

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización de Chile Silvestre (*Capsicum frutescens* L.) para Incremento
de Semilla en Invernadero

Por:

JASHER RIQUELME GARCIA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización de Chile Silvestre (*Capsicum frutescens* L.) para Incremento
de Semilla en Invernadero

Por:

JASHER RIQUELME GARCIA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

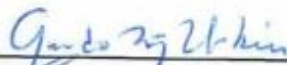
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal



Dra. Xochitl Ruelas Chacón
Coasesor



Dr. Armando Muñoz Urbina
Coasesor

PA


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2024

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Jasher Riquelme Garcia

DEDICATORIA

A Dios

Principalmente, expreso mi gratitud a Dios, agradeciéndole por haberme concedido el don de la vida y por otorgarme la valiosa oportunidad de explorar este vasto mundo.

El Señor es mi fuerza y mi escudo; mi corazón en él confía; de él recibo ayuda. Mi corazón salta de alegría, y con cánticos le daré gracias. (Salmos 28:7)

Entren por sus puertas con acción de gracias; vengan a sus atrios con himnos de alabanza; denle gracias, alaben su nombre. (Salmos 100:4)

A mis padres

Mis apreciados padres, **Casto Riquelme Leana y Claudia Patricia García Aguilar**, han sido un gran pilar en mi vida. Jamás se han fatigado de mí, siempre han estado atentos y hasta el momento siguen siendo una presencia palpable en mi corazón. El amor que expreso a ellos es indescriptible y profundo.

A mis hermanos

Aremy, Yostin y Damaris, por haberme apoyado de la mejor manera que pudieron, consejo y motivaciones para no rendirme.

AGRADECIMIENTOS

Deseo en primer lugar expresar mi profunda gratitud a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por otorgarme la invaluable oportunidad de ingresar a sus distinguidas instalaciones en el año 2019, con una acogida cálida y generosa. Gracias por haber culminado esta etapa como estudiante.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda** por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado y por su apoyo durante el desarrollo del trabajo de investigación de Tesis.

Al **Dr. Armando Muñoz Urbina, Dra. Xochitl Ruelas y Dr. Neymar Camposeco** por sus valiosas aportaciones para poder concluir con el presente proyecto.

Dra. Susana Gómez Martínez, Dra. María Alejandra Torres Tapia y Dra. Martha Gómez Martínez[†], por haberme impartido conocimientos durante mi crecimiento y desarrollo como profesionista.

Agradezco a mi **amigo Lorenzo Villa Sandoval** por su apoyo durante el manejo agronómico del cultivo en invernadero.

A mis amigos

Sallum (mi delegado), José (amigo consejero), Sichem (el master), Alexis (alias lobito mi joven), Efren (Efrensito), Luis Felipe (El fili), Jordi (El chino), y Jona (El joni), que a la distancia me pusieron en sus oraciones para que el Señor me guardara y protegiera durante este tiempo, aconsejándome y motivándome para no rendirme, los quiero mucho.

Moisés, mi pana, mi real un gran amigo que hice en esta institución, gracias por su gran apoyo incondicional, motivándome para no rendirme en las buenas y malas, dándome los mejores consejos que pudo, lo aprecio bastante.

Paco, un amigo que egreso hace años de esta institución, pero gracias a él y sus consejos pude lograr mis objetivos que uno de ellos era terminar mi tesis, le mando un fuerte abrazo a la distancia.

RESUMEN

El género *Capsicum spp.*, es originario de América del Sur y Centro América del cual se han estudiado aproximadamente 30 especies, de las cuales destacan *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens*, que han sido domesticadas. En la presente investigación se estudiaron 36 genotipos de chile silvestre pertenecientes a *C. frutescens* con el objetivo de evaluar sus características agronómicas y obtener incremento de la semilla de las líneas experimentales de este germoplasma. El experimento se estableció en el ciclo otoño-invierno del 2022-2023. En el invernadero No. 5 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). El germoplasma fue proporcionado por Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. Las variables estudiadas fueron las siguientes: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de hoja (LH), ancho de la hoja (AH), número de frutos por planta (NFP), peso promedio de fruto (PPF), peso total de frutos (PTF), peso seco de fruto (PSF) y número de semillas por fruto (NSPF). Con la información obtenida se efectuó un análisis multivariado de conglomerados y se estimaron correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas, utilizando el paquete estadístico Minitab 16. Con los resultados obtenidos en el análisis de conglomerados se seleccionaron los genotipos que mostraron mayor potencial de rendimiento como el genotipo 27 del grupo G4 por su alto promedio en PTF (15.36 g) y PSF (4.23 g); los genotipos 29 y 36 pertenecientes al grupo G5 igualmente destacan en PTF (11.77 g) y PPF (1.73 g); el genotipo 35 del G6 presentó un PTF (10.26 g) y destacó por su mayor promedio en NSPF (51.5). También se identificó al genotipo 1 perteneciente al grupo G1 que sobresale por su alto promedio en el NFP (38.0). Con respecto a las correlaciones fenotípicas de mayor importancia, la variable PTF se correlacionó positivamente y con alta significancia con: PPF ($r=0.727^{**}$), NSPF ($r=0.694^{**}$) y PSF ($r=0.961^{**}$). La variable PSF se relacionó positivamente con NSPF ($r= 0.706^{**}$).

Los genotipos de chile muestran variabilidad en las variables agronómicas evaluadas, siendo un recurso genético valioso que debe conservarse para continuar con su proceso de mejoramiento e incremento de semilla, la cual puede utilizarse como germoplasma experimental en futuros trabajos de investigación.

Palabras clave: *Capsicum frutescens* L. chile, silvestre, semillas.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del cultivo	4
2.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.3. Descripción botánica.....	5
2.4. Red chile	6
2.5. Conservación <i>in situ</i>	6
2.6. Conservación <i>ex situ</i>	7
2.7. Valor nutricional	8
2.8. Importancia económica	9
2.9. Valor agregado	10
2.10. Producción mundial de chile	11
2.11. Producción nacional de chile	11
2.12. Etapas de crecimiento y desarrollo	11
2.13. Principales plagas del chile.....	12
2.13.1. Mosquilla de los brotes: (<i>Prodiplosis longifila</i>).....	12
2.13.2. Gusano de tierra: <i>Agrotis ipsilon</i>	13
2.13.3. Mosca blanca: <i>Aleurotrachelus trachoides</i>	13
2.13.4. Perforador de frutos: <i>Heliothis virescens</i>	14

2.14. Principales enfermedades del chile	15
2.14.1. Pudrición del Cuello: <i>Phytophthora capsici</i>	15
2.14.2. Pudrición gris: <i>Botrytis cinerea</i>	16
2.15. Manejo agronómico del cultivo de chile	17
2.16. Análisis de conglomerados (AC).....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Localización del experimento.....	19
3.2. Material genético.....	19
3.3. Variables evaluadas.....	20
3.3.1. Altura de planta (AP)	20
3.3.2. Diámetro de tallo (DT)	20
3.3.3. Longitud de hoja (LH)	20
3.3.4. Ancho de la hoja (AH).....	21
3.3.5. Número de frutos por planta (NFP).....	21
3.3.6. Peso promedio de fruto (PF).....	21
3.3.7. Peso total de frutos (PTF).....	21
3.3.8. Peso seco de fruto (PSF).....	21
3.3.9. Número de semillas por fruto (NSPF).....	21
3.4. Análisis estadísticos.....	21
3.4.1. Análisis de conglomerado (AC)	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Análisis de conglomerados	24
4.2. Correlaciones fenotípicas.....	27
V. CONCLUSIONES	28
VI. LITERATURA CITADA.....	29
VII. APENDICE.....	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de conservación ex situ.....	8
Cuadro 2. Características del ensayo.....	19
Cuadro 3. Líneas experimentales de chile <i>Capsicum frutescens</i> L.....	20
Cuadro 4. Promedios de grupos de genotipos de líneas experimentales de chile obtenidos mediante el análisis de conglomerados.....	26
Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas entre las variables agronómicas de líneas experimentales de chile silvestre en el ciclo agrícola O-I 2022-2023.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de <i>Capsicum frutescens</i> L.....	5
Figura 2. Principales plagas de Chile que se presentan en las diferentes etapas fenológicas.....	12
Figura 3. Enfermedades que se presentan en cultivares de <i>Capsicum</i> spp.....	15
Figura 4. Dendograma del análisis de conglomerados de 36 líneas experimentales de Chile que da como resultado la formación de 11 grupos de genotipos.....	24

