



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Licenciatura en Horticultura Ambiental



Santiago de Querétaro, Querétaro, a 31 de julio de 2024.

Evaluación de una variedad criolla de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero.

Juan Antonio Valencia Hernández

Firma

Presidente

Emma Fabiola Magallán Hernández

Firma

Secretario

Santiago Vergara Pineda

Firma

Vocal

Francisco Josué López Martínez

Firma

Suplente

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

Resumen

El 77.9 por ciento de la producción mundial de chile (*Capsicum spp.*), corresponde a México y del cual el 13.9 por ciento representa al chile poblano (*Capsicum annuum* L.), con un valor de más de tres mil millones de pesos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fenología, morfología, bioquímica y rendimiento de un chile poblano criollo en invernadero, así como la obtención y evaluación de un híbrido, producto de la cruce de las variedades Criollo e INIFAP. El proyecto se llevó a cabo en los invernaderos de producción y germinación de la carrera de Horticultura Ambiental dentro de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Juriquilla. El ensayo se desarrolló en 2 etapas. La primera etapa consistió en un diseño experimental que se distribuyó en parcelas al azar con 3 repeticiones, cada repetición constó de una unidad experimental de 10 plantas, se evaluó la altura, número de flores y frutos, y rendimiento. Se utilizó análisis de varianza de una vía (ANOVA) por medio de la prueba de T de Student ($p=0.05$). En la segunda etapa se utilizó una unida experimenta de 15 plantas y los tratamientos evaluados fueron las variedades Criollo, INIFAP e Híbrido obtenido, utilizando la variedad San Luis como control, las variables evaluadas fueron actividad enzimática PAL, número de frutos, rendimiento, pH, acidez titulable y °Brix del fruto. El análisis estadístico se llevó a cabo con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p=0.05$ utilizando el paquete estadístico GraphPad PRISM software, versión 8.0. Para la primera etapa solo hubo diferencia en el número de frutos, siendo mayor para la planta criolla (20 ± 5) que para la planta del INIFAP (16 ± 4). Para la segunda etapa, el número de frutos, 10 ± 6 y 8 ± 5 , y rendimiento, 249 ± 129 y 229 ± 113 g, las variedades Híbrido y San Luis, respectivamente, presentaron los valores más altos. Mientras que para pH el valor más bajo lo presentó INIFAP (6.1 ± 0.0), seguido del Híbrido (6.3 ± 0.1) que tuvo valores similares al San Luis (6.3 ± 0.0) y al Criollo (6.4 ± 0.0), para °Brix, INIFAP (2.7 ± 0.6) tuvo el valor más alto, cuando, el Híbrido (0.7 ± 0.3), San Luis (1.7 ± 0.6) y Criollo (0.8 ± 0.4) se comportaron de forma parecida. Para acidez titulable el Híbrido (3.3 ± 0.2) tuvo el valor más alto, mientras que San Luis (3.3 ± 0.2), Criollo (1.3 ± 0.2) e INIFAP (2.9 ± 0.2) tuvieron valores semejantes. Por otra parte, el análisis para estrés oxidativo no mostró diferencia.

Palabras clave

Retrocruza; Híbrido; actividad enzimática; Rendimiento; Mejoramiento genético.

Summary

77.9 percent of world production of chili (*Capsicum* spp.) corresponds to Mexico and of which 13.9 percent represents the poblano chili (*Capsicum annuum* L.), with a value of more than three billion pesos. The objective of this work was to evaluate the phenology, morphology, biochemistry and performance of a Criollo poblano chili in a greenhouse, as well as the obtaining and evaluation of a hybrid, product of the crossing of the Criollo and INIFAP varieties. The project was carried out in the production and germination greenhouses of the Environmental Horticulture degree within the Faculty of Natural Sciences of the Autonomous University of Querétaro, Juriquilla Campus. The trial was carried out in 2 stages. The first stage consisted of an experimental design that was distributed in random plots with 3 repetitions, each repetition consisted of an experimental unit of 10 plants, height, number of flowers and fruits, and yield were evaluated. One-way analysis of variance (ANOVA) was used by Student's T test ($p=0.05$). In the second stage, a joint experiment of 15 plants was used and the treatments evaluated were the Criollo, INIFAP and Híbrido varieties obtained, using the San Luis variety as a control, the variables evaluated were PAL enzymatic activity, number of fruits, yield, pH, titratable acidity and or Brix of the fruit. Statistical analysis was carried out with the Tukey test, with a significance level of $p=0.05$ using the GraphPad PRISM software statistical package, version 8.0. For the first stage there was only a difference in the number of fruits, being greater for the Creole plant (20 ± 5) than for the INIFAP plant (16 ± 4). For the second stage, the number of fruits, 10 ± 6 and 8 ± 5 , and yield, 249 ± 129 and 229 ± 113 g, the Hybrid and San Luis varieties, respectively, presented the highest values. While for pH the lowest value was presented by INIFAP (6.1 ± 0.0), followed by the Hybrid (6.3 ± 0.1) which had similar values to the San Luis (6.3 ± 0.0) and the Criollo (6.4 ± 0.0), for the Brix, INIFAP (2.7 ± 0.6) had the highest value, when Hybrid (0.7 ± 0.3), San Luis (1.7 ± 0.6) and Criollo (0.8 ± 0.4) behaved similarly. For titratable acidity, Hybrid (3.3 ± 0.2) had the highest value, while San Luis (3.3 ± 0.2), Criollo (1.3 ± 0.2) and INIFAP (2.9 ± 0.2) had similar values. On the other hand, the analysis for oxidative stress showed no difference.

Keywords

Backcross, hybrid, enzymatic, yield, breeding.

Agradecimientos

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Antonio Valencia Hernández, por su infinita paciencia, dedicación y perseverancia. Valoro de forma inestimable el consejo, él apoyó y la sabiduría que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida académica. No tengo palabras para expresar mi agradecimiento por creer en mi capacidad y siempre impulsarme a seguir adelante.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. Emma Fabiola Magallán Hernández por su revisión y asesoría durante el tiempo que fue mi tutora de tesis.

A mi tutor el Dr. Santiago Vergara Pineda, por su guía, instrucción y experto conocimiento ha sido un honor aprender bajo su tutela.

Agradezco al M. N. H. Francisco Josué López Martínez como mi asesor. Por darme una perspectiva diferente desde su formación académica. Su disponibilidad y su ayuda oportuna han sido pilares a lo largo de este proyecto.

