

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Ocho Híbridos de Chile Serrano
(*Capsicum annuum* L.) en el Sureste de Coahuila

Por:

CARLOS MANUEL JIMÉNEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Ocho Híbridos de Chile Serrano
(*Capsicum annuum* L.) en el Sureste de Coahuila

Por:

CARLOS MANUEL JIMÉNEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Asesor Principal



Dr. Fernando Borrego Escalante
Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejó
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no 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



Carlos Manuel Jiménez Ramírez

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por hacer posible la realización de este trabajo, también por darme la oportunidad de vivir y compartir con personas que han formado parte importante en mi vida profesional.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme formado profesionalmente, así como al Departamento de Fitomejoramiento por brindarme toda su sabiduría durante estos años.

Al **Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza** mi asesor, por ser un buen maestro, transfiriendo sus conocimientos, por brindarme su amistad y paciencia a lo largo de este trabajo de tesis.

Al **Dr. Fernando Borrego Escalante** por su apoyo y tiempo brindado en la aportación y revisión del presente trabajo.

A la **MC. Cristina Patricia Aguilar Aranda**, por su colaboración para para la realización de los trabajos de laboratorio realizados en el presente trabajo.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su aportación en la revisión del presente trabajo y por su tiempo dedicado.

A la **ING. María de Lourdes Hernández Hernández**, por su colaboración para para la realización de los trabajos de laboratorio.

A **mis amigos** de la universidad por brindarme su amistad, Miguel, Ángel Onan, Roberto Carlos, María Dolores y Jazmín Azucena por los momentos que pasamos juntos.

DEDICATORIA

A mis padres Carlos Jiménez Escobar y Amalia Guadalupe Ramírez Ventura por darme la vida es por ustedes que en este momento estoy aquí, por confiar en que lo lograría, por sus consejos y por el apoyo recibido en todo momento han logrado lo que hoy en día soy, por todo el amor y el cariño a pesar de todo.

A mi hermano Luis Antonio por todo el apoyo que me ha brindado.

A mi familia, abuelos, tías, tíos, primos por el apoyo recibido en todo momento, por aconsejarme y por todo su cariño.

¡A todas las personas que la vida ha cruzado en este camino y de que alguna u otra manera han dejado huella en mi vida, muchas gracias!

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
1.3. HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen y antecedentes del chile	3
2.2. Descripción del cultivo.....	4
2.3. Clasificación taxonómica	5
2.4. Producción mundial.....	5
2.5. Producción nacional.....	7
2.6. Requerimientos climáticos.....	7
Clima	7
Suelo.....	8
Humedad.....	8
Riegos	8
2.7. Manejo del cultivo.....	8
Preparación del terreno	8
Barbecho	9
Paso de rastra.....	9
Nivelación.....	9

Siembra.....	9
Trasplante	10
Densidad de siembra	10
Cosecha	10
2.8. Índice de picor.....	10
2.9. Índice de clorofila.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Ubicación y localización del experimento.....	13
3.2. Manejo del cultivo	13
3.3. Trasplante	13
3.4. Descripción de tratamientos	13
3.5. Material genético.....	14
3.6. Características generales de los híbridos de chile serrano.....	14
3.7. Variables agronómicas y fisiológicas evaluadas	16
3.8. Diseño experimental.....	18
3.9. Análisis estadístico.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1. Número de lóculos	20
4.2. Grosor de la pared	20
4.3 Pungencia	20
4.3. Número de frutos por planta.....	21
4.4. Rendimiento por planta	22
4.5. Rendimiento por hectárea	22
4.6. Peso promedio de fruto	22

4.7.	Índice de clorofila (SPAD y SPECTRUM)	25
4.8.	Análisis de correlación	27
4.9.	Análisis de componentes principales	28
V.	CONCLUSIONES	30
VI.	LITERATURA CITADA.....	31
	APÉNDICE	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Principales estados productores de chile serrano en México 2023.	7
Cuadro 2. Descripción de los híbridos de chile serrano.	14
Cuadro 3. Análisis de varianza para tres variables de calidad en chile serrano en el sureste de Coahuila.	21
Cuadro 4. Análisis de varianza para cuatro variables de rendimiento de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.	24
Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable índice de clorofila (SPAD) y (SPECTRUM) en hojas de chile serrano en el sureste de Coahuila.	26
Cuadro 6. Matriz de correlación en evaluación agronómica de ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	28
Cuadro 7. Total de varianza explicada de ocho híbridos de chile serrano para cada componente principal.	29
Cuadro 8. Contribución relativa de las variables analizadas en tres componentes principales de ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	29
Cuadro 9. Comparación de medias para componentes de calidad de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.	39
Cuadro 10. Comparación de medias para componentes de rendimiento de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.	39
Cuadro 11. Comparación de medias para híbridos en dos componentes de índice de clorofila en hojas de chile serrano en el sureste de Coahuila.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de chile 2023.....	6
Figura 2. Gráfica de la variable Peso Promedio de Fruto (PPF) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	23
Figura 3. Gráfica de la variable rendimiento por planta (RENDPLATA) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	24
Figura 4. Gráfica de la variable rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	25
Figura 5. Gráfica de la variable del índice de clorofila (SPAD) en los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.....	26
Figura 6. Gráfica de la variable de índice de clorofila (SPECTRUM) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.	27

RESUMEN

El chile desempeña un papel fundamental en el desarrollo del sector agrícola, convirtiéndose en un cultivo de gran importancia económica. El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento agronómico de ocho híbridos experimentales de chile serrano en el sureste de Coahuila. Este experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El experimento fue evaluado bajo un diseño de bloques completos al azar y se realizó una prueba de comparación de medias y después se realizó un análisis de componentes principales con los siguientes resultados: nos permitió identificar tres componentes principales en cual se relacionó con (Rendimiento, Peso de Fruto y Índice de Clorofila), que explican el 71.746 % de la variación total. Los híbridos evaluados fueron 1). Cadereyta, 2). Arista, 3). Sendero, 4). Serrano Real, 5). Jigante, 6). San Luis, 7). 21-2505, 8). Plata. Los parámetros evaluados fueron Número de Lóculos (NL), Grosor de la Pared (GP, mm), Pungencia (PUN), Número de frutos por planta (NFPLTA), Rendimiento por Planta (RENDPLATA, Kg), Peso Promedio de Fruto (PPF, g), Rendimiento por hectárea (REND_HA, t ha⁻¹), Índice de Clorofila (SPAD) y (SPECTRUM). El híbrido San Luis en la variable de rendimiento por planta (RENDPLTA) fue superior a los demás, presentó un rendimiento de 35.43 toneladas por hectárea. El híbrido con mayor índice de pungencia fue el Plata, mientras que, el que menor índice fue el Cadereyta.

Palabras claves: *Capsicum annuum* L., Pungencia, Clorofila, SPECTRUM.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile, que abarca todas las especies del género *Capsicum*, es uno de los más significativos en términos de desarrollo económico social a nivel nacional (García *et al.*, 2010). Además de su valor como producto, nuestro país se destaca no solo por poseer la mayor diversidad de chiles en el mundo, sin duda también por su importancia cultural y tradicional en la dieta popular mexicana, ya sea consumido fresco o industrializado (Celaya y Ortega., 2020).

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 38, 310,350.6 toneladas (FAOSTAT., 2023), creciendo un 16.9% con respecto a 2014. La superficie cosechada del cultivo también tuvo un incremento de 5.5% en el mismo período. Este aumento está acorde a la tendencia que se tiene desde hace 9 años con el cultivo.

Con respecto a los países productores de chile, China se reportó para 2023 como el principal productor a nivel mundial con una producción de 17,134,480.1 toneladas que equivale a 44.7% de la producción, seguido por México 3,681,061.5 toneladas (9.6%), Turquía 3,081,010.0 toneladas (8.0%), Indonesia 3,061,260.4 toneladas (7.9%) y España 1,389,830.0 (3.6%). Estos 5 países reunieron poco más del 73% de la producción mundial de chile y el 70.5% de la superficie cosechada en 2023 (FAOSTAT, 2023).

El chile es una hortaliza que más se produce en el país. México cuenta con una producción nacional de chile serrano de 348,197.08 toneladas ocupando el segundo lugar en el año 2024. Sinaloa es el estado con mayor producción con 147,606.58 toneladas y un valor de producción de \$ 1,718,950.08, seguido de San Luis Potosí produciendo 54,407.21 toneladas con un valor de \$ 1,029,267.29 (SIAP, 2023).

La selección de un buen material genético se realiza básicamente considerando rendimiento, resistencia a enfermedades y valor agronómico, entonces es necesario evaluar la consistencia del comportamiento de las variedades estando sometidos a diversos ambientes para ver su adaptabilidad (Anaya-López *et al.*, 2011).

Con el propósito de encontrar materiales genéticos que se adapten y permitan incrementar los rendimientos, se presenta el siguiente trabajo de comportamiento agronómico de ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila. Esta información será útil para iniciar nuevos programas para la producción de chile serrano o bien para el cambio de variedades en la región.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento agronómico de ocho híbridos experimentales de chile serrano en el sureste de Coahuila.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar la calidad y rendimiento de los híbridos de chile serrano a campo abierto en el sureste de Coahuila.