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) es una especie nativa de América, que actualmente se consume en fresco, deshidratado y procesado. El interés por *Capsicum* spp., ha aumentado debido al uso de la planta y frutos que se hacen de este cultivo el cual es versátil y apropiado para diferentes usos (Cárdenas, 2020). Este cultivo tiene el segundo lugar como vegetal más popular en el mundo después del tomate (Benson *et al.*, 2014). Algunas características sobresalientes de esta hortaliza son los compuestos bioquímicos que al ser ingeridos inciden en la salud humana como en el caso del contenido de ácido ascórbico, carotenoides y contenido de capsaicina (Luna-García *et al.*, 2018). Además, es considerado un alimento funcional que se utiliza en tratamientos para combatir o prevenir enfermedades crónicas como lo son el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Mori *et al.*, 2006).

El chile es un cultivo importante en el mundo, debido a su relevancia agrícola y económica. En la actualidad los cinco principales países que producen esta hortaliza son: China con el 49.45% de la producción, México (9.19%), Turquía (6.95%), Indonesia (6.91%) y España (3.47%) (FAOSTAT, 2020). En cuanto a la importancia económica de este cultivo en México se sembraron un total de 149,577 hectáreas de chile verde, considerando un rendimiento promedio por hectárea para chile jalapeño de 46.11 toneladas, mientras que para el chile poblano fue de 59.92 toneladas (SIAP, 2019). Los principales estados productores de chile jalapeño en México son: Chihuahua, Sinaloa y Michoacán. El chile poblano se produce principalmente en los estados de Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí.

Con respecto al desarrollo e implementación de la conservación *ex situ* de 36 genotipos chile silvestre (*C. frutescens*) se busca minimizar el riesgo de extinción de estas poblaciones mediante la preservación de su diversidad genética.

Estas plantas se utilizan en la alimentación y la agricultura, además requieren ser cultivadas en las regiones donde existe mayor diversidad genética, así como de forma *ex situ* también deben de conservarse en bancos de germoplasma (Reveles-Torres y Velásquez-Valle, 2016).

La especie cultivada del género *Capsicum frutescens* L. se caracteriza por poseer altos niveles de contenido mineral (como calcio, potasio, hierro y fósforo) y vitamínico (Cárdenas, 2020), dentro de esta especie se encuentra el chile tabasco con el que se produce la salsa del mismo nombre. Por otra parte, el germoplasma de *C. frutescens* requiere ser evaluado en sus características agronómicas para su producción de semilla con el fin de realizar posteriormente el mejoramiento de esta especie, por lo tanto, se realizó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Caracterizar accesiones de chile silvestre por parámetros agronómicos y componentes de rendimiento para incremento de semilla.

1.1.2. Objetivos específicos

Clasificar genotipos de chile silvestre con base a las variables agronómicas altura de planta, diámetro de tallo, longitud y ancho de hoja, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, peso total de fruto, peso seco de fruto y número de semillas por fruto.

Seleccionar genotipos de chile silvestre con base a rendimiento y características agronómicas sobresalientes.

1.2. Hipótesis

Ho. No existe diversidad fenotípica en las poblaciones experimentales, para seleccionar plantas de chile silvestre con características agronómicas sobresalientes.

Ha. Existe variabilidad fenotípica, en relación a características agronómicas dentro las poblaciones experimentales de chile silvestre que permiten identificar genotipos sobresalientes para la selección de plantas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo

Todas las especies pertenecientes al género *Capsicum* tiene su origen en América. Se cree que la distribución de este género, antes del descubrimiento de América, incluía las áreas que abarcaban desde las regiones meridionales de los Estados Unidos hasta las zonas templadas y cálidas de Sudamérica. En cuanto a su procedencia, una de las hipótesis más aceptadas sugiere que una parte significativa del género *Capsicum* tuvo su origen en una región principal en el centro-sur de Bolivia, y posteriormente se produjo su migración, hacia los Andes y las tierras bajas de la Amazonia. Esta migración estuvo acompañada de adaptación y especiación para aprovechar diferentes nichos ecológicos (Aguirre y Muñoz, 2015).

La extensa variación fenotípica de este cultivo contiene diferentes formas, colores, tamaños y hábitos de las plantas de estos frutos (Bosland, 2003). El género *Capsicum* remonta un largo tiempo en la cultura de México, algunos arqueólogos informan que fue una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica (Hernández *et al.*, 2004). Los chiles silvestres que son cultivados contienen diferencias morfológicas que se puede distinguir fácilmente. Los frutos de todas las variedades de chile silvestre presentan pequeñas bayas de tonalidad rojizas, las cuales son irresistibles para las aves gracias a sus dimensiones y tonalidades. *Capsicum annum* L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens* L., *Capsicum baccatum* L. (*C. var. pendulum*) y *Capsicum pubescens* R & P son las cinco principales especies de *Capsicum* cultivadas o semi-cultivadas (Macrae, 1993; Russo, 2012).

La especie *C. frutescens* es considerada una de las principales cinco especies que incluye pimientos y chiles. Dentro de las especies de *C. frutescens*, la variabilidad del color y la forma de la fruta es baja, a diferencia de las otras cuatro, de esta especie se cultiva principalmente en la variedad Tabasco, para elaborar la salsa Tabasco del mismo nombre.

2.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo a (Arévalo, 2014) la clasificación taxonómica del *Capsicum frutescens* L. es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnolophyta

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum

Especie: *C. frutescens*

2.3. Descripción botánica

La planta pertenece a las monocotiledóneas, es monoica, autógama, herbácea perenne y de la familia *Solanaceae*, y se clasifica como *Capsicum frutescens* L. (Figura 1).



Fuente: (Ríos, 2016).

Figura 1. Características morfológicas de *Capsicum frutescens* L.

Aspectos morfológicos de la planta de chile (Ríos, 2016).

Semilla: Está adherida al fruto de 2 a 5 mm de diámetro, aplanada, color crema, posee capsaicina y en promedio un fruto posee de 63 a 70 semillas.

Raíz: Pivotante profunda, la mayor parte de las raíces se encuentran entre los 0-25 cm pero puede profundizar más de 60 cm.

Tallo: Presenta forma cilíndrica, erecto y con altura variable, ramifica de forma dicotómica hasta el final de su ciclo.

Hojas: Son lanceoladas, con ápice pronunciado, margen entero, con haz glabro, el nervio principal parte de la base de la hoja, venación abierta.

Flor: Corola de color amarillo pálido, púrpura, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar, su fecundación es autógama, hermafrodita.

Fruto: Su tamaño es variable, dependiendo de la especie, el fruto es jugoso y adherido al pecíolo, los estados de maduración son representados por el color del fruto.

2.4. Red chile

La Macro Red Hortalizas estableció sus actividades en el año 2002 en donde se establecieron cultivos como chile, tomate, chayote, calabaza, camote, papa entre hortalizas como los quelites, verdolaga y especies afines (López y Montes, 2006).