Mi gratitud se extiende a la Universidad Autónoma de Querétaro, por su excelencia académica al fomentar el desarrollo de un análisis crítico. Por permitir el uso de sus instalaciones y recursos para el correcto desarrollo de este proyecto.

Mi más sincero agradecimiento al M. en C. José Alejandro Cabrera Luna. Por siempre estar dispuesto a ayudarme, orientarme y brindarme su amistad.

Agradezco al personal administrativo por su ayuda eficiente y amable a lo largo de mi curso por la licenciatura.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que siempre han estado a mi lado para apoyarme y alentarme a no rendirme pese a las dificultades. Su experiencia y conocimiento siempre han sido fuente de inspiración para mí. Agradezco su amor incondicional, confianza y fe en mi capacidad para lograr completar mis objetivos y metas, así como la fortaleza para hacerlo.

Así mismo quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, especialmente a mis tías, quienes siempre han estado conmigo en los mejores y peores momentos para alentarme y brindarme su amor, conocimiento y experiencia.

No puedo dejar de mencionar a mis amigos quienes han estado ahí para brindarme su apoyo y cariño incondicional. Aquellos que me escucharon y me ofrecieron un consejo en mis momentos de dudas, los que están conmigo y acompañan en mis logros y dificultades.

Además, quisiera agradecer a mi novia quien siempre me impulso a seguir con este proyecto. Siempre me ha escuchado, apoyado y ayudado a seguir adelante con mi crecimiento.

Índice de contenido

Resumen.....	1
índice de contenido	6
Índice de cuadros	8
índice de figuras.....	9
I. Introducción.....	10
II. Fundamentación teórica	11
2.1. Importancia económica del chile poblano	11
2.2. Taxonomía del chile (<i>Capsicum annuum</i> .L).....	11
2.3. Descripción botánica del chile (<i>Capsicum annuum</i> .L).....	12
2.4. Uso de criollos e híbridos.....	14
2.5. Estrés en las plantas.....	14
2.6. Respuesta al estrés	15
III. Antecedentes teóricos.....	15
IV. Justificación.	16
V. Hipótesis y objetivos.	17
5.1 Hipótesis	17
5.2. Objetivo General	17
5.3. Objetivos específicos	17
VI. Materiales y métodos.....	18
6.1 Área de estudio.....	18
6.2 Selección de material genético	18
6.3. Manejo del cultivo	19
6.3.1. Siembra y trasplante.....	19
6.3.2. Fertilización y corrección de deficiencias nutrimentales	20
6.3.3. Corrección de pH.....	21
6.3.4. Poda	21
6.3.5. Control de plagas y enfermedades	21
6.4. Cruza	23
6.5. Recopilación de datos.....	23

6.6. Determinación de variables de calidad en el fruto de chile poblano.....	24
6.6.1. Sólidos solubles totales (SST) y pH en fruto de chile poblano.....	24
6.6.2 Acidez titulable (AT) en fruto de chile poblano.....	24
6.7. Pruebas bioquímicas de actividad enzimática.....	24
6.8. Diseño experimental	25
6.9. Análisis estadístico.....	25
VII. Resultados y discusión	26
7.1. Selección de germoplasma.....	26
7.2. Primer evaluación del chile poblano criollo	26
7.2.1 Comparación del desarrollo de variedades INIFAP vs Criollo	27
7.2.2 Comparación del rendimiento de variedades INIFAP vs Criollo	31
7.2.3 Comparación de calidad de fruto con relación al largo y ancho.....	32
7.2.4 Obtención de un híbrido de Criollo con INIFAP	33
7.3. Evaluación del chile poblano criollo e híbrido	33
7.3.1. Obtención de rendimiento.....	33
7.3.2. Calidad del fruto.....	36
7.3.3. Actividad enzimática	37
VIII. Conclusiones	38

Índice de cuadros

Tabla 1. Rango para la selección de calidad de fruto de acuerdo al largo, ancho y peso del fruto (NMX-FF-025-SCFI-2014).	18
Tabla 2. Solución nutritiva por etapa de crecimiento (INIFAP 2013).	21
Tabla 3. Productos aplicados para el control de plagas.	21
Tabla 4. Variables medidas para selección de fruto y obtención de semilla.	26
Tabla 5. Datos morfológicos de planta criolla e INIFAP en la primera evaluación.	28
Tabla 6. Comparación del rendimiento del Híbrido resultante de la retrocruza vs Criollo, INIFAP y San Luis.	34

índice de figuras

Figura 1. Esquema general de la especie *Capsicum annuum*. L. 13

Figura 2. Proceso de siembra y trasplante. 20

Figura 3. Plantas madre y retrocruza para la segunda etapa. 23

Figura 4. Floración y fructificación de las variedades. 30

Figura 5. Comparación de flores contra frutos cuajados. 31

Figura 6. Rendimiento de chile poblano durante un ciclo. 32

Figura 7. Semilla y frutos obtenidos de la retrocruza. 33

Figura 8. Comparación de rendimiento entre variedades. 35

Figura 9. Comparación de calidad de fruto entre variedades. 36

I. Introducción

Durante los últimos 10 años el cultivo de chile en México ha tenido un incremento en la producción del 64.2 % sin aumentar significativamente el área total destinada a este cultivo, (SADER, 2020). Para el 2022 la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2022) contabilizó un total de 16568.88 hectáreas destinadas al cultivo de este producto, con una producción de 414 656.54 toneladas, y un valor de monetario mayor a tres mil millones de pesos (SADER, 2022).

Dentro de las principales problemáticas en la producción de chile se encuentran los daños como la salinidad, la sequía, las inundaciones, la temperatura, la radiación UV y los metales pesados (estrés abiótico) así como es el daño por insectos, hongos u otro elemento vivo (estrés biótico) esto provoca la producción de especies reactivas de oxígeno (EROs) (Caverzan et al., 2016; Torres et al., 1996; Godínez et al., 2001; Anaya et al., 2003). Las plantas utilizan las enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y la fenilalanina amoníaco liasa (PAL) para superar el estrés oxidativo (McDonald y D'Cunha, 2007). La determinación de la actividad enzimática PAL se puede utilizar como procedimiento para saber si la planta tiene tolerancia al estrés oxidativo a partir de la producción de metabolitos especializados (Ardila et al., 2007). Mendoza (2002) define el estrés oxidativo como el estado bioquímico de una célula o tejido donde la capacidad de producción química de antioxidantes se basa en reactivos oxidantes.