1.3. HIPÓTESIS

H0: El comportamiento agronómico de los híbridos de chile serrano es similar a campo abierto en el sureste de Coahuila.

H1: El comportamiento agronómico de los híbridos de chile serrano es diferente a campo abierto en el sureste de Coahuila.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y antecedentes del chile

Todas las especies del género *Capsicum* son nativas de América. Según los expertos, el chile tiene su origen en México, y las pruebas arqueológicas han permitido estimar que esta planta fue cultivada entre los años 7000 y 2555 a.C. en las áreas de Tehuacán, Puebla. De América, fue introducido en Europa en el siglo XVI por Cristóbal Colón. Los botánicos lo denominaron *Capsicum* (Carrizo *et al.*, 2016).

El *Capsicum*, comúnmente conocido como chile, representa una tradición milenaria en Mesoamérica. Se considera una de las primeras especies vegetales domesticadas en esta región, en especial el *Capsicum annuum*, cultivado desde tiempos prehispánicos (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2009). Su presencia en las mesas de todas las clases sociales es una muestra de su arraigo cultural y su importancia en la dieta mexicana (Verdugo *et al.*, 2017).

El chile es un condimento ancestral que ha acompañado al pueblo mexicano desde tiempos inmemoriales. Más allá de su sabor característico, estudios recientes han revelado su valor nutricional, destacando su aporte de vitamina C y sus propiedades analgésicas (Osorio *et al.*, 2021). Su domesticación, que precede a la de otros cultivos fundamentales como el maíz, el frijol y la calabaza, subraya su importancia en la cultura alimentaria mexicana (Aguilar-Meléndez *et al.*, 2021)

2.2. Descripción del cultivo

El género *Capsicum* se conforma por 31 especies, pero sólo cinco han sido domesticadas: *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. annuum*. La última especie es la que contiene la mayor diversidad de chiles, cultivados o silvestres (Casas., 2002).

El chile es una planta de ciclo anual, que presenta tallo herbáceo, de porte erecto y crecimiento limitado. Su longitud oscila entre 0.5 y 1.5 metros. Con el paso del tiempo, el tallo experimenta un ligero proceso de lignificación, adquiriendo una tonalidad verde oscuro. (Favela *et al.*, 2003). Las hojas son planas, simples y de forma elíptica o alargada, con tamaños variables. Pueden ser lisas o lanceoladas, y miden entre 1.5 y 12 cm de largo, y entre 0.5 y 7.5 cm de ancho. La base de la hoja es cuadrada, y el pecíolo es largo. Tanto las hojas como el tallo, en ocasiones, pueden mostrar una ligera vellosidad (Pérez *et al.*, 2008). Las flores son de color blanco y, en ocasiones, púrpura. Los pedicelos pueden alcanzar hasta 1,5 cm de longitud. El cáliz es acampanado, ligeramente dentado, con una longitud aproximada de 2 mm. Generalmente, es alargado y cubre la base de los frutos. Las flores son hermafroditas, con un alto porcentaje de polinización cruzada. (Pérez *et al.*, 2008). Los frutos son rectos, alargados o ligeramente curvos, y algunos presentan una forma cónica. Su longitud varía entre 2 y 10 centímetros, con un cuerpo cilíndrico y una piel lisa. Contienen de 2 a 3 lóculos y suelen ser picantes. El color del fruto inmaduro va desde el verde claro hasta el verde oscuro, mientras que al madurar se torna rojo, aunque en algunos casos puede adquirir tonos café, naranja o amarillo, dependiendo de su variedad genética. (Basulto y Pérez., 2023). Claver (2007) menciona que el tamaño y el nivel de picante son características genéticamente independientes y que la intensidad del picor de un chile es el resultado de factores ambientales y genéticos que influyen en la cantidad y tipo de capsaicinoides presentes en el fruto. Las semillas son muy pequeñas miden entre 2 y 3 milímetros. En su estado inmaduro, cuando el fruto aún está verde, las semillas presentan un color blanco.

Sin embargo, al alcanzar la madurez, adquieren una tonalidad amarillo pálido. (Basulto *et al.*, 2022).

2.3. Clasificación taxonómica

De acuerdo con el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS., 2011), la siguiente clasificación taxonómica del chile, es aceptada.

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledonea

Orden: Solanaceales

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum L

Especie: annum

2.4. Producción mundial

A nivel mundial el chile es una de las principales hortalizas cultivadas, con una producción de 38, 310,350.6 toneladas (FAOSTAT., 2023), creciendo un 16.9% con respecto a 2014. La superficie cosechada del cultivo también tuvo un incremento de 5.5% en el mismo período. Este aumento está acorde a la tendencia que se tiene desde hace 9 años con el cultivo. (FAOASTAT., 2014)

Con respecto a los países productores de chile, China se reportó para 2023 como el principal productor a nivel mundial con una producción de 17,134,480.1 toneladas que equivale a 44.7% de la producción, seguido por México 3,681,061.5 toneladas (9.6%), Turquía 3,081,010.0 toneladas (8.0%), Indonesia 3,061,260.4 toneladas (7.9%) y España 1,389,830.0 (3.6%). Estos 5 países reunieron poco más del 73% de la producción mundial de chile y el 70.5% de la superficie cosechada en 2023 (FAOSTAT., 2023).

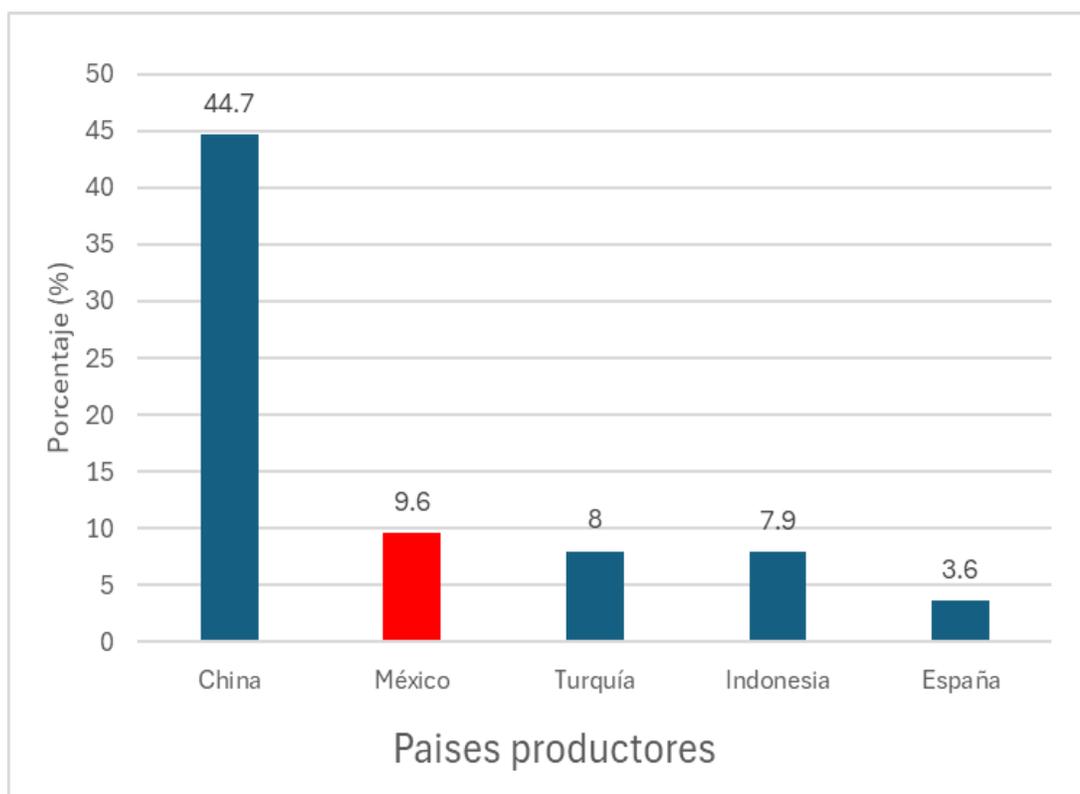


Figura 1. Principales países productores de Chile 2023
Fuente: Elaboración propia con datos del FAOSTAT 2023

2.5. Producción nacional

México cuenta con una producción nacional de chile serrano de 348,197.08 toneladas en el año 2023. Sinaloa es el estado con mayor producción con 147,606.58 toneladas y un valor de producción de \$ 1,718,950.08, seguido de San Luis Potosí produciendo 54,407.21 toneladas con un valor de \$ 1,029,267.29 (Cuadro 1) (SIAP.,2023).

Cuadro 1 Principales estados productores de chile serrano en México 2023.