Dentro de la red chile existen cinco especies cultivadas de chile (*C. annum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y prácticamente 25 silvestres semicultivadas. Por el gran potencial del cultivo y el valor económico que encara su producción, *Capsicum annum* L., es la especie cultivada con mayor relevancia a nivel mundial, y en México se encuentra la mayor variabilidad, dispersándose a nivel mundial en la época colonial, el cual se ha transformado en uno de los saborizantes de importancia en la cocina en el mundo. En el país se reconocen una amplia variabilidad tales como: el ancho, el guajillo, el jalapeño, el serrano, entre otros (Aguilar *et al.*, 2010).

2.5. Conservación *in situ*

Los chiles silvestres indudablemente representan un recurso genético de gran interés para los futuros proyectos de mejoramiento genético (Hernández *et al.*, 2004). En la actualidad la mayor producción de chile se realiza en los meses de agosto hasta octubre en algunas regiones, debido a su corto ciclo reproductivo. Pese a que

el consumo de las especies silvestres y semisilvestres es común en zonas rurales, por ser el área de multiplicación, en áreas urbanas se consumen los domesticados y comerciales (Rodríguez *et al.*, 2003) (Bran *et al.*, 2004).

El chile es uno de los cultivos ancestrales y utilizados en México, fue domesticado en el Valle de Tehuacán. La mayoría de los cultivos autóctonos se cultivan y consumen de forma sostenible durante largos períodos de tiempo, bajo sistemas de gestión agrícola y constituyen importantes recursos genéticos (Guzmán *et al.*, 2019).

En la totalidad de los *Capsicum* silvestres son endémicos o de otro modo restringido en áreas específicas. Estos incluyen: *C. caatingae*, *C. campylopodium*, *C. cornutum*, *C. friburgense*, *C. hunzikerianum*, *C. longidentatum*, *C. mirabile*, *C. pereirae*, *C. recurvatum*, *C. schottianum*, *C. villosum* var. *muticum* y *C. villosum* var. *Vellosísimo* en la costa de Brasil; *C. caballeroi*, *C. cardenasii*, *C. ceratocalyx*, *C. eshbaughii*, *C. minutiflorum* y *C. neei* en Bolivia; *C. galapagoense* en las Islas Galápagos; *C. benoistii*, *C. hookerianum*, *C. longifolium* y *C. piuranum* en el Ecuador continental, norte del Perú; y *C. tovarii* en el centro-sur de Perú (Khoury *et al.*, 2019).

2.6. Conservación *ex situ*

El objetivo de la conservación *ex situ* es minimizar el riesgo de extinción de poblaciones y especies mediante la preservación y representación de su diversidad genética. Además, se resguardan semillas para su uso en la investigación, programas de recuperación de especies y la restauración de ecosistemas degradados (Falk *et al.*, 1996). Según Havens *et al.*, (2004) los principales métodos de conservación *ex situ* se presentan en el Cuadro 1.

La conservación *ex situ* implica el desarrollo y la implementación de modelos para aprovechar de manera sostenible las plantas nativas y cultivadas que se encuentran dentro de los agroecosistemas. Estas plantas se utilizan en la

alimentación y la agricultura, formando bancos de germoplasma con este fin (Reveles-Torres y Velásquez-Valle, 2016).

Cuadro 1. Tipos de conservación ex situ.

Método de conservación	Descripción	Ventajas	Desventajas
Conservación de semilla	Conservación de la semilla en bancos con temperaturas controladas por largos períodos.	Conservar diversidad genética en espacios reducidos. El germoplasma está disponible para su distribución y uso.	Semillas recalcitrantes, no pueden ser conservadas, debido a que no toleran periodos largos de almacenamiento.
Conservación <i>in vitro</i>	Conservación a corto plazo durante 2 años de explantes en medios nutritivos con control de temperatura y luminosidad.	Conserva el germoplasma de las especies recalcitrantes (semillas, embriones y tejidos vegetales).	Riesgo de pérdida de germoplasma por contaminación.
Cultivo de tejidos	Multiplicación <i>in vitro</i> de explantes de: embriones, semillas, yemas o tejidos vegetativos en medios nutritivos.	Multiplica especies en peligro de extinción.	Elevados costos de implementación. Requiere un orden de cada especie. Riesgo de estrechar la diversidad genética.

Fuente: (Reveles-Torres y Velásquez-Valle, 2016).

El portal de recursos fitogenéticos Genesys contiene actualmente información a nivel de acceso para alrededor de 4 millones de muestras de bancos de germoplasma, lo que representa aproximadamente el 50% del total mundial estimado, a su vez está distribuido en aproximadamente 450 institutos (Global Crop Diversity Trust, 2022).

2.7. Valor nutricional

Los chiles provenientes de México tras el intercambio colombiano, produjeron innumerables variedades que se propagaron por todo el globo terráqueo y fueron empleados tanto para sustento alimenticio, como en la medicina tradicional (Kraft, 2014). El chile es importante dentro de los alimentos especiales, como el relleno, la cochinita pibil, en la vida cotidiana y en las fiestas, “la comida es un momento de

convivencia al que el chile le da sabor” (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2018). Además, se considera un alimento funcional altamente utilizado en tratamientos para combatir enfermedades, según sus estudios se reconoce por sus beneficios para prevenir enfermedades crónicas, como lo son algunos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Mori *et al.*, 2006).

El chile es una excelente fuente dietética de antioxidantes, tales como compuestos fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico, vitamina A, complejo vitamínico C, vitamina E, B1 (tiamina), B2 (riboflavina) y B3 (niacina) (Bosland y Votava, 2000). El consumo de chiles a través de la ingesta aporta al cuerpo humano, minerales, vitaminas y aminoácidos esenciales, que son indispensables para un adecuado desarrollo y crecimiento (Pawar *et al.*, 2011). Además los pimientos aportan una gran variedad de fitoquímicos como lo son: fenólicos y flavonoides, que son antioxidantes importantes que ayudan a reducir ciertas enfermedades degenerativas (Abdul, 2015).

2.8. Importancia económica

México se considera uno de los principales países con mayor producción de chile a nivel mundial, con una amplia diversidad genética de *Capsicum* (FAOSTAT, 2013). Las principales variedades que se producen en el norte del país son: Bell Pepper y jalapeño (Salazar, 2013). México logró alcanzar un promedio de 2.3 millones de toneladas de chile en sus diferentes variedades, con un respectivo valor de 22 mil 500 millones de pesos; los pimientos posicionados en el quinto lugar dentro de los 20 principales productos que se comercializan a nivel internacional (SADER, 2016).

En 2019 se cosecharon en México un total de 149,577 hectáreas de chiles verdes. Una superficie de 26,927 hectáreas se dedicó al chile jalapeño (18.0%) y 15,260 hectáreas al chile poblano (10.2%), representando el 28.2% del total del área cultivada de estas dos especies. El rendimiento promedio por hectárea para el chile

jalapeño fue de 46.11 toneladas, mientras que para el chile poblano fue de 59.92 toneladas (SIAP, 2019).

2.9. Valor agregado

Los chiles también pueden someterse a fermentación ácido-láctica o no fermentarse en absoluto. Normalmente, este proceso de fermentación se puede llevar a cabo, antes del encurtido sin necesidad de pasteurización, que es un nuevo método que se está promoviendo en la industria del encurtido (Galicia-Cabrera, 2006).

El uso industrial más innovador del chile es la extracción de su oleorresina (Cardona *et al.*, 2006). La oleorresina se utiliza en la preparación de embutidos y carnes procesadas. También se emplea como componente de pinturas marinas y como repelente en agricultura y ganadería artesanal.