Aunque el panorama de producción es bueno, Aguilar et al. (2011), Carrasco et al. (2017) y Rodríguez et al. (2007), coinciden en que la producción de chile poblano de variedades criollas se ha mermado considerablemente en los últimos años tanto en extensión del cultivo, como en rendimiento del mismo y concluyen que las principales causas de esta problemática son la falta de material genético resistente a enfermedades y el poco conocimiento científico para realizarlo, así como, el bajo rendimiento y ciclos más largos de los elementos criollos en comparación con sus primos híbridos mejorados.

Para poder utilizar dichos recursos, es necesario hacer una identificación o valoración de estos, así se puede saber si el material obtenido es útil o no (Mendoza, A. 2002). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es realizar la caracterización de una variedad criolla bajo invernadero evaluando el rendimiento y calidad del fruto, la fenología de la planta, variables morfológicas de la planta y comportamiento bioquímico de la planta.

II. Fundamentación teórica

2.1. Importancia económica del chile poblano

Durante los últimos 10 años el cultivo de chile en México ha tenido un incremento del 64.2 % de producción prácticamente sin haber incrementado la extensión del área nacional cultivada (SADER, 2020). Para el 2019 México se situó como uno de los principales países productores de chile en el mundo, con un total de 151 mil 600 hectáreas cultivadas y una producción nacional de tres millones 188 mil toneladas de chile. Del total de la producción nacional, el 77.9 % se atribuye a las variedades de chile jalapeño con un 31.2%; morrón, con 21.7 %; poblano, con 13.7 % y serrano, con 11.3 % (SADER, 2020). Según los resultados obtenidos para el 2019 por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2019), el cultivo de chile poblano ocupó una extensión nacional de 16 mil 214 hectáreas y una producción de 387 mil 709 toneladas, y para el 2022 (SADER, 2022), ocupó una extensión nacional de 16 568.88 hectáreas y una producción de 414 656.54 toneladas, con un valor de más de 3 mil millones de pesos y un incremento del 1.02 % en extensión y 1.06 % en la producción (SADER, 2020).

2.2. Taxonomía del chile (*Capsicum annum* .L)

Aquí se presenta la clasificación taxonómica de *Capsicum annum* L., de acuerdo con Villaseñor y Ortiz (2022):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annum* L.

2.3. Descripción botánica del chile (*Capsicum annuum* .L)

Ahora se presenta la descripción botánica de *Capsicum annuum* L., dada por Villaseñor y Ortiz (2022):

Ámbito

Planta herbácea o arbustiva de hasta de 2 m de alto.

Tallo

Estriados, espaciadamente pubescentes o glabros.

Hojas

Pecioladas de 0.5 a 3.5 cm de largo, ovadas a lanceoladas, de 2 a 10 cm de largo, de 1 a 6 cm de ancho, acuminadas en el ápice, largamente cuneadas en la base, espaciadamente pubescentes en ambas superficies a casi glabras, de textura membranácea.

Flores

Solitarias, a menudo en péndulo, de 4 cm de largo; cáliz campanulado, de 1 a 2 mm de largo; corola blanca o a veces con algunos tintes azules, campanulado de 0.7 a 1.5 cm de diámetro, con 5(9) lóbulos, de 2.5 mm de largo, anteras de. 2 mm de largo, verdeazuladas;

fruto

En forma de baya hueca, de tamaño y color variable, de 20 cm de largo y 15 cm de diámetro, de sabor picante.

semillas

Con forma discoide, amarillentas a blanquecinas, de 3 a 5 mm de largo.

Generalidades

Es una especie polimorfa, en la cual se reconocen algunas variedades como, glabriusculum y annuum, que corresponde a muchos cultivares. De esta última, las variantes más sembradas y comercializadas en el área de estudio son el chile poblano, jalapeño, serrano, pimiento morrón y chilaca (Villaseñor y Ortiz, 2022) (Figura 1).

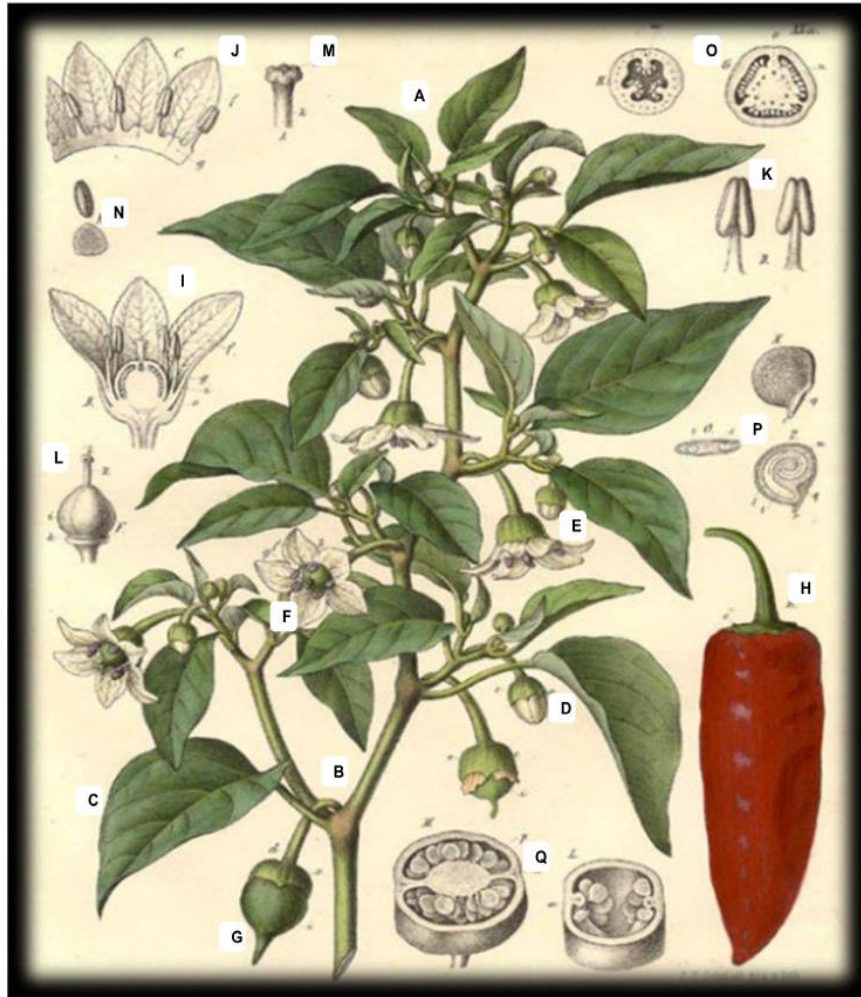


Figura 1. Esquema general de la especie *Capsicum annuum*. L.; B = tallo; C= hoja; D = botón floral; E = Flor; F = flor polinizada; G = fruto cuajado; H = fruto maduro; I = corte transversal de la flor; J = corola fusionada con anteras; K = androceo; L = gineceo; M = estigma; N = antera; O = corte transversal del ovario; P = corte transversal de antera; Q = corte transversal de fruto maduro. (The Plant List (Google). Dominio público (González-Minero 2018)) Nota. A = sección aérea de *Capsicum annuum*. L)