Entidad Federativa	Superficie (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (udm/ha)	Valor (miles de pesos)
Sinaloa	3,439.52	147,606.58	42.91	1,718,950.08
San Luis Potosí	1,718.0	54,407.21	32.14	1,029,267.29
Michoacán	994.3	20,903.49	21.02	230,370.19
Veracruz	1,716.53	18,593.36	10.83	185,551.08
Guanajuato	805.5	17,198.8	21.35	224,516.77
Sonora	611.0	16,259.93	26.61	113,589.75
Jalisco	531.16	15,164.43	28.93	196,009.11
Tamaulipas	383.0	12,368.69	32.29	294,162.01
Puebla	1,791.16	11,325.93	6.32	134,886.3
Chihuahua	262.0	8,722.00	33.29	118,590.63
Total Nacional	13,794.15	348,197.08	25.31	4,549,628.21

Fuente: Elaboración propia con datos del sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2023.

2.6. Requerimientos climáticos

Clima

El cultivo del chile prospera en condiciones cálidas, por lo que se clasifica como un cultivo de clima cálido. Maldonado *et al*, (2002), menciona que para que las semillas germinen de manera óptima, la temperatura ideal oscila entre los 25 y 35 °C, observándose la emergencia de las plántulas entre el octavo y noveno día después de la siembra. Un desarrollo adecuado requiere una temperatura promedio de 24 °C, con un máximo tolerable de 34 °C y un mínimo de 11 °C.

Suelo

El chile se desarrolla de manera óptima en suelos profundos, con buen drenaje y una textura que puede variar desde ligera (arenosa) hasta pesada (arcillosa). Los suelos franco-arcillosos suelen ser los más adecuados. Aunque tolera cierta acidez, el pH ideal se encuentra entre 5.5 y 6.8. Un buen drenaje es esencial para evitar encharcamientos y favorecer el crecimiento radicular (Carrillo-Martínez *et al.*, 2022).

Humedad

La humedad óptima para el cultivo de chile se sitúa entre el 50% y el 70%. Este rango es especialmente crítico durante las fases de floración y cuajado de los frutos. Una humedad excesiva puede favorecer el desarrollo de enfermedades, mientras que una humedad muy baja combinada con altas temperaturas puede provocar una pérdida excesiva de agua por parte de la planta y, como consecuencia, la caída de flores (Soto., 2018).

Riegos

La frecuencia e intensidad del riego varían según las características del suelo y la tasa de evaporación. Es fundamental mantener una humedad constante en el suelo a lo largo de todo el ciclo de cultivo, pero especialmente durante la floración. La escasez de agua en esta etapa puede ocasionar la abscisión floral, por lo que es crucial contar con un sistema de riego eficiente que distribuya el agua de manera uniforme (Ramírez *et al.*, 2009).

2.7. Manejo del cultivo

Preparación del terreno

Al igual que otras hortalizas, el cultivo del chile exige una labor de preparación del suelo cuidadosa para garantizar un óptimo desarrollo vegetativo y, en consecuencia, obtener producciones abundantes y frutos de alta calidad.

Barbecho

Camacho *et al.*, (2007) describe el barbecho como una práctica agrícola que consiste en invertir la capa superficial del suelo hasta una profundidad de 30-35 cm, utilizando principalmente arados de reja o de disco. Esta labor es fundamental para asegurar un buen rendimiento, ya que facilita la penetración radicular, elimina plagas y malezas, y mejora la infiltración del agua. Alonso *et al.*, (2023) coincide en que el arado cumple estos objetivos clave.

Paso de rastra

El rastreo consiste en fragmentar los grandes terrones del suelo a una profundidad de 25 a 30 cm, que quedan tras el barbecho. Esta labor es fundamental para crear una cama de siembra suave y uniforme, lo que favorece la siembra y la germinación de las semillas. Además, el rastreo promueve la mezcla de las capas superficiales del suelo, facilitando la descomposición de los residuos vegetales y su incorporación como materia orgánica (Rivadeneira *et al.*, 2019)

Nivelación

La nivelación del terreno es una práctica fundamental en la agricultura, ya que permite optimizar el uso del agua y garantizar un desarrollo uniforme de los cultivos. Al crear una superficie plana y homogénea, se evita el encharcamiento en algunas zonas y la escasez de agua en otras, lo que se traduce en mayores y mejores rendimientos (García-Herrera *et al.*, 2020).

Siembra

La época de siembra del chile serrano depende en gran medida de las condiciones climáticas de la región. Es fundamental evitar las heladas tardías y seleccionar variedades que se adapten al ciclo de cultivo deseado. De esta manera, se puede programar la cosecha en el momento más oportuno (Castorena *et al.*, 2005)

Trasplante

Según Cabanzo (2020), el momento óptimo para trasplantar el chile serrano es cuando la planta alcanza una altura de 7 a 15 cm y presenta un par de hojas verdaderas. Es fundamental que la plántula muestre un vigoroso sistema radicular y un follaje de color verde intenso. Becerra *et al.*, (2013) recomienda realizar un riego previo al trasplante y otro posterior para asegurar la supervivencia de la planta.

Densidad de siembra

La densidad de siembra del chile varía según el porte de la variedad, las características del suelo, la maquinaria utilizada, los costos de producción y el método de siembra (Carrillo *et al.*, 2023).

Cosecha

La cosecha del chile es un proceso manual que se lleva a cabo cuando los frutos alcanzan su madurez fisiológica, caracterizada por un tamaño adecuado y un color verde oscuro o brillante. El primer corte se realiza aproximadamente 90 a 100 días después del trasplante, y los siguientes se efectúan cada 18 a 25 días (Acosta *et al.*, 1994)

2.8. Índice de picor

México es reconocido por su gran variedad de chiles picantes, como el serrano, jalapeño, guajillo y muchos otros, aún existen importantes vacíos de conocimiento sobre la distribución geográfica y la diversidad genética de estas especies. A pesar de su relevancia cultural y económica, se requiere de más investigación para comprender plenamente la riqueza y complejidad del germoplasma de chile en nuestro país (Pérez-Castaneda *et al.*, 2015).

La pungencia del chile está determinada por la presencia de capsaicinoides, un grupo de alcaloides que le otorgan el sabor picante y la intensidad de los chiles. A comienzos del siglo XX, Wilbur L. Scoville ideó una prueba para cuantificar el

nivel de picor de los chiles, estableciendo así la escala de Scoville, que aún hoy en día se utiliza como referencia (Crapnell y Banks., 2021).

Vargas *et al.*, (2020) mencionan que esta sustancia posee una amplia gama de propiedades beneficiosas, lo que la convierte en un compuesto de gran interés en diversos campos. Entre sus aplicaciones destacan sus propiedades anticancerígenas, su uso como analgésico tópico y su empleo como aditivo biodegradable en la industria de pinturas y pigmentos, donde actúa como repelente natural.

Guzmán y Bosland., (2017) mencionan en un estudio donde se estableció un vocabulario descriptivo para definir los atributos sensoriales del picor del chile, fue posible comunicar la capacidad sensorial desarrollando un método de perfil de consenso, identificando atributos clave para el picor del chile definiendo y haciendo referencia a un léxico para describir la sensación de picor de los chiles.

2.9. Índice de clorofila

Una forma rápida y precisa de evaluar el contenido de nitrógeno foliar es empleando el medidor de clorofila SPAD-502. Este instrumento mide el índice de clorofila, un valor directamente relacionado con la cantidad de clorofila presente en las hojas. El SPAD-502 funciona midiendo la absorción de luz a dos longitudes de onda específicas: 650 nm y 940 nm. Jiménez *et al.*, (2017) mencionan que esta se determina como el índice de verdor (valores SPAD). El contenido de clorofila se incrementa proporcionalmente a la cantidad de nitrógeno presente en la hoja.

Las lecturas de SPAD son un indicador preciso del estado nutricional de las plantas en cuanto al nitrógeno. Un valor de SPAD inferior a 48.5 indica una deficiencia de nitrógeno, lo que significa que la concentración de este elemento esencial en el tejido vegetal es inferior al tres por ciento (Cruz-Durán *et al.*, 2011)

Estudios previos emplearon el uso de la espectrofotometría (FieldScout CM1000, Spectrum Technologies, Inc., USA) para estimar el índice de clorofila en diferentes híbridos de Chile (Camoglu *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y localización del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a un costado del invernadero no. 5 perteneciente al departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, sus coordenadas geográficas son 25° 22' N; 101° 00' O, con altitud de 1754 msnm, con una temperatura media anual de 18 a 22°C.

3.2. Manejo del cultivo

La siembra de los híbridos de chile serrano se realizó el 28 de febrero del 2023 en charolas de poliestireno de 80 cm de largo por 25 de ancho y 8 cm de profundidad con 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss al 10%, vermiculita al 15% y tierra cribada al 75%, se sembró una semilla por cavidad

3.3. Trasplante

El trasplante de los materiales se realizó el 21 de abril del 2023 a los 52 días de edad, antes de la plantación se le dio un riego con la finalidad de darle humedad que requieren las plántulas, se realizó las perforaciones necesarias al acolchado, se colocaron plántulas con una separación de 30 cm entre planta. El sistema de plantación fue de hilera sencilla se colocaron tras plantas por metro de cama. Con una densidad de plantación de 23,809 plantas por hectárea.