Valencia y Sofía (2017) mencionan que el chile *C. frutescens* es ingrediente principal de la salsa Tabasco. Además, cabe señalar los principales usos que se le atribuyen a esta especie de chile:

- Condimentación de alimentos.
- Elaboración de salsas, encurtidos, enlatados.
- Usos medicinales.
- Cosmetología.
- Colorantes naturales para artesanías.
- Productos para la defensa personal.

La capsaicina es el primordial ingrediente activo para fabricación de aerosoles de autoprotección (gas pimienta) y repelentes contra insectos. Los derivados de los capsaicinoides son la capsaicina que son utilizados como aditivos en lociones, así como para evitar la caída del cabello y algunos lápices labiales (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2015).

2.10. Producción mundial de chile

El chile es un cultivo importante a nivel global, debido a su importancia económica y agrícola (FOASTAT, 2020). En el mundo existen una gran variedad de hortalizas, siendo el chile una de las principales con una producción a nivel mundial de 36,771, 482 toneladas. En la actualidad los cinco principales países que producen esta hortaliza son: China con el 49.45% de la producción, México (9.19%), Turquía (6.95%), Indonesia (6.91%) y España (3.47%) (FAOSTAT, 2020).

2.11. Producción nacional de chile

Los tres principales estados productores de chile en México son: el estado de Chihuahua con una producción aproximada de 562 mil toneladas al año; como segundo lugar está el estado de Sinaloa con 556 mil toneladas y por último el estado de Zacatecas con una producción de 348 mil toneladas (SADER, 2015).

Los principales estados productores de chile jalapeño en México en 2019 fueron Chihuahua con 9,175 hectáreas, Sinaloa con 3,944 hectáreas y Michoacán con 2,214 hectáreas. En cuanto al chile poblano, los principales estados productores para el mismo año, fueron Zacatecas con 6,457 hectáreas, Guanajuato con 3,302 hectáreas y San Luis Potosí con 918 hectáreas (SIAP, 2019).

2.12. Etapas de crecimiento y desarrollo

En el cultivo de *Capsicum* se pueden diferenciar cinco procesos de desarrollo que van desde el trasplante de las plantas, etapa vegetativa, reproductiva, madurez fisiológica del fruto y madurez comercial (Soto-Ortiz y Silvertooth, 2008). En el desarrollo de los procesos fisiológicos de las plantas, intervienen una gran cantidad de reacciones químicas, las cuales en su mayoría requieren de una determinada temperatura, aunque estas difieren continuamente, según la estación del año, altitud y latitud, entre otros factores bióticos y abióticos (Del Ángel, 1997).

2.13. Principales plagas del chile

El cultivo de chile (*Capsicum*) sufre afectaciones severas producidas por diversas plagas. El control fitosanitario se debe iniciar desde el almácigo con la disposición de trampas amarillas y negras en los invernaderos para controlar a la mosca blanca y a *Prodiplosis longifilia* (Marcelo *et al.*, 2022). A continuación, se describen cuatro de las principales plagas de este cultivo (Figura 2).



Fuente: (Marcelo *et al.*, 2022).

Figura 2. Principales plagas de chile que se presentan en las diferentes etapas fenológicas.

2.13.1. Mosquilla de los brotes: *Prodiplosis longifilia*

Según Agrobanco (2012). Los adultos pequeños suelen ser de color negro y amarillo y miden aproximadamente 1,5 mm de largo. La hembra es más grande que el macho y puede poner entre 40 y 60 huevos. Las larvas son de color blanco crema, miden más de 2 mm de largo y se mueven lentamente. Se convierten en pupas en el suelo y luego emergen como adultos.

Daños

- Las larvas raspan los brotes y retrasan el crecimiento.
- Enrollan los brotes terminales y adquieren apariencia negra.
- Ocasionan la caída de botones florales.

Control

- Trampas amarillas y azules.
- Manejo de la densidad del cultivo.

- Manejo de riego y fertilización.

2.13.2. Gusano de tierra: *Agrotis ipsilon*

Los adultos son principalmente activos durante la noche y suelen tener un color grisáceo. La hembra vuela durante la noche y deposita sus huevos en las hojas, los tallos o el suelo, específicamente en las plantas recién brotadas. Las larvas, que son de color gris opaco, pueden crecer hasta 5 cm de largo, exhiben un comportamiento nocturno y permanecen escondidos bajo tierra durante el día (Agrobanco, 2012).

Daños

- Raspan las hojas.
- Cortan las plántulas recién trasplantadas.

Control

- Uso de trampas de melaza.
- Cebos tóxicos consistentes en mezcla de afrecho, melaza y methomyl, aplicados inmediatamente después del trasplante.

2.13.3. Mosca blanca: *Aleurotrachelus trachoides*

Para el caso de la hembra, deposita huevos en la parte inferior de las hojas, y cada hembra es capaz de poner hasta 200 huevos durante su vida. Las ninfas del primer estadio son móviles, aplanadas y de color amarillento. En las etapas posteriores, se vuelven sedentarias, adhiriéndose a la hoja, oscureciéndose y rodeadas por un borde algodonoso blanco (EcuRed, 2019).

Daños

- Las ninfas y los adultos chupan la savia, lo que produce debilitamiento, amarillamiento y deformación del follaje, e incluso defoliación.

- Se produce una capa de moho, la cual reduce la fotosíntesis y la respiración, debilitando así la planta.

Control

- Utilizar una densidad de plantación adecuada.
- Eliminar malezas y residuos de cultivos anteriores, ya que pueden servir como hospederos de plagas.
- Aplicar insecticidas específicos para controlar las plagas eficazmente.

2.13.4. Perforador de frutos: *Heliothis virescens*

Es una plaga donde los adultos son de color amarillo de tamaño mediano con tres bandas transversales oblicuas en las alas anteriores; las hembras depositan en brotes como los botones florales, flor y fruto de hábitos nocturnos. Las larvas son de color verde y amarillo combinadas con tonos gris pardo (Agrobanco, 2012).

Daños

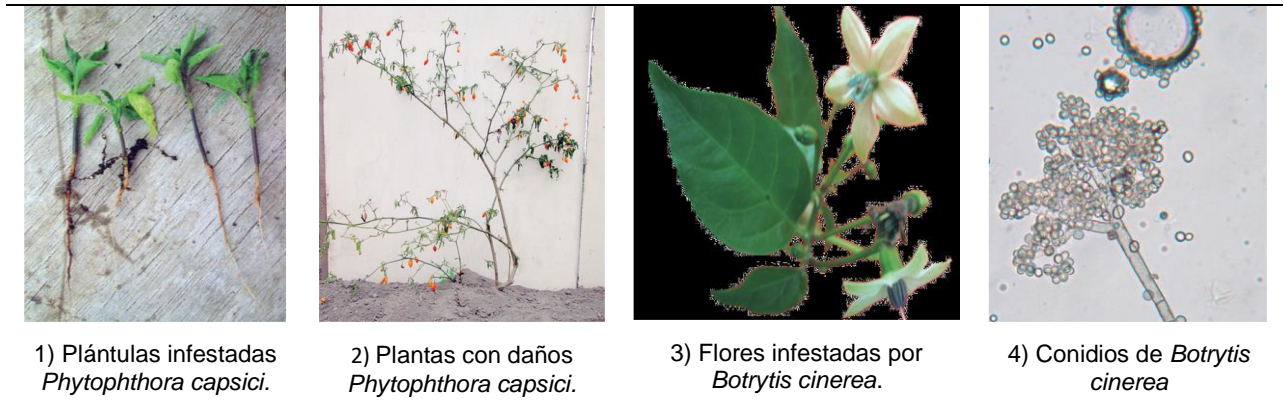
- Destrucción del follaje.
- Perforación de flores y caída de botones florales.
- Perforación y pudrición de frutos.