2.4. Uso de criollos e híbridos

La especie *Capsicum annuum* L., tiene una amplia variabilidad de formas y tamaños, principalmente en sus frutos, por esto requiere que se le dé una mayor importancia a su caracterización e identificación y de esa forma tener disponibilidad de información y recurso genético para su aprovechamiento (Castañón et al., 2008; Moscone et al., 2007). Por ejemplo, Alonso et al. (2008) menciona que en Tabasco se hizo una recopilación de plantas del género *Capsicum spp.*, y encontró cierta similitud morfológica entre algunas variedades de las especies *C. annuum* y *C. chinese*, lo que podría implicar la capacidad de cruza entre especies y de esa forma obtener mayor variabilidad o tener mayor rango de aprovechamiento de características tanto físicas como químicas.

Aguilar et al. (2011), Carrasco et al. (2017) y Rodríguez et al. (2007), coinciden en que la producción de chile poblano de variedades criollas se ha mermado considerablemente en los últimos años tanto en extensión del cultivo, como en rendimiento del mismo y concluyen que las principales causas de esta problemática es la incidencia de enfermedades patógenas asociado a la falta de variabilidad, desconocimiento de la tecnología para su control y falta de manejo en las variedades que estén adaptadas a las zonas productoras, que contengan resistencia genética a las principales enfermedades que provocan la pérdida de planta y provean un mayor rendimiento, por esta razón la FAO estipula que la conservación e identificación de los recursos fitogenéticos de las variedades "silvestres" y criollas es de gran importancia para su conservación y aprovechamiento (Bastías, 2008); . Por otra parte, Linares (2004) y Laborde y Pozo (1982) favorecen el uso de variedades híbridas por tener un mejor rendimiento y desarrollo de planta. Sin embargo, el uso de variedades criollas de *Capsicum annuum* L., no debería reducirse y mucho menos limitarse a la propagación únicamente con fines de mejoramiento genético (Pérez, 2015).

2.5. Estrés en las plantas

Se define como cualquier factor externo que provoca una respuesta adversa por parte de la planta. Este tipo de respuesta puede llevar a la reducción del rendimiento y desarrollo de la planta, afecciones en la respiración celular, contenido de pigmentos fotosintéticos, tasa de fotosíntesis, contenido de agua, al igual que concentración de solutos y otros factores (Onkulola et al., 2017).

El estrés en plantas se divide en dos grupos, el biótico y abiótico, cada uno de estos tiene sus características esenciales, por ejemplo: el estrés biótico, se refiere a la respuesta que tiene la planta a los daños hechos por cualquier agente biológico, como algún hongo, bacteria, virus, herbivoría u otros (Anaya-López et al., 2003; Godínez-Hernández et al., 2001; Torres-Pacheco et al., 1996) por otro lado, el

estrés abiótico se refiere a la respuesta que tiene la planta cuando su entorno es modificado como, temperatura, agua, nutrientes, salinidad, déficit de monóxido de carbono (CO) y metales pesados y esto obliga a las plantas a tomar medidas para mitigar estos problemas (Mendoza, 2002).

2.6. Respuesta al estrés

A pesar del estrés al que las plantas están sometidas, estas pueden llegar a desarrollar adaptaciones que le ayuden a mitigar dichas afecciones a nivel celular al aumentar la producción de algunos metabolitos secundarios como solutos compatibles, compuestos fenólicos y flavonoides, Aunque estas adaptaciones pueden variar de acuerdo con la especie (Ruiz-Lau et al., 2011; Jiménez et al., 2012).

Para poder realizar la identificación de dichos elementos reactivos, se puede hacer del uso de marcadores moleculares (Simpson, 1997) o también por actividad enzimática utilizando el método por Fenilalanina Amonio Liasa (PAL), que es un procedimiento usado para saber si la planta tiene tolerancia al estrés oxidativo a partir de la producción de metabolitos secundarios (Ardila et al., 2007). El estrés oxidativo es definido por Mendoza, A. (2002) como el estado bioquímico de una célula o tejido en donde la capacidad de producción química de antioxidantes es rebasada por la producción de reactivos oxidantes.

III. Antecedentes teóricos

Ramos-Gourcy y Luna-Jiménez (2006), realizaron una evaluación del desempeño de tres variedades de chile poblano (*Capsicum annuum*. L), dos de las variedades son híbridos y la tercera es criolla; el experimento se llevó a cabo en invernadero con una solución hidropónica a distintas concentraciones. Dentro de los resultados obtenidos por los autores, el rendimiento de las tres variedades fue similar, aunque sí hubo diferencias siendo las variedades híbridas las que tuvieron un mejor desempeño productivo.

En su artículo Hernández et al., (2021) evaluó el rendimiento de dos variedades criollas y una variedad comercial de chile poblano (*Capsicum annuum*. L), y Coinciden con Ramos-Gourcy y Luna-Jiménez (2006) en que la planta de chile poblano (*Capsicum annuum*. L), no presenta susceptibilidad de acuerdo a la concentración de la solución nutritiva, pero si hay diferencia significativa entre las

variedades criollas e híbridas, siendo las variedades mejoradas las que tienen mejor rendimiento y calidad de frutos.

Díaz(2022) comparó cuatro variedades de chile poblano (*Capsicum annuum*. L) de distintos estados de México (Jalisco, Zacatecas y Puebla), con el objetivo de ver si alguna de esas variedades tiene la capacidad de adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de Coahuila. En sus resultados obtuvo alta variabilidad entre genotipos, lo que coincide con los autores anteriores. En otro aspecto, la variedad llevada del estado de Jalisco y la variedad llevada de Zacatecas presentan mejor adaptabilidad a las condiciones del estado de Coahuila e infiere en que se pueden usar genotipos o variedades de distintos lugares a falta de germoplasma para mejorar la producción sin tener que esperar todo el proceso de selección y mejoramiento.