3.4. Descripción de tratamientos

Se establecieron diez plantas y se evaluaron seis plantas por híbrido con tres repeticiones; la primera cosecha se realizó a los 71 días después del trasplante, con un total de cuatro cortes. El segundo corte se realizó a los 14 días después de primer corte, el tercer corte se realizó a los 12 días después del segundo corte y el cuatro corte se realizó 12 días después del tercer corte.

3.5. Material genético.

Para el presente estudio se utilizaron híbridos de chile serrano descritos en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Descripción de los híbridos de chile serrano.

Hibrido	Empresa	Estatus
Cadereyta	HM Clause	Comercial
Arista	Nongwoo Seed American	Comercial
Sendero	Sakata	Comercial
Serrano Real	HM Clause	Comercial
Jigante	Gowan Seed	Comercial
San Luis	Nongwoo Seed American	Comercial
21-2505	Nongwoo Seed American	Experimental
Plata	CapGen Seed	Comercial

3.6. Características generales de los híbridos de chile serrano.

Cadereyta

Material vigoroso y fuerte con set continuo de frutos de color verde oscuro, con paredes gruesas y una madurez relativamente intermedia los tamaños son extragrandes y de alto picor (HM. Clause, 2024a).

Arista

Material vigoroso y fuerte de porte robusto con una madurez media de 80-85 días, los frutos son de color verde oscuro brillante de piel lisa y estos logran medir de 10 a 11 cm y pesar de 22-24g su nivel de picor es alto (Nongwoo Bio., 2020)

Sendero

Es un material con excelente precocidad, altamente productivo, con buena cobertura foliar y excelente pungencia. Los tamaños van de 11.5 -12.5 cm manteniéndolos durante todo el ciclo productivo, con un peso promedio de 30g (Sakata., 2024)

Serrano Real

Material vigoroso y fuerte con frutos de color verde, diseñado para exportación con paredes gruesas y una madurez relativamente intermedia los tamaños son extragrandes y con un picor intermedio (HM. Clause, 2024b).

Jigante

Material con porte semi cerrado, mediano con buen vigor altamente productivo de ciclo largo, con frutos grandes y alta pungencia (Gowan Seed, 2024)

San Luis

Material de habito compacto muy ramificado con alta productividad, madurez precoz, el fruto es de color verde brillante. Los tamaños van de 7 a 8 cm con paredes gruesas y un picor intenso (Nongwoo Bio., 2020)

Plata

Material vigoroso con fuerte sistema radicular muy productivo durante todo el ciclo, frutos uniformes de un color verde que llegan a medir entre 9 a 11 cm, con una pulpa muy gruesa y buen picor (CapGen Seeds., 2024)

3.7. Variables agronómicas y fisiológicas evaluadas

Número de frutos por planta (NFPLTA)

Esta variable nos permite evaluar la productividad individual de cada planta, es decir, su capacidad para generar una cantidad significativa de frutos. Un mayor número de frutos por planta indica un mayor potencial productivo del cultivo. Se contabilizó el número de frutos totales por planta durante la cosecha de 4 cortes.

Peso promedio del fruto (PPF, g)

Esta variable se obtiene al dividir el peso total de los frutos de una planta entre el número total de frutos producidos por esa misma planta. Se utilizó una báscula digital.

Rendimiento por planta (RENDPLATA)

Esta variable se obtiene con el peso total de los frutos de una planta. Este cálculo nos proporciona una medida del tamaño promedio de los frutos y es un indicador importante de la calidad y productividad del cultivo.

Rendimiento por hectárea (REND_HA)

Esta variable resulta fundamental para comparar la productividad de diferentes híbridos bajo condiciones similares a las de un cultivo comercial. Al multiplicar el rendimiento por planta por la densidad de siembra, obtenemos un indicador preciso de la capacidad productiva de cada híbrido.

Número de lóculos (NL)

Esta variable se refiere al número de cavidades que presenta el chile serrano. Se obtuvo al realizar un corte transversal en el fruto, se contabilizó el número de lóculos de cinco frutos evaluados

Grosor de la pared (GP, mm)

Esta variable se refiere a la longitud de la pared en mm de chile serrano. Una vez cosechado los frutos se tomó una muestra representativa, con un vernier digital se midió el grosor de la pared

Pungencia (PUN)

Esta variable representa el grado de picor causada por la presencia de capsaicinoides en la placenta del fruto, se determinó al morder y probar chiles mediante la escala de: 1; dulce, 2; picor ligero, 3; picor leve, 4; picor leve más, 5; picor medio, 6; picor medio más, 7; picor alto, 8; muy alto, 9; extremadamente picoso.

Índice de clorofila (SPAD y SPECTRUM)

El Índice de clorofila se evaluó cuantitativamente la intensidad del color verde de las hojas, midiendo las transmisiones de luz, determina el índice relativo de clorofila en la hoja. Se determinaron con los equipo KONICA MINOLTA (SPAD-502) y un espectrofotómetro (FieldScout CM1000, Spectrum Technologies, Inc., USA).

Las lecturas para SPAD-502 se realizaron entre las 10:00 y 12:00 horas asegurando que la hoja este expandida y seca, evitando el rocío de la mañana.

Para las mediciones con el equipo FieldScout CM1000 (SPECTRUM), se realizaron a 30 cm del haz de la hoja. Utiliza la tecnología de "apunte y dispare"

que mide instantáneamente la luz reflejada en el rojo (660nm) y en el cercano infrarrojo (840nm). A 30cm integra una medición en un área de 4cm de diámetro y a 1.2m un área de 11cm. Un rayo láser lo guía mostrando la frontera del área de medición. Un sensor de luz ambiental corrige de manera automática las mediciones por aquellas variaciones de luz que se den durante la toma de datos. El medidor de mano calcula y muestra en valor promedio para lecturas múltiples.

3.8. Diseño experimental.

El experimento fue realizado con un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y un testigo comercial, cada uno consto de 3 repeticiones (bloques).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación en la unidad experimental k , correspondiente al tratamiento i , bloque j .

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del tratamiento i .

β_j = Efecto del bloque j

ε_{ijk} = Error experimental

3.9. Análisis estadístico

Análisis de varianza

El análisis de varianza con el programa estadístico Minitab V19, para la prueba de medias se utilizó la prueba de Fisher (DMS) con nivel de significancia del $P \leq 0.05$.

Análisis de correlación

Las correlaciones fenotípicas entre las variables se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson $p \leq 0.05$

Análisis multivariado

Componentes principales

Se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales (CP), se realizó con la matriz de correlaciones, con la finalidad de que las variables involucradas en el análisis tuvieran la misma importancia. Los análisis estadísticos se realizaron con el lenguaje R statistical (R version 3.0.2, 2013), con el programa STATISTICA 7.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Número de lóculos

Con los datos obtenidos (Cuadro 3) se realizó un análisis de varianza, donde los híbridos de chile serrano, no presentan diferencias significativas, en las repeticiones se presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el coeficiente de variación obtenido fue 5.43%, se realizaron pruebas de medias por el método de Fisher donde se identificó que el híbrido Arista es el mayor con una media en número de lóculos de 3.25 y el menor Cadereyta con 2.85, los datos obtenidos son similares a los de la investigación de Chávez y Castillo (1999) donde el promedio de lóculos se encuentra entre 2 a 4.

4.2. Grosor de la pared

En el (Cuadro 3) se presenta un análisis de varianza para el grosor de la pared, donde para los híbridos evaluados se presenta diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$), de la misma manera para las repeticiones presenta diferencias significativas ($P \leq 0.05$), se obtuvo un coeficiente de variación 7.15%, se realizaron pruebas de medias bajo el método de Fisher, con esto logramos obtener el híbrido Cadereyta presentó el grosor de la pared más grande con 3.88 mm, mientras que el menor fue Serrano Real con 2.85 mm. Los resultados presentados difieren a lo realizado por Arisha *et al.* (2024), donde realizó un estudio en diferentes genotipos de chile serrano donde para la variable grosor de la pared obtuvo valores desde 0.5 – 2.1 mm.

4.3 Pungencia

De acuerdo a los datos obtenidos (Cuadro 3) donde se realizó un análisis de varianza se determinó que el nivel de pungencia de manera sensorial los híbridos de chile serrano evaluados, existen diferencias significativas ($P \leq 0.01$), mientras que para las repeticiones no existen diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 13.46% se obtuvieron pruebas de medias bajo el método de Fisher con las cuales se logró identificar que el híbrido Plata presenta mayor

pungencia con un nivel de picor de 8.66, y el híbrido Cadereyta con menor nivel de pungencia con un nivel de 4.00. La evaluación sensorial puede ser una alternativa confiable de menor costo y que incluso pueden ser un complemento a las técnicas analíticas y de fácil aplicación para los productores e industriales (Ramírez-Rivera *et al.*, 2024). Evaluaciones realizadas por Ramírez-Rivera *et al.* (2021), donde desarrolló y validó una metodología para la caracterización sensorial en chiles de alta pungencia utilizando una escala de 0 -10 donde encontró valores desde 2.8 - 6.2 de pungencia.

