-PTZ	38.25	6.175	59	4.25	1	0.0635	5.13	6.967
INV-RTZ	33.75	5.8	46.5	17	4.75	0.0986	8.22	8.86
INV-MZC	25.5	5.375	55	10.25	1.25	0.0644	7.05	9.563
INV-SAC	23	5.675	48.5	11	1.25	0.2334	6.65	6.925
INV-LNL	28.5	4.95	65.5	6.25	0.5	0.0463	7.23	8.8
INV-SNL	18	4.275	61.25	5	0	0.0325	7.3	9.225
MB-PTZ	47	7	47.75	22.5	3.75	0.1161	8.03	15.6
MB-RTZ	46	7.375	35	29.75	24.5	0.3584	15.2	22
MB-MZC	30.5	5.6	47.25	13	3.5	0.1073	11	19.73
MB-SAC	21.75	3.775	50.25	9.25	1.75	0.0879	9.5	16.67
MB-LNL	34.5	6.975	58.75	4	2.5	0.0921	9.73	17.71
MB-SNL	38.75	7.05	44.75	9.25	3.25	0.1461	11.1	20.87
MR-PTZ	30.5	5.55	55.25	4.25	2.5	0.1036	6.69	12.78
MR-RTZ	30.25	5.4	52.5	12.25	8	0.1298	9.72	15.58
MR-MZC	24	4.75	53.75	5	2	0.1349	8.08	16.37
MR-SAC	15	3.85	57	5.25	0.25	0.0338	7.98	12.13
MR-LNL	25.75	5.175	55.25	3.25	0.5	0.0538	8.13	13.83
MR-SNL	21.25	3.875	60	6	2.25	0.0852	8.6	15.48
MA-PTZ	46.5	7.25	47	8.75	4.5	0.1478	8.6	17.6
MA-RTZ	54.25	7.425	30.5	26.25	21.5	0.2607	17.7	22.82
MA-MZC	24.5	5.35	45.25	6	2	0.1601	11.1	20.76
MA-SAC	19.75	3.5	47.5	5	0.5	0.0313	10.2	17.25
MA-LNL	21.25	4.075	50.5	4.5	2	0.0665	11.1	16.69
MA-SNL	29.25	4.75	50	8.25	3.5	0.1274	11.1	18.86
MN-PTZ	22.75	4.45	55	3.75	1	0.0958	5.72	10.09
MN-RTZ	32.5	5.05	47	12.25	7	0.1143	8.33	11.32
MN-MZC	25	3.825	55	5.25	2	0.0775	7.41	12.33
MN-SAC	14.5	3.725	56.5	2.25	0.25	0.0125	6.1	11
MN-LNL	25	4.225	53	2.5	1	0.0538	6.81	12