Por otro lado, Morales (2023) evaluó el rendimiento de seis variedades de híbridos de chile poblano (*Capsicum annuum*. L). En sus resultados, dos de las variedades tuvieron un rendimiento similar y mayor en comparación a las otras cuatro, sin embargo, estas dos variedades presentaron menor largo de fruto con relación a una tercera, dando pauta en su conclusión a que se siga haciendo mejoramiento de estas variedades para obtener una variedad que englobe las mejores características de cada variedad sobresaliente.

IV. Justificación.

El cambio climático y desertificación de suelos son el resultado de la desmedida actividad humana sobre los recursos del planeta y han afectado en gran medida los procesos fisiológicos, por esa razón es importante conocer y cuidar las plantas alimenticias que tenemos, para esto es necesario buscar y reconocer aquellas variedades criollas y/o silvestres, ya que al estar expuestas a la inclemencia del medio ambiente, suelen aportar diferentes características de resistencia y/o tolerancia a plagas así como a estrés hídrico, causado por falta de agua o suelos con alta salinidad, las cuales pueden ser monitoreadas desde la actividad enzimática relacionada con el estrés oxidativo.

V. Hipótesis y objetivos.

5.1 Hipótesis

El rendimiento del fruto del chile poblano criollo es igual a las variedades comerciales, con una mayor tolerancia al estrés oxidativo, bajo agricultura protegida.

5.2. Objetivo General

Realizar la evaluación fenológica, morfológica, bioquímica y rendimiento de un chile poblano criollo bajo condiciones de invernadero.

5.3. Objetivos específicos

- Monitorear la fenología del cultivo criollo.
- Obtener variables morfológicas del cultivo criollo.
- Comparar el rendimiento del cultivo criollo.
- Conocer la calidad del fruto criollo
- Obtención de un híbrido producto de la cruce entre el criollo con variedad del INIFAP
- Conocer el comportamiento bioquímico y de rendimiento de un híbrido producto del criollo

VI. Materiales y métodos.

6.1 Área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en los invernaderos de producción y germinación de la carrera de Horticultura Ambiental dentro de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro Campus Juriquilla. Ubicado en las coordenadas: 20.702986666129203°, -100.4434087400702°.

6.2 Selección de material genético

Para llevar a cabo el experimento se seleccionaron frutos que cumplan con las características físicas correspondientes a la categoría “extragrande” establecido en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-025-SCF1-2014 señalado en la tabla 1; los frutos se obtuvieron de una variedad criolla de chile poblano (*Capsicum annum* L.) cultivada en la comunidad de “Rancho viejo” ubicada en el municipio de San José Iturbide, Guanajuato. Los frutos recolectados no debían presentar daños por plagas o enfermedades, así como, la planta de la que se colecten debe estar sana; el peso debe ser mayor a 150 gramos/pieza; la longitud debe superar los 14 cm; el ancho tiene que exceder los 8 cm; y tener una coloración de verde claro a verde oscuro.

Tabla 1. Rango para la selección de calidad de fruto de acuerdo al largo, ancho y peso del fruto (NMX-FF-025-SCFI-2014).

Categoría de fruto				
	1 chico	2 mediano	3 grande	4 extragrande
Largo (cm)	< 10.0	10.0 - 11.9	12.0 - 14.0	> 14.0
Ancho (cm)	< 6.0	6.0 - 6.9	7.0 - 8.0	> 8.0
Peso (cm)	< 80.0 - 110.0	110.0 - 129.9	130.0 - 150.0	> 150.0

Después de seleccionar los frutos que cumplan con las características mencionadas anteriormente, se esperó a que los frutos terminaran el proceso de maduración y se procedió con la extracción y desinfección de semillas. Al momento de extraer la

semilla de cada fruto, nos aseguramos de que esta no presentara algún daño, y se retiraron aquellas semillas que no lograron su total desarrollo o que estaban “vanas”. Subsecuente a esto se vació la semilla obtenida en un recipiente con una solución previamente preparada con agua, más 5 g de detergente comercial (detergente biodegradable Roma. Elaborado por Fabrica de Jabón La Corona; con la siguiente composición: Sulfato de sodio, Dodecibencen Sulfonato, Tripolifosfato de Sodio, Silicato de Sodio, Carbonato de Sodio, Agua, Carboximetil Celulosa, de Sodio, Perfume, Blanqueador óptico y Azul Ultramarino (CI 77007)), por cada 100 mL de solución de hipoclorito de sodio al 5 % durante 1 minuto para asegurar la sanitización y limpieza de las semillas (Calaña et al., 2019). Por último, se almacenó la semilla seca en bolsas tipo “ziploc” en un lugar fresco y seco para su posterior siembra.

Como control para la medición de variables morfológicas, así como el rendimiento, se utilizó una variedad del INIFAP identificada como 3221, donada amablemente por el Dr. Mario González Chavira, de la cual no se tiene autorización para decir la variedad.

Para la evaluación bioquímica se utilizarán plántulas del INIFAP, criollas y variedad San Luis (marca geneseeds, Estados Unidos).

6.3. Manejo del cultivo

6.3.1. Siembra y trasplante

Para la siembra la semilla se dejó en remojo durante 24 horas. La siembra se realizó el 5 de marzo de 2021 en almácigos de 128 cavidades y domo transparente, con una mezcla de sustratos peat moss y perlita y colocando una semilla por cavidad (Figura 2); el riego fue cada tercer día a saturación y el domo permaneció en el almácigo hasta la aparición del primer par de hojas verdaderas con el objetivo de mantener la humedad relativa y del sustrato así como podemos apreciar en la figura 2 (Roldán, 2005); El trasplante se realizó el 7 de julio 2021 en bolsa para vivero de 6 litros previamente desinfectada y llenada con “tepojal”.

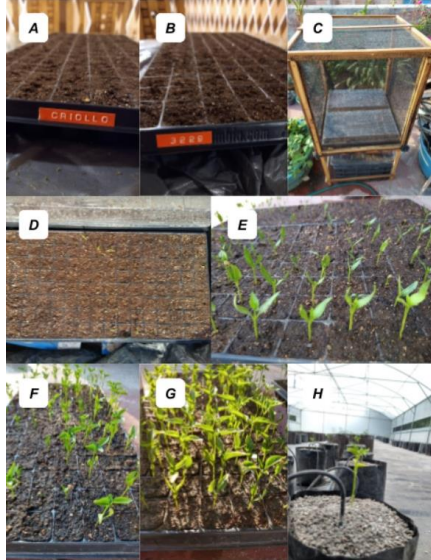


Figura 2. Proceso de siembra y trasplante. 2A = Siembra de criollo en almácigo para etapa 1; 2B = Siembra de variedad INIFAP en almácigo para etapa 1; 2C = área de germinación; 2D = Primeros brotes de chile en la variedad criolla; 2E = Plántulas tres semanas después de la germinación; 2F = Plántulas con primer par de hojas verdaderas desarrolladas; 2G = Plántula lista para el trasplante, con su segundo par de hojas verdaderas en desarrollo; 2H = plántula recién trasplantada en bolsa dentro el invernadero.