Cuadro 3. Análisis de varianza para tres variables de calidad en chile serrano en el sureste de Coahuila.

FV	GL	NL	GP (mm)	PUN
Híbridos	7	0.04ns	0.30**	7.40**
Repetición	2	0.09*	0.25*	0.37ns
Error	14	0.02	0.05	0.70
Total	23			
C.V. %		5.43	7.15	13.46
Valor máximo		3.5	4.6	9
Media		3.03	3.22	6.25
Valor mínimo		2.75	2.74	4

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **NL:** Número de lóculos; **GP:** Grosor de pared; **PUN:** Pungencia; **= Significativo al 0.01; *= Significativo al 0.05, **CV** = Coeficiente de variación

4.3. Número de frutos por planta

Con los datos obtenidos (Cuadro 4) se realizó un análisis de varianza, para los Híbridos evaluados de chile serrano no se presentan diferencias significativas, de la misma manera para las repeticiones no se presentan diferencias significativas, el coeficiente de variación obtenido es de 21.58%, se realizaron pruebas de medias por el método de Fisher ($P \leq 0.05$), donde se identifica que el Híbrido con mayor número de frutos es San Luis con 124.6 frutos por planta, el Híbrido con menor número de frutos es Gigante con 71.58 frutos por planta, esto difiere con los datos obtenidos por Díaz-José *et al.* (2023), donde evaluó el número de frutos en variedades de chile serrano obteniendo valores promedios de 24.36 frutos por planta.

4.4. Rendimiento por planta

Con los datos obtenidos en el (Cuadro 4) se realizó un análisis de varianza con un ($P \leq 0.05$), donde para los híbridos evaluados de chile serrano no presentan diferencias significativas, el coeficiente de variación obtenido es 18.60%, se realizaron pruebas de medias por el método de Fisher, donde se identifica que el híbrido con mayor rendimiento es el San Luis con 1.48 kg por planta, el Híbrido con menor rendimiento es el Arista con 0.96 kg por planta, a diferencia del testigo Plata donde obtuvo 1.07 kg por planta, las diferencias en los rendimientos en los híbridos comerciales pueden deberse a diferencias genéticas entre los híbridos ya que se establecieron en las mismas condiciones (Ramírez y Méndez 2018).

4.5. Rendimiento por hectárea

Se realizó un análisis de varianza (Cuadro 4), con la obtención de datos se determinó el rendimiento, en los híbridos y repeticiones de chile serrano donde estadísticamente no existen diferencias significativas, el coeficiente de variación fue de 18.60 %, sin embargo, en la prueba de medias por el método de Fisher ($P \leq 0.05$), presentó diferencias, donde se determinó que el mejor Híbrido en cuanto a rendimiento es San Luis con 35.43 t ha^{-1} , y el menor es Arista con 22.94 t ha^{-1} , comparados con testigo el Híbrido Plata con 25.74 t ha^{-1} , estos resultados reportados son similares a las investigaciones realizadas por Castellanos *et al.* (2017) donde obtuvo rendimientos en diferentes híbridos de chile serrano de $20.00 - 38.33 \text{ t ha}^{-1}$, calculado a la misma densidad manejada en el ensayo.

4.6. Peso promedio de fruto

Se realizó el análisis de varianza (Cuadro 4), donde los híbridos evaluados de chile serrano presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), para las repeticiones no se presentan diferencias significativas, el coeficiente de variación es de 9.35%, con las pruebas de medias realizadas por el método de Fisher, el híbrido con mayor peso promedio fue Sendero 15.17 g y el menor serrano real con 11.28 g, comparados con el testigo Plata 12.90 g del peso promedio de fruto están representados en la Figura 2. Los datos presentados difieren a lo realizado

por Vásquez *et al.* (2010), donde realizó un estudio en diferentes variedades de chile serrano, donde el peso promedio de fruto obtuvo valores desde 6.9 – 12.2 g.

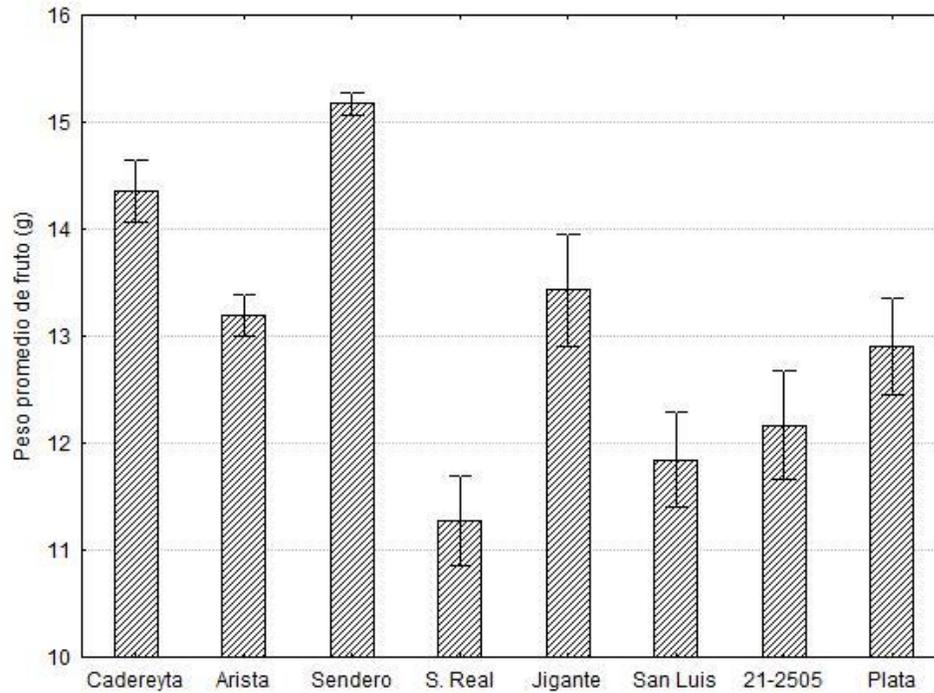


Figura 2. Gráfica de la variable Peso Promedio de Fruto (PPF) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

Cuadro 4. Análisis de varianza para cuatro variables de rendimiento de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.

FV	GL	NFPLTA	RENDPLTA	PPF	REND_HA
Genotipo	7	896.33ns	0.12ns	5.03*	69.16ns
Repetición	2	84.37ns	0.08ns	4.35ns	50.78ns
Error	14	401.59	0.04	1.489	28.61
Total	23				
C.V. (%)		21.58	18.60	9.35	18.60
Valor máximo		143.2	1.69	15.51	35.44
Media		92.83	1.19	13.04	28.75
Valor mínimo		56.6	0.67	10.20	22.94

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **NFPLTA:** Número de frutos por planta; **RENDPLTA:** Rendimiento por planta; **PPF:** Peso promedio de fruto; **REND_HA:** Rendimiento por hectárea; *= Significativo al 0.05, **CV** = Coeficiente de variación

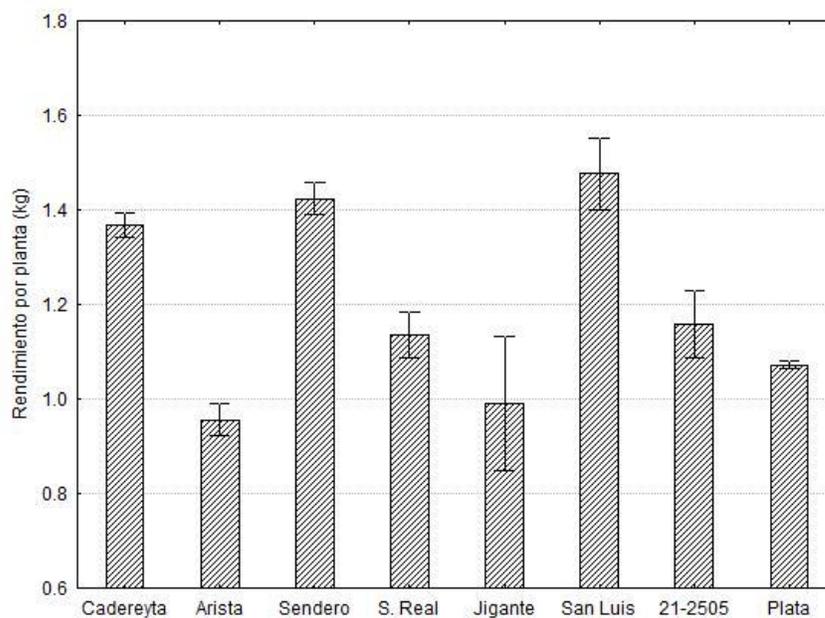


Figura 3. Gráfica de la variable rendimiento por planta (RENDPLATA) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