Control

- Manejo de la densidad de la siembra.
- Cosecha manual de frutos dañados.
- Aplicación de insecticidas específicos.

2.14. Principales enfermedades del Chile

Las enfermedades que atacan a este cultivo son *Phytophthora capsici* y *Botrytis cinerea* como algunas de las más representativas (Figura 3).



Fuente: (Marcelo *et al.*, 2022).

Figura 3. Enfermedades que se presentan en cultivares de *Capsicum* spp.

2.14.1. Pudrición del Cuello: *Phytophthora capsici*

Es una enfermedad ocasional, en donde el patógeno inverna en forma de oosporas, clamidosporas o micelio, en el suelo o en las raíces que se han infectado (Nuez *et al.*, 1996). Este patógeno puede desarrollar mayor volumen de micelio y zoosporas en climas húmedos y moderadamente fríos (Agrios, 2002). *Phytophthora capsici* puede provocar daños en cualquier parte de la planta y en cualquier estado de desarrollo.

Daños

- Pudrición de raíces y del cuello de la planta.
- Lesiones de color verde amarillento en hojas y ramas.
- Los frutos no completan su desarrollo y se secan, también presentan manchas acuosas de color verde claro que se tornan negras.
- Clorosis de las hojas.
- Marchitamiento completo de la planta.

Control

- Uso de semillas certificadas.
- Evitar riegos pesados y frecuentes.
- Los suelos, deben tener buen drenaje.
- Rotación de cultivos.
- Evitar el contacto directo del cuello de la planta con el agua de riego.
- Desinfección de las plántulas, antes del trasplante.

2.14.2. Pudrición gris: *Botrytis cinerea*

La pudrición gris es una enfermedad que produce grandes cantidades de micelio gris y varios conidióforos largos y ramificados (Romero, 1993). Los cuales sobreviven en plantas en proceso de descomposición (Mejía, 2008). Para desarrollar su ciclo requiere de temperaturas de 18°C a 23°C (Melgarejo *et al.*, 2002). La enfermedad es más sobresaliente cuando se presenta alta humedad. Los cultivos son más susceptibles durante la floración y madurez de los frutos.

Daños

- Desprendimiento de las flores a causa del moho gris del hongo.
- Bajo porcentaje de cuajado de frutos.
- Lesiones blanquecinas a pardas en las hojas y tallos.
- Podredumbre de los frutos.

Control

- Manejo de la densidad de siembra e iluminación.
- Evitar el acumulamiento excesivo de humedad.
- Eliminación o retiro de plantas u órganos del cultivo infectados.
- Aplicar fungicidas de forma preventiva.

2.15. Manejo agronómico del cultivo de chile

El manejo general del cultivo de chile desde la siembra, hasta la cosecha requiere de los siguientes pasos (INIFAP, 2012).

- Preparación del terreno: barbecho de 25 a 30 cm de profundidad, durante los meses de abril y mayo, dependiendo de la región.
- Rastreo: un paso de rastra entre 20 y 30 días, después del barbecho.
- Nivelación: con una escrepa para nivelación del terreno
- Surcado: a una separación de 92 cm, usando bordeador de doble vertedera.
- Contrabordeo: con el objetivo de controlar la maleza y mejorar la estructura del suelo.
- Formación de camas.
- Variedades: variedades de chile seleccionadas.
- Fecha de siembra.
- Siembra en almacigo.
- Trasplante: El trasplante se realiza en tierra húmeda, con una separación de 25 a 30 cm entre plantas.
- Riegos: Una vez establecido el cultivo en siembra directa o de trasplante, se aplican riegos cada 15 a 20 días durante todo el ciclo del cultivo. Dependiendo del sistema de riego disponible, un riego por aspersión requiere una hora de duración, o un riego rodado requiere una lámina de agua de 10 cm.
- Fertilización: Aplicar en banda la mitad del nitrógeno y todo el fósforo antes de sembrar, y la otra parte del nitrógeno en la primera floración.
- Control de malezas.
- Control preventivo de plagas y enfermedades.
- Cosecha: Se recomienda cosechar, cuando los frutos tengan el tamaño característico, estén firmes al tacto y presenten una coloración verde brillante. La cosecha se realiza de forma manual.

2.16. Análisis de conglomerados (AC)

El AC es un análisis multivariado que es útil para reducir una gran cantidad de información en pequeños grupos, donde los miembros de cada uno de ellos comparten características similares. El agrupamiento se basa en la distancia o similitud entre las observaciones (genotipos) y la obtención de dichos grupos depende del criterio para decidir que grupos obtenidos son significativos y cuáles no. Al respecto Cruz-Lázaro *et al.*, (2017) realizaron una colecta de 66 genotipos de chile silvestre *in situ* y utilizando 12 variables con mayor valor descriptivo para generar un dendograma, utilizando el análisis de conglomerados con el cual se formaron cuatro grupos con las variables seleccionadas en donde se detectó la diversidad genética entre las poblaciones de chile estudiadas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

Durante el ciclo Otoño-Invierno del año 2022 se establecieron 36 genotipos de chile silvestre (*Capsicum frutescens* L.) bajo condiciones controladas en invernadero para evaluar su comportamiento agronómico y producción de semilla. El experimento se estableció en un invernadero de tipo Túnel de media tecnología perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el cual se localiza a una latitud de 25° 21'33" N, longitud de 101°02'20" W y a una altitud de 1, 731 msnm (Google Earth, 2024). La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco. En el Cuadro 2 se presenta las características del experimento en invernadero.

Cuadro 2. Características del ensayo.

Localidad	UAAAN
Fecha de siembra en charolas	1 julio de 2022
Fecha de trasplante	18 julio de 2022
Régimen hídrico	Riego por cintilla
Número de genotipos	36
Número de camas de siembra	1
Número de genotipos por cama de siembra	36
Longitud de la cama de siembra (m)	16
Ancho de la cama de siembra (m)	0.9
Distancia entre plantas (m)	0.30
Fertilización*	N,P, K + micronutrientes

*Fertidrip[®], 20-20-20; 20-30-10 + micronutrientes

3.2. Material genético

El germoplasma consta de 36 líneas experimentales de chile *Capsicum frutescens* L. colectadas en el sureste de México (Cuadro 3) pertenecientes al Programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

Cuadro 3. Líneas experimentales de chile *Capsicum frutescens* L.

No. de identificación	Genotipo	No. de identificación	Genotipo
1	LECH-1	19	LECH-19
2	LECH-2	20	LECH-20
3	LECH-3	21	LECH-21
4	LECH-4	22	LECH-22
5	LECH-5	23	LECH-23
6	LECH-6	24	LECH-24
7	LECH-7	25	LECH-25
8	LECH-8	26	LECH-26
9	LECH-9	27	LECH-27
10	LECH-10	28	LECH-28
11	LECH-11	29	LECH-29
12	LECH-12	30	LECH-30
13	LECH-13	31	LECH-31
14	LECH-14	32	LECH-32
15	LECH-15	33	LECH-33
16	LECH-16	34	LECH-34
17	LECH-17	35	LECH-35
18	LECH-18	36	LECH-36

3.3. Variables evaluadas

3.3.1. Altura de planta (AP)

Se realizó midiendo con una cinta métrica, colocándola desde la base de tallo, hasta la punta de la parte apical de la planta, reportándose en cm.

3.3.2. Diámetro de tallo (DT)

Para medir esta variable se consideró una altura de 15 cm desde la base del tallo, posteriormente se midió el diámetro del tallo con vernier, reportándose en mm.

3.3.3. Longitud de hoja (LH)

Se tomó esta variable, considerando la parte intermedia de la altura de la planta y con una regla graduada se midió la longitud de la hoja en cm.