6.3.2. Fertilización y corrección de deficiencias nutrimentales

Se realizó una aplicación de Bayfolan Forte (Bayer, México) de forma foliar antes del trasplante para corregir cualquier deficiencia que pudiese tener la plántula, ayudar a su desarrollo y promover el crecimiento de raíces. Después del trasplante se aplicaron cinco soluciones nutritivas distintas con respecto a la etapa fenológica del cultivo, como se puede apreciar en la tabla 2. La solución nutritiva se preparó en un tanque de 1100 L. Para la corrección de nutrientes por déficit, se realizaron aplicaciones foliares de Bayfolan Forte (Bayer, México) de acuerdo con las especificaciones en la etiqueta del producto.

Tabla 2. Solución nutritiva por etapa de crecimiento (INIFAP 2013).

Nutriente ppm	en Trasplante a 1° piso	al 2° piso	al 3° piso	al 5° piso	al final del ciclo
N	60	60	100	120	140
P	50	50	50	50	50
K	100	100	125	150	170
Ca	100	100	140	150	170
Mg	40	40	40	50	50
C.E.	0.7	0.9	1.3	1.5	1.8

6.3.3. Corrección de pH

Se utilizó un potenciómetro para realizar la medición del pH en la solución nutritiva, ya que el agua en la zona de Juriquilla es de carácter básico (pH por encima de 7.0). La corrección del pH de la solución se llevó a cabo con Ácido nítrico al 68 % y por medio de una regla de tres se calculó la cantidad necesaria del ácido en la solución para obtener un pH de 6.0 a 6.5, que es el rango en el que están disponibles la mayoría de los nutrientes (Ayres et al., 2022).

6.3.4. Poda

Únicamente se realizó poda de saneamiento y de los brotes axilares, la primera se aplicó en hojas y frutos que presentaron daños por hongos y mecánicos, con el objetivo de evitar la propagación de hongos u otras enfermedades por el cultivo. El segundo solo se hizo para retirar los brotes axilares de la planta, con el objetivo de evitar el desvío de nutrientes y promover el crecimiento apical, así como el cuajado y llenado de frutos (Monge-Pérez, 2016; Carrillo-Montoya y Vargas-Rojas 2023).

6.3.5. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas se utilizaron diferentes productos de acuerdo con el problema que se presentó como se puede ver en la tabla. 3, con excepción de "*Lysiphlebus testaceipes*" que con la presencia del pulgón se fue propagando por las plantas y ayudando al control biológico del pulgón.

Tabla 3. Productos aplicados para el control de plagas.

Control / Plaga	Pulgón (<i>Schizaphis graminum</i>)	verde Araña (<i>Tetranychus urticae</i> . Koch.)	roja	<i>Alternaria</i> <i>sp.</i>	Cenicilla algodonosa (<i>Oidium sp.</i>)
Jabón potásico (Mena 2021)	X	X			
Aceite de neem (Guerra- Maldonado, 2021; González- Maldonado, y García- Gutiérrez, 2012)	X	X			
Caldo sulfocalcico (Salazar 2021; Milera- Rodríguez, 2024)				X	X
Azufre (Milera- Rodríguez, 2024)				X	X
<i>Lysiphlebus</i> <i>testaceipes.</i>	X				

Nota. La "X" marcada en las casillas, corresponde el producto aplicado de acuerdo a la plaga presente.

6.4. Cruza

Para saber si los caracteres de la planta criolla son heredables, se utilizó el método de retrocruza con una variedad de chile poblano (*Capsicum annum. L*) del INIFAP (Reynolds, 2012). Para realizar el procedimiento de retrocruza y evitar contaminación de polen, se tomaron 10 individuos y se separaron del lote experimental principal, de los cuales 5 fungieron como planta “hembra” (INIFAP) (Figura 3), cortando los estambres inmaduros de la flor y conservando el estigma y los 5 restantes sirvieron como plantas “macho” (criollo), los cuales fueron donadores de polen. La cruza en sí se realizó recolectando el polen en un frasco y posteriormente inoculando el estigma de las flores sin estambres (Rodríguez, 2007).

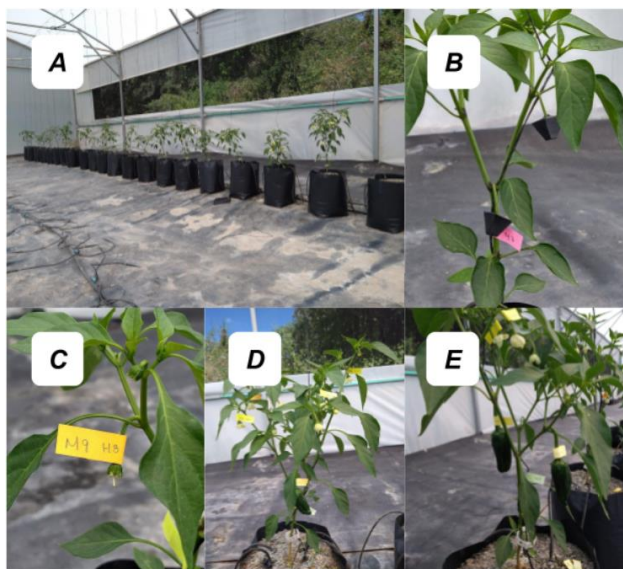


Figura 3. Plantas madre y retrocruza para la segunda etapa. 3A = Planta de chile poblano utilizada para la cruza; 3B = Flor recién polinizada; 3C = Fruto cuajado con polen de la planta “macho #9” en la “hembra #8”; 3D = Plantas con frutos de la cruza en desarrollo; 3E = “Hembra #10” con frutos de la cruza de diferentes “machos”.

6.5. Recopilación de datos

Con el objetivo de llevar a cabo la evaluación de la planta se tomaron datos semanales de altura de planta, número de flores, número de frutos, peso fresco de

fruto y peso seco de fruto, tomando como referencia lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-025-SCF1-2014.