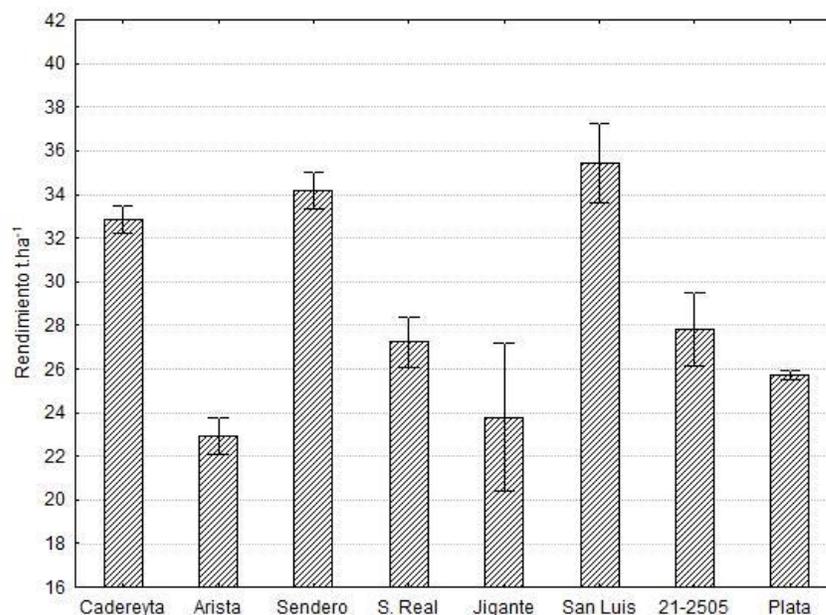


Figura 4. Gráfica de la variable rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

4.7. Índice de clorofila (SPAD y SPECTRUM)

En el análisis de varianza (Cuadro 5) realizado para la variable de índice de clorofila para las dos metodologías utilizadas (SPAD y SPECTRUM), mostró diferencias significativa ($P \leq 0.05$) entre los híbridos para la variable SPECTRUM, pero no hubo diferencias en repetición, pero en el SPAD no hubo diferencias estadísticas en híbridos y repeticiones.

En las comparación de medias Fisher ($P \leq 0.05$), el híbrido Sendero presentó mayor índice de clorofila con 67.82 unidades SPAD a comparación del híbrido Jigante que presentó 57.41 unidades SPAD (Figura 4). El índice de clorofila realizado con espectrofotómetro (SPECTRUM) muestra que el híbrido comercial plata presentó mayor índice con 384.16, a comparación de híbrido Jigante que presentó 210.16 (Figura 5 y 6), por el contrario, en trabajos realizados en variedades de chile habanero encontraron valores similares para índice de clorofila con los valores de 344.30 – 297.60 (Rodríguez *et al.*, 2024). Los resultados reportados por el índice de clorofila realizado con los diferentes equipos (SPAD y SPECTRUM) coincide con que el híbrido Jigante fue el que

contiene menor índice de clorofila. Sin embargo, Cruz-Durán *et al.*, (2011) mencionan la lectura de SPAD son un indicador preciso del estado nutricional de las plantas en cuanto al nitrógeno, en valor de SPAD inferior a 48.5 indica una deficiencia de nitrógeno, lo que significa que la concentración de este elemento esencial en el tejido vegetal es inferior al tres por ciento.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la variable índice de clorofila (SPAD) y (SPECTRUM) en hojas de chile serrano en el sureste de Coahuila.

FV	GL	(IC) SPAD	(IC) SPECTRUM
Genotipo	7	40.21ns	14749*
Repetición	2	19.17ns	7770ns
Error	14	16.86	5313
Total	23		
C.V. %		6.47	23.58
Valor máximo		74.9	489.33
Media		63.41	309.09
Valor mínimo		54.23	189.25

FV: Fuentes de variación; **GL:** Grados de libertad; **IC:** Índice de clorofila, **CV** = Coeficiente de variación; *= Significativo al 0.05

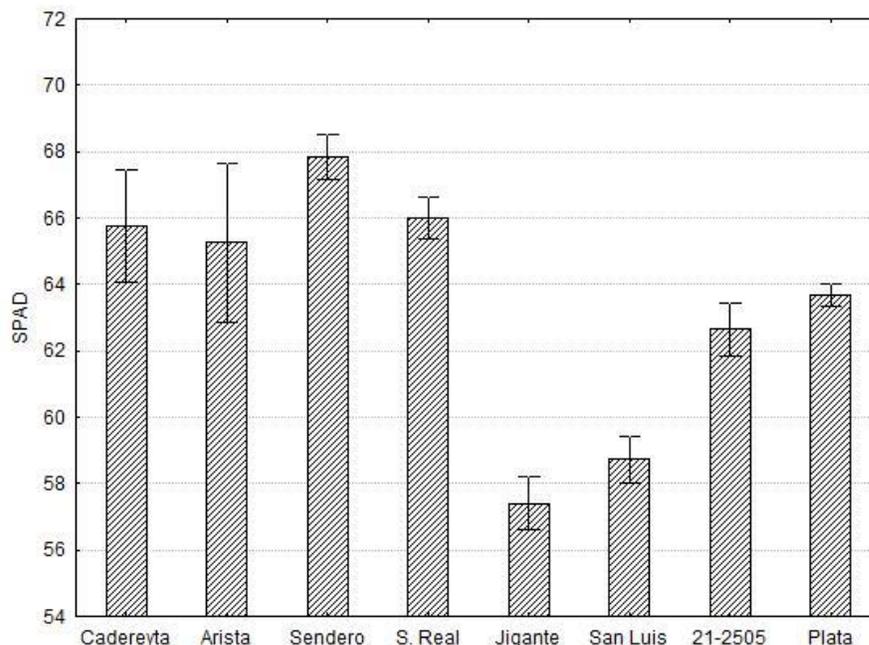


Figura 5. Gráfica de la variable del índice de clorofila (SPAD) en los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

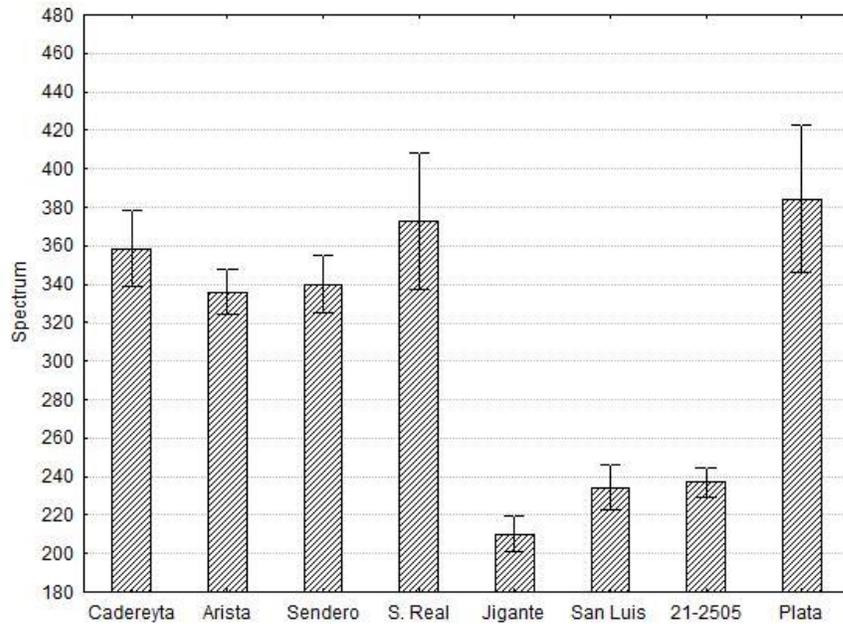


Figura 6. Gráfica de la variable de índice de clorofila (SPECTRUM) de los ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

4.8. Análisis de correlación

En el (Cuadro 6) se presenta las correlaciones de Pearson ($P \leq 0.05$), para las nueve variables evaluadas; muestran correlación lineal positivas como la de RENDPLATA y REND_HA (1.00) esto se refiere que a mayor rendimiento de planta mayor será el rendimiento por hectárea; REND_HA y NFPLTA (0.82) esto se refiere que a mayor número de fruto por planta, se incrementa el rendimiento por hectárea; GP y PPF (0.42) a mayor grosor de pared del fruto, incrementa el peso promedio de los frutos; SPAD y SPECTRUM (0.58) están relacionado con el color verde y se relaciona con la clorofila, mientras que para las correlaciones negativas influye en GP y PUN (-0.50) a mayor grosor de la pared, la pungencia disminuye.

4.9. Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales para nueve variables de ocho híbridos de chile serrano. En el (Cuadro 7) se explican los eigenvalores o valores propios de cada componente principal (CP) y el % de la varianza total de cada CP. El CP1 explica el 35.063 % de la varianza, el CP2 explica el 19.161 % de la varianza y el CP3 con un 17.522 % de la varianza total explicada. El porcentaje acumulado que explican la varianza de los tres componentes principales es 71.747 % de la variación total explicada.