3.3.4. Ancho de la hoja (AH)

Se consideró la mitad de la altura de la planta y con una regla graduada se midió el ancho de la hoja expresada en cm.

3.3.5. Número de frutos por planta (NFP)

En la etapa de la cosecha se contabilizó el total del número de frutos por planta.

3.3.6. Peso promedio de fruto (PF)

Se tomaron tres frutos al azar por planta, para obtener el peso promedio por genotipo expresado en gramos (g).

3.3.7. Peso total de frutos (PTF)

El peso total de frutos por planta se registró, utilizando una balanza digital, el dato obtenido fue expresado en gramos (g).

3.3.8. Peso seco de fruto (PSF)

Para obtener esta variable, transcurrió un mes después de la cosecha, hasta que los frutos se deshidrataron, para posteriormente obtener el peso el cual fue expresado en gramos (g).

3.3.9. Número de semillas por fruto (NSPF)

Para esta variable se seleccionaron dos frutos de cada genotipo experimental, para posteriormente realizar el conteo de las semillas por fruto de chile.

3.4. Análisis estadísticos

Se utilizó el análisis de conglomerados para evaluar los datos obtenidos de 36 líneas experimentales de chile silvestre, para los cuales se consideraron nueve variables cuantitativas, los datos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 16 versión (2009).

3.4.1. Análisis de conglomerado (AC)

El (AC) realiza análisis mediante una implementación del siguiente algoritmo:

1. Examina la matriz de datos original ($n \times p$) conformada por n genotipos y p variables.
2. Estandariza la matriz de datos originales ($n \times p$) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1.

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma}$$

Donde:

Z = Es la observación transformada a unidades de desviación estándar.

X = Es el valor original a estandarizar.

\bar{X} = Es la media de la variable original.

σ = Es la desviación estándar de la variable original.

3. Estima la distancia euclidiana en base a la matriz de datos estandarizados para el par de poblaciones (i, j) con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} = \left[\sum_{k=1}^P (X_{ik} - X_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

E_{ij} = es la distancia entre la población i y la población j .

X_{ik} = es el valor de la k -ésima variable sobre la i -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclidiana en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas y agrupa el par de poblaciones (i, j) que son más similares y las une en un nuevo grupo; (Johnson, 2000), utilizando el procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior.
5. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidianas para reflejar la supresión del par de poblaciones, i y j , que fueron unidas, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo, hasta que las n poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el dendograma.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de conglomerados

En la Figura 4 se observa la formación de 11 grupos de líneas experimentales de Chile, como resultado del análisis de conglomerados (AC), en el cual se analizaron simultáneamente nueve variables cuantitativas: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), número de frutos por planta (NFP), peso de fruto (PF), peso total de frutos (PTF), peso seco de fruto (PSF) y número de semillas por fruto (NSPF). El corte de la gráfica se realizó a una distancia euclidiana de 3.02, cuando el genotipo 8 se enlaza con el genotipo 9, formándose el G9 con nueve líneas experimentales de Chile.

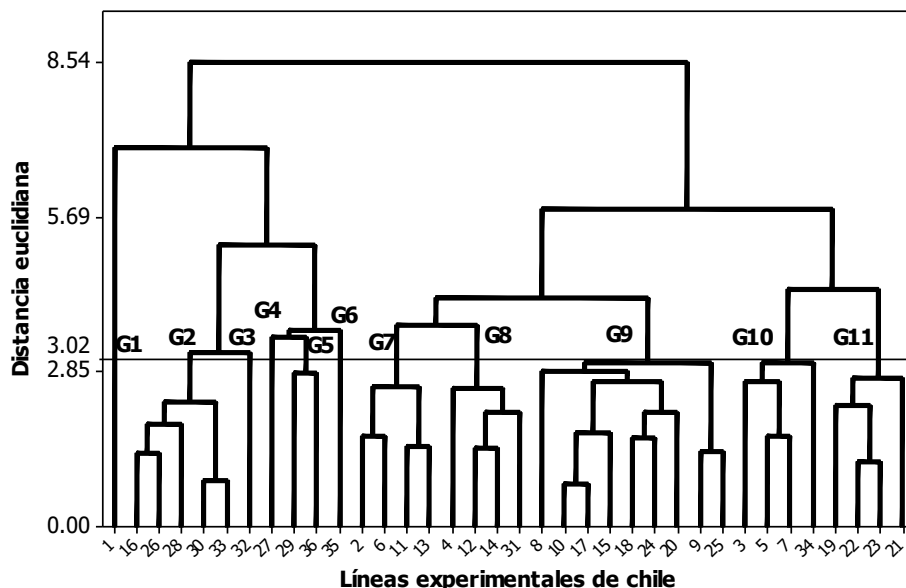


Figura 4. Dendrograma del análisis de conglomerados de 36 líneas experimentales de Chile que da como resultado la formación de 11 grupos de genotipos.

Los chiles experimentales evaluados en la presente investigación, presentaron frutos alargados, ápice puntiagudo, flor de color morada, estas características morfológicas son representativas de plantas de chiles silvestres de la especie *C.*

frutescens L. De acuerdo con Narez-Jiménez *et al.*, (2014) reportan la presencia de esta especie en el sureste de México.

De acuerdo con los resultados reportados por Cruz-Lázaro *et al.*, (2017) en Chile silvestre pico de paloma (*Capsicum frutescens* L.) el componente principal CP1 explicó el 23.10% de la variación total, siendo las variables de mayor contribución el largo de hoja, ancho de hoja, altura de planta, ancho de planta y diámetro de tallo, esto coincide con lo reportado por Moreno-Pérez *et al.*, (2011) que mencionan que el primer componente fue explicado por descriptores de hoja y planta.

Asimismo, en los resultados reportados por Cruz-Lázaro *et al.*, (2017) en Chile (*Capsicum frutescens* L.), muestran que las variables largo de fruto, peso de fruto y diámetro de tallo, fueron las que influyeron principalmente en la determinación del componente en las variables de fruto. Por lo tanto, la mayor contribución de las variables de planta y fruto en la explicación de los componentes principales, coincide con los datos reportados por Villota-Cerón *et al.*, (2012), quienes observaron que las variables de planta y fruto fueron las de mayor contribución en la explicación de los primeros componentes principales en Chile.

En el Cuadro 4 se observan los grupos y promedios de las nueve variables cuantitativas estudiadas. Con respecto a la variable PTF se observa que los grupos: G4 (15.36 g), G5 (11.77 g) y G6 (10.26 g) sobresalieron por su alto valor de rendimiento. Otra característica en que destacan los genotipos incluidos en estos grupos son PPF: G4 (1.17 g), G5 (1.73 g) y G6 (1.54 g). La variable PSF es importante, porque está relacionada con la producción de subproductos del Chile en donde se obtuvieron los siguientes promedios de esta variable: G4 (4.23 g), G5 (3.17 g) y G6 (3.00 g).

Los valores promedios de los genotipos de Chile en las diversas variables evaluadas se reportan en el Cuadro 4 en donde se observa variación entre las accesiones para las variables agronómicas, largo y ancho de hoja, altura de planta, diámetro de tallo, peso total del fruto y número de semillas por fruto.

Cuadro 4. Promedios de grupos de genotipos de líneas experimentales de Chile obtenidos mediante el análisis de conglomerados.