6.6. Determinación de variables de calidad en el fruto de chile poblano.

6.6.1. Sólidos solubles totales (SST) y pH en fruto de chile poblano

Para determinar SST, se preparó una muestra homogénea del fruto, se licuaron los frutos unos minutos, después la muestra se mezcló y se tomó una alícuota, colocada en el prisma del refractómetro, después se registró la lectura directa según se describe en la NMX-F-112-NORMEX-2010.

El pH de las muestras de fruto se determinó según lo descrito en el método de la NOM-F-317-S-1978.

6.6.2 Acidez titulable (AT) en fruto de chile poblano

La acidez titulable AT se reportó como porcentaje de ácido málico, de acuerdo con la NMX-F-102-NORMEX-2010. Se reduce a pulpa fina unos 400 g y se mezcló bien, efectuando la operación tan rápidamente como sea posible para evitar pérdida de humedad. Se tomó 5 mL de muestra y se tituló con una solución de NaOH 1N, utilizando como indicador fenolftaleína.

El cálculo de acidez titulable se realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = (V \text{ NaOH}) (N \text{ NaOH}) (\text{meq ácido málico}) * 100 / V \text{ muestra}$$

Donde;

V NaOH = Volumen de la solución de NaOH utilizado (mL)

N NaOH = Normalidad de la solución de NaOH

meq ác. mál = Miliequivalentes ácido málico = 0.067

V muestra = Volumen de muestra (mL)

6.7. Pruebas bioquímicas de actividad enzimática.

La evaluación de la resistencia en la planta resultante se realizó con plántula, por medio del método "PAL" (Fenilalanina Amonio Liasa) al igual que a los "padres".

Para la determinación de PAL, se añadió 2.3 mL de búfer de reacción y 0.2 mL de extracto enzimático. La mezcla se incubó a 40 °C durante 60 min. Una vez transcurrido el tiempo de incubación se añadió 0.5 mL de solución de HCl 1 N (para

detener la reacción) y se dejó reposar durante 10 min. Se midió la absorbancia a $\lambda_{290\text{nm}}$ (Toscano et al., 2018).

6.8. Diseño experimental

La experimentación se llevó a cabo en dos etapas:

Primera etapa. El diseño experimental se distribuyó en parcelas al azar con 3 repeticiones, cada repetición constó de 10 individuos. Las variables de respuesta evaluadas fueron las mediciones morfológicas y el rendimiento.

Segunda etapa. Se utilizaron 15 individuos y los tratamientos evaluados fueron la planta criolla, planta del INIFAP e híbridos (producto de planta criolla y del INIFAP) usando como control la planta de San Luis. Se cultivó planta bajo invernadero, se evaluó el rendimiento y variables de calidad del fruto.

6.9. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Para la detección de diferencias entre las variedades de la primera etapa, se empleó la prueba de T de Student. Para la segunda etapa se realizó prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p=0.05$ utilizando el paquete estadístico GraphPad PRISM software, versión 8.0.

VII. Resultados y discusión

7.1. Selección de germoplasma

De los 50 frutos seleccionados se realizó un análisis de varianza para conocer en qué categoría de la tabla 1 se encontraban los frutos de la variedad “criolla”. Para esto se tomaron datos de peso seco, ancho y largo de fruto (aunque para la selección del fruto únicamente se tomó en cuenta el largo del mismo). Así como los valores, mínimo, máximo y promedio de cada variable y se obtuvieron los resultados presentes en la tabla 4. En la muestra no se presentaron frutos de las categorías “1” y “2”, siendo 9.50 cm, el valor más bajo con relación al largo del fruto. Por otra parte, la mayor parte de la muestra se distribuyó entre las categorías “3” y “4” con 24 frutos cada una y un promedio del largo de fruto de 12.09 cm, siendo 16.90 cm el valor máximo, con solo 2 unidades presentes en la categoría “5” y de la cual se obtuvo la semilla para el estudio.

Tabla 4. Variables medidas para selección de fruto y obtención de semilla.

Rango	Peso seco (g)	Largo(cm)	Ancho (cm)
Promedio	12.54 ± 1.85	12.09 ± 1.68	7.16 ± 0.66
Máximo	16.8	16.9	8.6
Mínimo	10.02	9.5	5.7

Nota. Para el valor promedio, los resultados muestran la media ± error estándar.

7.2. Primera evaluación del chile poblano criollo

La siembra se realizó el día 5 de marzo de 2021, las primeras plántulas germinaron a los 18 días después de la siembra en ambas variedades y de las 64 semillas sembradas por variedad germinaron 56 de la variedad INIFAP y 54 de la variedad Criolla. Con un porcentaje de 87.5 % y 84.3 %, respectivamente, siendo un poco más alto el índice de germinación de la planta del INIFAP.

7.2.1 Comparación del desarrollo de variedades INIFAP vs Criollo

En la tabla 5, se muestra el promedio de las variables altura, número de flores y número de frutos, las cuales fueron utilizadas para evaluar y comparar el desarrollo de ambas variedades. El periodo de toma de datos abarcó del 19 de agosto del 2021 hasta el 06 de enero del 2022, con un total de 15 fechas en las que se tomaron datos de cada variable. Para la variable Altura no se presentaron diferencias significativas en la primera y segunda tomas de datos, sin embargo, desde la tercera hasta la décimo primera toma de datos la variedad criolla tuvo un mayor desarrollo, con un valor de 64.6 ± 33.1 cm, mientras que la planta del INIFAP tuvo una altura de 54.2 ± 28.4 cm, en la décimo segunda toma no presentaron diferencias, pero en la toma décimo tercera y décimo cuarta la planta criolla tuvo mayor desempeño con 71.0 ± 36.9 y 79.1 ± 41.1 cm, Mientras que la planta del INIFAP tuvo 61.6 ± 31.9 y 69.4 ± 36.6 cm, respectivamente, aunque en la última toma de datos con la fecha del 06 de enero del 2022, hubo un claro rezago en la planta criolla. Esto podría ser porqué la variedad del INIFAP ya es un híbrido para producción en invernadero de tipo indeterminado lo cual difiere bastante en comparación a la Criolla la cual es una variedad de producción en campo abierto.

Hernández (2021) y Díaz (2022) coinciden en que la variable altura de planta está relacionada al tipo de germoplasma que se tiene y puede llegar a presentar variaciones cuando dicho genotipo de ver favorecido por condiciones atmosféricas similares a su entrono original, ya que ambos autores reportan diferencias significativas entre variedades, pero entre tratamientos.