En el Cuadro 8, se presenta la contribución relativa de cada una de las variables representadas en tres componentes principales en los ocho híbridos donde el CP1 está representado por el “Rendimiento” por la contribución en positivo de las variables REND_HA, RENDPLATA y NFPLTA. En el CP2 está relacionado con el “Peso del fruto” y las variables que contribuyeron en negativo son PPF y GP finalmente en el CP3 está relacionado con el “Índice de clorofila” donde el SPAD Y SPECTRUM contribuyeron de manera positiva.

Cuadro 6. Matriz de correlación en evaluación agronómica de ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila

	REND_HA	RENDPLATA	NFPLTA	PPF	GP	NL	PUN	SPAD	SPECTRUM
REND_HA	1.00								
RENDPLATA	1.00	1.00							
NFPLTA	0.82	0.82	1.00						
PPF	0.24	0.24	-0.36	1.00					
GP	0.27	0.27	0.02	0.42	1.00				
NL	-0.19	-0.19	-0.10	-0.15	-0.19	1.00			
PUN	-0.30	-0.30	-0.21	-0.12	-0.50	0.22	1.00		
SPAD	0.18	0.18	0.09	0.17	-0.09	-0.16	-0.27	1.00	
SPECTRUM	0.06	0.06	0.03	0.05	-0.09	-0.23	-0.04	0.58	1.00

Números en color negro nivel de significación de Pearson: $*= P \leq 0.05$; **REND_HA**: Rendimiento por hectárea; **RENDPLATA**: Rendimiento por planta **NFPLTA**: Número de frutos por planta; **PPF**: Peso promedio de fruto; **GP**: Grosor de pared; **NL**: Número de lóculos; **PUN**: Pungencia; **SPAD** y **SPECTRUM**: índice de clorofila.

Cuadro 7. Total de varianza explicada de ocho híbridos de chile serrano para cada componente principal.

CP	Eigenvalue	Varianza total %	Eigenvalue Acumulado	Acumulado %
1	3.155	35.063	3.155	35.063
2	1.724	19.161	4.880	54.224
3	1.577	17.522	6.457	71.747

CP: Componente principal

Cuadro 8. Contribución relativa de las variables analizadas en tres componentes principales de ocho híbridos de chile serrano en el sureste de Coahuila.

Variable	Rendimiento	Peso del fruto	Índice de clorofila
	CP1	CP2	CP3
REND_ HA	0.944	-0.218	0.071
RENDPLATA	0.944	-0.218	0.071
NFPLTA	0.956	0.240	-0.002
PPF	-0.084	-0.768	0.146
GP	0.167	-0.834	-0.173
NL	-0.143	0.342	-0.384
PUN	-0.314	0.557	-0.154
SPAD	0.117	-0.051	0.854
SPECTRUM	0.005	0.071	0.864
Expl.Var	2.869	1.876	1.710
Prp.Totl	0.318	0.208	0.190

CP: Componente principal; **REND_HA**: Rendimiento por hectárea; **RENDPLTA**: Rendimiento por planta **NFPLTA**: Número de frutos por planta; **PPF**: Peso promedio de fruto; **GP**: Grosor de pared; **NL**: Número de lóculos; **PUN**: Pungencia; **SPAD** y **SPECTRUM**: índice de clorofila.

V. CONCLUSIONES

En este presente trabajo fue posible evaluar los híbridos de chile serrano con mejores características sobresalientes y de interés agronómico que se establecieron en el sureste de Coahuila.

En cuanto al Número de Frutos por Planta, Rendimiento por Planta y Rendimiento por Hectárea, se observó que el híbrido San Luis destacó con la mayor cantidad de frutos y rendimiento, lo que refleja un buen potencial de producción. El Peso Promedio de Fruto indicó que el híbrido Sendero presentó los frutos más pesados, lo cual es una característica deseable en los mercados. El Grosor de la Pared mostró una variabilidad considerable, con el híbrido Cadereyta destacando con el mayor grosor, lo que puede ser beneficioso para la firmeza del fruto. En cuanto a la Pungencia, el híbrido Plata presentó el nivel más alto, mientras que el híbrido Cadereyta mostró menor pungencia. El índice de clorofila, con el SPAD, la mayor cantidad de clorofila estuvo presente en el híbrido comercial Sendero, mientras que, con el SPECTRUM, la mayor cantidad de clorofila estuvo presente el híbrido Plata, con ambos equipos las hojas presentaron un comportamiento variado entre los híbridos.

Finalmente, el análisis de componentes principales reveló que las variables de rendimiento, peso del fruto y el índice de clorofila son las más influyentes en la variabilidad observada entre los híbridos, lo que permite identificar qué características son las más determinantes para mejorar la productividad y calidad de los híbridos de chile serrano.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta R. G. F., Bustamante G. L. A., y Esparza-Martínez, J. H. (1994). Efecto de la madurez del fruto y tiempo de maduración postcosecha en la calidad de semilla de chile jalapeño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 17(1), 55-55.
- Aguilar-Meléndez, A., Morrell, P.L., Roose, M.L., y Kim, S. (2009). Diversidad genética y estructura en chiles semi-salvajes y domesticados (*Capsicum annuum*; *Solanaceae*) de México. *Revista estadounidense de botánica*, 96(6), 1190-202.
- Aguilar-Meléndez, A., Vásquez-Dávila, MA, Manzanero-Medina, GI y Katz, E. (2021). Chile (*Capsicum* spp.) como continuo alimento-medicina en el México multiétnico. *Alimentos*, 10(10), 2502.
- Alonso-Báez, M., López-Guillen, G., y Grajales-Solís, M. (2023). Mejoramiento de las propiedades hidráulicas del suelo en el cultivo de soya mediante el subsuelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(5), 78-89.
- Anaya-López, J. L., González-Chavira, M. M., Villordo-Pineda, E., Rodríguez-Guerra, R., Rodríguez-Martínez, R., Guevara-González, R. G., Guevara-Olvera, L., Montero-Tavera, V., y Torres-Pacheco, I. (2011). Selección de genotipos de chile resistentes al complejo patogénico de la marchitez. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(3), 373-383.
- Arisha, M. H., Bardisi, E. A., Taha, H. S., y Zyada, H. G. (2024). Assessing combining ability of diverse chili pepper genotypes to develop high yield and quality adopted hybrids under egyptian conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 51(1), 19-29.

- Basulto, F. S., León, M. J. Z., y Pool, C. I. B. (2022). Relación del estado de maduración del fruto y el almacenamiento postcosecha en la calidad fisiológica de semillas de chile dulce criollo (*Capsicum annuum* L.): Relação do estágio de maturação do fruto e o armazenamento poscolheita na qualidade fisiológica de sementes de pimenta doce crioulo (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(4), 4115-4128.
- Basulto, F. S., y Pérez, R. D. G. (2023). Características de calidad de fruto de chile jalapeño que se solicitan a productores y comercializadores en el Sur de Quintana Roo, México: Jalapeño pepper fruit quality characteristics requested to producers and marketers in Southern Quintana Roo, Mexico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(3), 2179-2190.
- Becerra, P. I., Cruz, G., Ríos, S., y Castelli, G. (2013). Importancia del riego y tamaño de las plantas en el éxito de establecimiento de diferentes especies nativas en un ecosistema degradado de Chile central. *Bosque (Valdivia)*, 34(1), 103-111.
- Cabanzo-Atilano, I., Rodríguez-Mendoza, M. N., García-Cué, J. L., Almaraz-Suárez, J. J., y Gutiérrez-Castorena, M. D. C. (2020). La biofertilización y nutrición en el desarrollo de plántulas de chile serrano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 699-712.
- Camacho-Tamayo, J. H., y Rodríguez, G. A. (2007). Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura técnica*, 67(1), 60-67.
- Camoglu, G., Demirel, K., y Genc, L. (2018). Use of infrared thermography and hyperspectral data to detect effects of water stress on pepper. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, 15(1), 81-94.

CapGen,(2024). <https://www.capgenseeds.com/semillas-pimiento-picante/plata/>

Carrillo-Martínez, C. J., Álvarez-Fuentes, G., y Aguilar-Benítez, G. (2022). Análisis de la calidad del suelo bajo producción intensiva de chile (*Capsicum annuum* L.) en la región irrigada por el acuífero, Calera, Zacatecas, México. *Terra Latinoamericana*, 40. 1-11.

Carrillo M. K., y Vargas R. J. C. (2023). Rendimiento, características morfológicas y calidad del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) bajo dos densidades de siembra y tipos de podas. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3). 1-13

Carrizo García, C., Barfuss, M.H., Sehr, E.M., Barboza, G.E., Samuel, R., Moscone, E.A., y Ehrendorfer, F. (2016). Relaciones filogenéticas, diversificación y expansión de chiles (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Anales de botánica*, 118 1, 35-51.

Castellanos, J. Z., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, E. M., Olalde-Portugal, V., Preciado-Rangel, P., Ríos-Plaza, J. L., y García-Hernández, J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Science & Utilization*, 25(sup1), 70-77.