Grupo	Genotipos	AP* cm	DT mm	LH cm	AH cm	NFP no	PPF g	PTF g	PSF g	NSPF no
G1	1	134.0	17.17	9.50	4.50	38.00	0.44	6.56	2.60	20.50
G2	16,26,28 30,33	158.80	9.89	10.00	4.32	8.40	1.13	6.57	1.84	25.70
G3	32	168.00	12.82	8.00	3.70	10.00	1.43	7.91	2.05	9.00
G4	27	153.00	9.23	9.50	4.30	19.00	1.17	15.36	4.23	42.50
G5	29,36	169.00	11.31	10.65	4.15	12.50	1.73	11.77	3.17	25.50
G6	35	179.00	10.55	13.50	4.80	13.00	1.54	10.26	3.00	51.50
G7	2,6,11,13	150.40	10.51	11.10	4.52	16.00	0.77	5.70	2.07	23.70
G8	4,12,14,31	152.75	12.46	9.68	4.00	9.75	0.85	4.01	1.15	10.00
G9	8,10,17,15, 18,24,20,9,25	124.56	10.39	10.96	4.71	4.78	0.61	1.95	0.68	11.89
G10	3,5,7,34	163.50	11.84	14.63	6.40	9.75	0.46	2.90	1.14	7.38
G11	19,22,23,21	127.25	8.44	13.90	5.65	4.75	0.93	2.72	0.94	17.00

*AP= Altura de Planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, NFP= Número de frutos por planta, PPF= peso promedio de fruto, PTF= peso total de fruto, PSF= peso seco de fruto, NSPF= número de semillas por fruto.

Otra variable a consideración fue el NSPF, una característica general de este germoplasma, es que presentó un hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (I.A.) en el cual la porción apical permanece en forma vegetativa (Ávila *et al.*, 2014). Esta característica influyó en la baja producción de semilla, ya que algunos frutos no alcanzaron su madurez fisiológica. Sin embargo, se presentaron genotipos sobresalientes en el número de semillas por fruto: G4 (NSPF= 42.50), G5 (NSPF= 25.) y G6 (NSPF=51.5). El grupo 1, genotipo G1, presentó un alto NFP = 38, esta característica se podría emplear en el mejoramiento de este germoplasma.

4.2. Correlaciones fenotípicas

El análisis de correlaciones fenotípicas muestra la relación entre las variables evaluadas (Cuadro 5). Se presentó una correlación positiva y altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre las variables agronómicas LH y AH ($r=0.906^{**}$) lo cual caracteriza a los genotipos de los grupos G10 y G11 (Cuadro 5). Con respecto la correlación positiva y altamente significativa entre PPF y PTF ($r=0.727^{**}$) esta relación se representa en los genotipos del grupo G5. La variable PSF fue la que mayor influyó sobre el PTF ($r=0.961^{**}$) como se observa en el G4, igualmente la variable NSPF se correlacionó positivamente y significativamente con PTF ($r=0.694^{**}$). Finalmente se observa que la variable PSF influyó positiva y significativamente en el NSPF ($r=0.706^{**}$).

Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas entre las variables agronómicas de líneas experimentales de chile silvestre en el ciclo agrícola O-I 2022-2023.

	AP	DT	LH	AH	NFP	PPF	PTF	PSF
DT	0.206							
LH	-0.009	-0.200						
AH	-0.065	-0.125	0.906^{**}					
NFP	0.253	0.412 ^{**}	-0.220	-0.191				
PPF	0.410 ^{**}	-0.185	-0.228	-0.355 ^{**}	-0.055			
PTF	0.561 ^{**}	0.023	-0.312	-0.388 ^{**}	0.481 ^{**}	0.727^{**}		
PSF	0.524 ^{**}	0.081	-0.269	0.357 ^{**}	0.631 ^{**}	0.589 ^{**}	0.961^{**}	
NSPF	0.242	-0.114	-0.096	-0.259	0.231	0.579 ^{**}	0.694^{**}	0.706^{**}

^{**}Altamente significativa al nivel de probabilidad del 0.01; AP= Altura de Planta, DT= diámetro de tallo, LH= largo de hoja, AH= ancho de hoja, NFP= Numero de frutos por planta, PPF= peso promedio de fruto, PTF= peso total de fruto, PSF= peso seco de fruto, NSPF= número de semillas por fruto.

V. CONCLUSIONES

- El análisis multivariado de conglomerados permitió clasificar a los 36 genotipos de Chile en 11 grupos con características diferentes.
- Se seleccionaron los genotipos: 27 del grupo G4 por su alto promedio en PTF (15.36 g) y PSF (4.23 g); los genotipos 29 y 36 pertenecientes al grupo G5 igualmente destacan en PTF (11.77 g) y PPF (1.73 g); el genotipo 35 del G6 presentó un PTF (10.26 g) y destacó por su mayor promedio en NSPF (51.5).
- Se identificó al genotipo 1 perteneciente al grupo G1 que sobresale por su alto promedio en el NFP (38.0).
- Se presentó una correlación positiva y altamente significativa entre las variables LH y AH ($r=0.906^{**}$).
- Las variables que se correlacionaron positivamente y significativamente con PTF fueron: PPF ($r=0.727^{**}$), NSPF ($r=0.694^{**}$) y PSF ($r=0.961^{**}$).
- La variable PSF mostró una correlación positiva y altamente significativa con NSPF ($r=0.706^{**}$).

VI. LITERATURA CITADA

- Abdul Salam S. (2015). Biochemical Studies on Peppers as Specific Foodstuffs. Egypt: CU Thesis 2015.
- Agrios, G. (2002). Fitopatología. Grupo Noriega Editores.
- Agrobanco. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de ají. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social, Agrobanco.
- Aguilar R. V. H., T. Corona T., P. López L., L. Latournerie M., M. Ramírez M., H. Villalón M. y J. A. Aguilar C. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, COLPOS, INIFAP, IT Conkal, UANL, UAN. México. 114 pp.
- Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila M.A., Katz E. y Hernández-Colorado, M.R. (2018). Los chiles que le dan sabor al mundo. CONABIO. Primera edición. Xalapa, Veracruz, México. P 19.
- Aguirre,H.E y Muñoz,O.V. (2015). El chile como alimento. *Revista Ciencia*. Volumen 1: 16 p.
- Arévalo Ramírez J. (2014). Efecto de cuatro dosis de thihormona en el cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) variedad nativa, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas [Tesis de pregrado]. Tarapoto: Perú, UNSM; 2014.
- Barchenger D.W. and Khoury C.K. (2022). A Global Strategy for the Conservation and Use of Capsicum Genetic Resources. Global Crop Diversity Trust. Bonn, Germany. DOI: 10.22001/wvc.74702 ([https:// worldveg.tind.io/record/74702](https://worldveg.tind.io/record/74702)).
- Benson, G. A. S.; Obadofin, A. A. and Adesina, J. M. (2014). Evaluation of plant extracts for controlling insect pests of pepper (*Caspicum* spp.) in Nigeria humid rainforest. *New York Sci. J.* 7(1):39-43.
- Bosland PW, Votava EJ. (2003). Peppers: Vegetable and spice capsicums. In: Atherton J, Rees A. (eds.). *Crop Production Science in Horticulture Series*. New York: CABI Publishing. 204 p

- Bran, R. A. A.; Moya, L. y Álvarez, G. M. (2004). Colecta, conservación y caracterización morfológica de chile silvestre y semidomesticado (*Capsicum* spp) en la Región Frailesca, Chiapas. México. En Resúmenes del Congreso Científico del INCA, (14:2004 nov. 9 al 12:INCA). 2004. p. 17.
- Cárdenas, J. (2020). Efecto de *Fusarium oxysporum* Schltdl., en la extracción de nutrientes en plantas de Ají (*Capsicum frutescens* L.) tipo tabasco Var. Amazon. Extracción y distribución de nutrientes en Ají (*Capsicum frutescens* L.) tipo tabasco Var. Amazon y su relación con la presencia de *Fusarium oxysporum* Schltdl., 29.
- De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C., Osorio-Osorio, R., Preciado-Rangel, P., & Márquez-Hernández, C. (2017). Caracterización morfológica *in situ* de chile silvestre Pico de paloma (*Capsicum frutescens* L.) en Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 27(2), 10-16. doi: 10.15174/ au.2017.1083
- Del Ángel. R. S. (1997). Comportamiento fenológico del cultivo de chile serrano *Capsicum annum* L. y su relación con las unidades de color. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 21 p.
- EcuRed. Enciclopedia cubana. (2019). Descripción de *Aleurotrachelus trachoides*. [https://www.ecured.cu/Aleurotrachelus trachoides](https://www.ecured.cu/Aleurotrachelus%20trachoides)
- Falk Da, Ci Millar y M. Olwell (1996). *Restoring Diversity: Strategies for reintroduction of endangered plants*. Washington, DC: Island Press.
- FAOSTAT. (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. (03, diciembre, 2023).
- FAOSTAT. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#home>. El 05 de diciembre de 2023.
- FAOSTAT. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#home>. El 29 de enero de 2024.

- Galicia Cabrera, R. M. (2006). "Technologies for jalapeño pepper preservation". Handbook of Food Science, Technology and Engineering. Volumen 4: 182-1 - 182-13.
- Google Earth, (2024). Consultado en marzo del 2024. Disponible en: <https://earth.google.com>
- Guzmán, FA, Moore, S., de Vicente, M. y Jahn, M. (2019). Microsatélites para mejorar la caracterización, conservación y valor genético del germoplasma de *Capsicum*. *Genet Resour Crop Evol*, 569-585. doi: <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00801-w>
- Hernández, V. S.; Luna, R. R.; Sánchez, C.; González, R. A.; Rivera, B. R. F.; Guevara, G. R. G.; Sánchez, P. P.; Casa, A. y Oyama, K. (2004). Variación genética en la resistencia a virus en poblaciones silvestres de Chile (*Capsicum annuum*). En Primera Convención Mundial del Chile. Mejoramiento y Recursos Fitogenéticos, 2004. p. 25.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. (2012). Chile Jalapeño. INIFAP, CEHUAS. México, D.F. 7 p.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2015). Cuatro importantes usos de los ajíes. <http://www.inia.cl/blog/2015/12/18/cuatro-importantes-usos-de-los-ajies/>.
- Johnson, E.D. (2000). Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. New York, U.S.A.
- Khoury CK, Carver D, Barchenger DW, Barboza G, van Zonneweld M, Jarret R, Bohs L, Kantar MB, Uchanski M, Mercer K, Nabhan GP, Bosland PW, and Greene SL. (2019). Modeled distributions and conservation status of the wild relatives of Chile peppers (*Capsicum* L.). *Diversity and Distributions* 26(2): 209–225.
- Kraft, Kraig H., Cecil H. Brown, Gary P. Nabhan, Eike Luedeling, José de Jesús Luna Ruiz, Geo Coppens d'Eeckenbrugge, Robert J. Hijmans, y Paul Gepts. (2014). Multiple Lines of Evidence for the Origin of Domesticated Chili Pepper, (*Capsicum annuum*), in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (17): 6165-70. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>.

- López L. P. y S. Montes H. (2006). Avances de investigación de la Red Hortalizas del SINAREFI (Libro Científico número 1). INIFAP-CEBAJ. México 466 pp.
- Luna-García, L.R., Robledo-Torres V. Vásquez-Badillo M.E., Ramírez-Godina F. y Mendoza-Villarreal R. (2018). Hibridación entre diferentes tipos de chiles y estimación de la heterosis para rendimiento y calidad de fruto. ITEA. 114: 119-134. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.008>.
- Macrae R. Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition (Peppers and Chilies). Academic Press; 1993. 3496-3505 p.
- Mejía, L. (2008). Estudio fitopatológico en el laboratorio de diagnóstico fitosanitario de la unidad de normas y regulaciones del ministerio de agricultura y centro de diagnóstico parasitológico. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Melgarejo, P., Raposo, R., Moyano, C., & Gómez, V. (2002). Control integrado de *Botrytis cinerea* en cultivos hortícolas de invernadero. Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal, (135), 125-127.
- Moreno-Pérez, E. C., Avendaño-Arrazate, C. H., Mora-Aguilar, R., Cadena-Iñiguez, J., Aguilar-Rincón, V. H., & Aguirre-Medina, J. F. (2011). Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(1).
- Mori A., Lehmann S., O'Kelly J., Kumagai T., Desmond J.C., Pervan M., McBride W.H., Kizaki M., Koeffle H.P. (2006). *Cancer Research*. 66: 3222.
- Narez-Jiménez, C. A., De la Cruz-Lazaro, E., Gómez-Vázquez, A., Castañón-Nájera, G., Cruz-Hernández, A., & Márquez-Quiroz, C. (2014). La diversidad morfológica *in situ* de chiles silvestres (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3).
- Nuez, F., Gil, R., & Costa, J. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes (1ª ed.). Mundi-Prensa.

- Pawar SS, Bharude NV, Sonone S. (2011). Chilies as food, spice and medicine: A perspective. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 311-318.
- Perry, Linda, y Kent V. Flannery. (2007). Precolumbian Use of Chili Peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (29): 11905-9. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704936104>.
- Reveles-Torres L.R. y Velásquez-Valle, R. (2016). El banco de germoplasma de chile en el Campo Experimental Zacatecas. Folleto Técnico Núm 80. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 33 páginas
- Ríos, D. K. (2016). Modelo productivo ají tabasco (*Capsicum frutescens*) en el pie de monte llanero como alternativa de ingreso familiar en la actividad agropecuaria. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Salle. El Yopal, Colombia. p 11
- Rodríguez, B. L. A. del; Ramírez, M. M. y Pozo, C. O. (2003). El cultivo del chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noroeste de México. Primer Simposio Regional de Chile Piquín. Publicación especial No 23. Memorias. 2003. p. 1-15
- Romero, C. (1993). Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo.
- Russo V. (2012). Peppers: Botany. Production and Uses. London: CAB International; 2012. 280 p.
- SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Producción del chile mexicano. 15 de julio. Consultado en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-del-chile-mexicano>
- SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Producción nacional de chile. Comunicado. consultado en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/produccion-nacional-de-chile>

- Salazar-Jara F.I., Juárez-López, P. (2013). Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annum* L.). Revista Bio Ciencias. Volumen 2., 27-34 p.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Consultado en <https://www.gob.mx/siap>. El 02 de febrero de 2024.
- Soto-Ortiz, R. y Silvertooth, JC. (2008). Un modelo de fenología de cultivos para variedades tipo chile (*Capsicum annum* L.) de riego de Nuevo México. Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida. Universidad de Arizona. Informe vegetal. 104-112 págs. <http://hdl.handle.net/10150/215050>
- Valencia, V., Sofia, L. (2017). Diseño de una planta procesadora de ají *Capsicum* spp. en el Valle del Chota, provincia de Imbabura (Bachelor's thesis). Disponible en <http://201.159.223.64/handle/123456789/6240>
- Villota-Cerón, D., Bonilla-Betancourt, M. L., Carmen-Carrillo, H., Jaramillo-Vásquez, J., & García-Dávila, M. A. (2012). Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el Banco de Germoplasma activo de Corpoica C.I. Palmira, Colombia. Acta Agronómica 61(1).

VII. APENDICE



Germinación de semilla



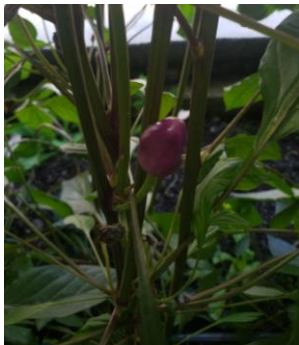
Desarrollo de planta



Etapa de floración



Toma y captura de datos



Fruto



Cosecha de frutos



Peso de frutos



Conteo de semillas