Castorena, M. M. V., Valencia, E. A. C., y Ibarra, M. A. I. (2005). Análisis de información climática para usos agrícolas. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 5(1), 717-724.

Celaya Mijangos, M. S., y Ortega Ibarra, E. (2020). Los chiles que le dan sabor al mundo. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*, 9(17), 60-61.

Chávez, S, J. L., y Castillo, G, F. (1999). Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 22(1), 27-27.

- Claver, AG (2007). Estudio de los componentes del carácter picante en el pimiento (*Capsicum* spp.): técnicas de evaluación, análisis genético y molecular. Universidad de Zaragoza. Tesis Doctoral. 157p. Zaragoza.
- Casas, A. (2002). Chiles, ciencia y cultura: de la salsa a la ingeniería genética. *Revista de la Universidad de México*, (615), 86-89.
- Crapnell, RD y Banks, CE (2021). Descripción general electroanalítica: la pungencia del chile y los productos de chile determinada mediante la detección de capsaicinoides. *The Analyst*, 146 9, 2769-2783.
- Cruz-Durán, J. A. D. L., Sánchez-García, P., Galvis-Spínola, A., y Carrillo-Salazar, J. A. (2011). Índices espectrales en pimiento para el diagnóstico nutrimental de nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 259-265.
- Díaz-José, J., Andrés-Meza, P., González-Cuevas, B. M., Leyva-Ovalle, O. R., & Cebada-Merino, M. (2023). Chemical and organic fertilization on the yield of Serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) in Veracruz, Mexico. *Revista bio ciencias*, 10.
- FAOSTAT, 2014. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAOSTAT, 2023. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Favela, M. L., y Sánchez, N. C. (2003). El arreglo topológico y su efecto en el crecimiento desarrollado y producción del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 81-87.
- Garcia, EV, Meraz, MR, Vázquez, HM, Flores, RA, y Tejacal, IA (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista. Fitotecnia Mexicana*, 33, 79-82.

García-Herrera, F., Chávez Morales, J., Rubiños Panta, J. E., y Terrazas Onofre, M. L. (2020). Terra: sistema para proyectos de nivelación de tierras con topografía regular o variable. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1839-1854.

Gowan Seed, (2024). <https://www.gowansemillas.com/chile-serrano-jigante/>

Guzmán, I., y Bosland, PW (2017). Propiedades sensoriales del picante del chile y su importancia para la calidad de los alimentos y la preferencia cultural. *Appetite*, 117 , 186-190.

HM. Clause, (2024a).

<https://ampa.hmclausefielddays.com/products/pepper/serrano/cadereyta>

HM. Clause, (2024b).

<https://ampa.hmclausefielddays.com/products/pepper/serrano/serrano-real>

ITS, 2011. Sistema integrado de Información Taxonómica. (*Capsicum annum* L.)

Jiménez, J. A. H., Castillo, F., Sánchez, D., & Uresti, D. (2017). Medición del Índice SPAD en Plantas de Chile Poblano Tratadas con Microorganismos Promotores del Crecimiento bajo Invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Saltillo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Maldonado, C., Pujado, E., y Squeo, F. A. (2002). El efecto de la disponibilidad de agua durante el crecimiento de *Lycopersicon chilense* sobre la capacidad de sus semillas para germinar a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl. *Revista chilena de historia natural*, 75(4), 651-660.

Nongwoo Bio, (2020). Catalogo internacional.
http://www.nongwoobio.com/data/2020_international_catalogue.pdf

Osorio-Barraza, L. M., Manzur-Valdespino, S., Zafra-Rojas, Q. Y., Delgado-Olivares, L., Calderón-Ramos, Z. G., y Cansino, N. D. S. C. (2021). Composición y aplicaciones clínicas de especies de chiles (*Capsicum* spp.) domesticados. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 10(19), 249-257.

Pérez Castañeda, L. M., Castañón Nájera, G., y Mayek Pérez, N. (2008). Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. Cuadernos de biodiversidad, nº 27 (septiembre 2008); pp. 11-22.

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(4), 117-128.

Ramírez, L. R, Pérez, A., Hernández, J. D y Daboín, J. G (2009). Manejo del agua en el cultivo del ají (*Capsicum chinense* Jacq) a través de tensiómetro y tina de evaporación, utilizando riego localizado.

Ramírez M, M., Y Méndez A, R. (2018). Mejoramiento genético de los chiles comerciales en México. Los chiles que le dan sabor al mundo. Contribuciones multidisciplinarias. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana, y el Instituto de investigación para el Desarrollo (IRD, Francia), 286-300.

- Ramírez-Rivera, E. D. J., Cabal-Prieto, A., Cuervo-Osorio, V. D., Ramírez-Sucre, M. O., Rodríguez-Buenfil, I. M., Oney-Montalvo, J. E., Can-Herrera, L. A., Herrera-Corredor, J. A., Hernández-Arzaba, J. C., González-Reséndiz, J. J. & Uribe-Cuauhtzihua, F. (2024). Diferencias de intensidad sensorial de cuatro chiles pungentes usando sensometría. *Agro-Divulgación*, 4(6).
- Ramírez-Rivera, E. D. J., Rodríguez-Buenfil, I. M., Pérez-Robles, M., Oney-Montalvo, J. E., Prinyawiwatkul, W., Cabal-Prieto, A., Ramírez-Sucre, M. O., Y Herrera-Corredor, J. A. (2021). Development and validation of a methodology for the sensometric characterisation of high-pungency peppers: A case study of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *International Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 573-586.
- Rivadeneira, A. J. C., Mera, R. X. C., Rivadeneira, D. D. C., & Ponce, E. C. V. (2019). Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de las labores de arado y rastrado. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 4(1), 113-132.
- Rodríguez, D. D. L., Cupul, W. C., López, F. A. G., y Ortega, H. A. H. (2024). Rendimiento de dos híbridos de *Capsicum chinense* Jacq. en bolsas de cultivo con fibra de coco. *AIA avances en investigación agropecuaria*, 28(1), 43.
- Sakata, (2024). <https://www.sakata.com.mx/semillas/chile/serrano/>
- SIAP, 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario.
- Soto Bravo, F. (2018). Parámetros para el manejo del agua en tomate y chile dulce hidropónico bajo invernadero. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 59-73.

- Vázquez García, E., Ramírez Meraz, M., Mata Vázquez, H., Ariza Flores, R., & Alía Tejacal, I. (2010). Fruit quality attributes and shelf life of serrano pepper cultivars in México. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(spe4), 79-82.
- Vargas, M. R. R., Loayza, A. A., de Oliveira, L. F., Yabar, A. A. C., y Jayo, D. H. (2020). Propiedades Anestésicas y Anticancerígenas de la Capsaicina. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 14(38), 20-30.
- Verdugo, S.H., Aranda, P.D., y Oyama, K. (2017). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín De La Sociedad Botánica De México*, 65-84.

APÉNDICE

Cuadro 9. Comparación de medias para componentes de calidad de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.

GENOTIPO	NL	DP mm	PUNG
Cadereyta	2.85b	3.88a	4.0e
Arista	3.25a	3.35b	5.0de
Sendero	2.91b	3.19bc	5.66cd
Serrano Real	3.04ab	2.85c	7.33ab
Jigante	3.13ab	2.96bc	7.33ab
San Luis	3.0ab	3.33b	5.0de
21-2505	3.0ab	3.04bc	7.0bc
Plata	3.11ab	3.14bc	8.66a

NL: Número de lóculos; **GP:** Grosor de pared; **PUN:** Pungencia

Cuadro 10. Comparación de medias para componentes de rendimiento de fruto en chile serrano en el sureste de Coahuila.

GENOTIPO	NFPLTA	RENDPLTA	PPF	REND_HA
Cadereyta	95.82ab	1.36abc	14.35ab	32.84abc
Arista	72.41b	0.95d	13.19ab	22.94d
Sendero	93.80ab	1.42ab	15.17a	34.16ab
Serrano Real	102.6ab	1.13abcd	11.28abc	27.24abcd
Jigante	71.58b	0.99cd	13.43ab	23.78cd
San Luis	124.6a	1.48a	11.84cd	35.43a
21-2505	98.06ab	1.15abcd	12.16bcd	27.82abcd
Plata	83.80b	1.07bcd	12.90bcd	25.73bcd

NFPLTA: Número de frutos por planta; **RENDPLTA:** Rendimiento por planta; **PPF:** Peso promedio de fruto; **REND_HA:** Rendimiento por hectárea.

Cuadro 11. Comparación de medias para híbridos en dos componentes de índice de clorofila en hojas de chile serrano en el sureste de Coahuila.

GENOTIPO	SPAD	SPETRUM
Cadereyta	65.77ab	358.5ab
Arista	65.25ab	336.11abc
Sendero	67.82a	339.80ab
Serrano Real	66.0a	372.86a
Jigante	57.41c	210.16c
San Luis	58.72bc	234.25bc
21-2505	62.64abc	236.91bc
Plata	63.68abc	384.16a