La variable número de flores prácticamente se mantuvo regular en ambas variedades desde la primera hasta la quinta fecha pero, a partir de la sexta y hasta la novena fecha, la variedad criolla presentó mayor número de flores, regulando esta variable entre las dos variedades desde la toma 10 hasta la última, se detectaron diferencias en los datos 3, 6, 8, 9 y 10 obteniendo resultados para la variedad criolla con un valor máximo de 4 y para la variedad del INIFAP un valor máximo de 2 (Tabla 5).

En ambas variedades los resultados de la variable número de frutos fueron menores o iguales a 2, aunque en esta última variable hubo una diferencia marcada durante la cuarta toma de datos (Tabla 5), con valores promedio de 0.29 para la variedad del INIFAP y 0.08 para la criolla, esto se debió principalmente a que la planta del INIFAP sí logró el cuajado de las primeras flores, y esto pudo haber retrasado su desarrollo, también se encontraron diferencias en las tomas 7, 8, 9, 10 y 11, con valores de 0.18, 0.44, 0.65, 1.00, 1.00, para INIFAP y 0.65, 1.08, 1.92, 1.85 y 1.73 para Criollo, teniendo mayor cantidad de frutos en Criollo.

En la variable de número de frutos el desarrollo fue uniforme, aunque la variedad INIFAP si cuajó la primera flor que brotó, tomando así la diferencia presente para la tercera fecha, durante las fechas cuarta y quinta ambas variedades tuvieron un comportamiento similar, pero desde la sexta y hasta la décima fecha, la variedad criolla tuvo mayor rendimiento con relación a los frutos cuajados, terminado por regularse ambas variedades durante las últimas dos fechas (Tabla 5).

Tabla 5. Datos morfológicos de planta criolla e INIFAP en la primera evaluación.

#	Fecha	Altura		Número de Flores		Número de Frutos	
		INIFAP	Criollo	INIFAP	Criollo	INIFAP	Criollo
1	19/08/21	13.1±6.7	13.5±6.8	≤1	≤1	≤1	≤1
2	26/08/21	14.7±7.5	15.3±7.8	≤1	≤1	≤1	≤1
3	02/09/21	16.3±8.3 b	18.1±9.2 a	≤1 a	≤1 b	≤1	≤1
4	09/09/21	17.7±9.0 b	20.2±10.3 a	≤1	≤1	0.3 a	≤1 b
5	16/09/21	19.1±9.8 b	24.0±12.3 a	≤1	≤1	≤1	≤1
6	23/09/21	21.1±11.0 b	28.3±14.6 a	≤1 b	≤1 a	≤1	≤1
7	30/09/21	25.1±13.1 b	32.2±16.6 a	≤1	1 - 2	≤1 b	≤1 a
8	07/10/21	30.2±16.1 b	40.1±20.4 a	≤1 b	1 - 2 a	≤1 b	1-2 a
9	14/10/21	35.1±18.7 b	44.0±22.6 a	1 - 2 b	3 - 4 a	≤1 b	1-2 a
10	28/10/24	47.1±24.9 b	58.0±29.7 a	2 - 3 b	3 - 4 a	1-2 b	1-2 a
11	04/11/21	54.2±28.4 b	64.6±33.1 a	2 - 3	2 - 3	1-2 b	1-2 a

12	11/11/21	57.0±30.6	70.8±36.4	2 - 3	2 - 3	1-2	1-2
13	18/11/21	61.6±31.9 b	71.0±36.9 a	2 - 3	2 - 3	1-2	1-2
14	09/12/21	69.4±36.6 b	79.1±41.1 a	1 - 2	1 - 2	1-2	1-2
15	06/01/22	86.8±45.1	87.3±46.7	≤1	≤1	1-2	1-2
Total				16±4 b	20±5 a	8±2 b	11±4 a

Nota. Para las variables totales, los resultados muestran la media \pm error estándar. Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparaciones de T de Student ($p=0.05$). Para el número de datos se utilizaron las siguientes representaciones: de 0 a 1 (≤ 1); 1 - 2 ($1 < \text{dato} \leq 2$); 2 a 3 ($2 < \text{dato} \leq 3$).

Ramos-Gourcy y Luna-Jiménez (2006) trabajaron con dos variedades híbridas (San Juan y Caballero) y una criolla, en sus resultados obtenidos reportan que los híbridos tienen mayor rendimiento y mejor desarrollo en comparación al criollo. Sin embargo, en este trabajo podemos observar que en las tres categorías de datos tomadas la variedad criolla, tuvo un mejor desempeño general.

En la figura 4A se representa el número de flores de cada variedad a lo largo del ciclo en el cual la variedad criolla tuvo un promedio de 20 ± 5 flores por planta mientras que la variedad INIFAP tuvo un promedio de 16 ± 4 flores por planta por lo que en la planta criolla tuvo un mayor número de flores a comparación de la planta del INIFAP. En la figura 4B se ve la producción de número frutos en la que la planta criolla tuvo 11 ± 4 frutos cuajados, en comparación a la planta de INIFAP que desarrolló 8 ± 2 frutos siendo mayor para la planta criolla concordando la producción de flores por variedad. Sin embargo, se podría incrementar el rendimiento de ambas variedades promoviendo el crecimiento de del fruto (Hernández et al., 2021).

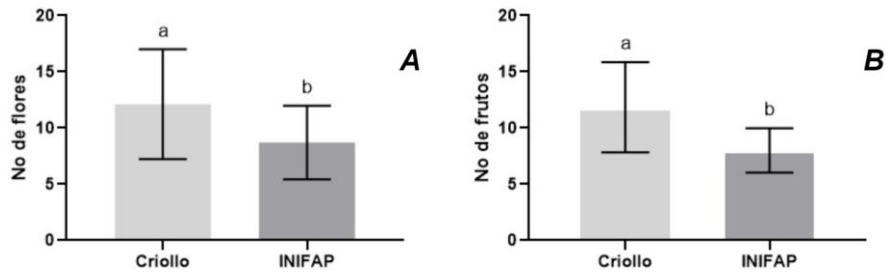


Figura 4. Floración y fructificación de las variedades. 4A = Número de flores por ciclo; 4B = Frutos acumulados en el ciclo. Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparación de T de Student ($p=0.05$).

Con el fin de observar la diferencia entre la cantidad de flores que se dieron, contra la cantidad de frutos cuajados. En la figura 5, se puede ver que ambas variables tienen un comportamiento parecido, sin embargo, la planta INIFAP tuvo un total de 573 flores y 274 frutos, representando un amarre del 47.8 %, mientras que la planta Criolla presentó 530 flores y 308 frutos con un porcentaje de frutos cuajados de 58.1 %.

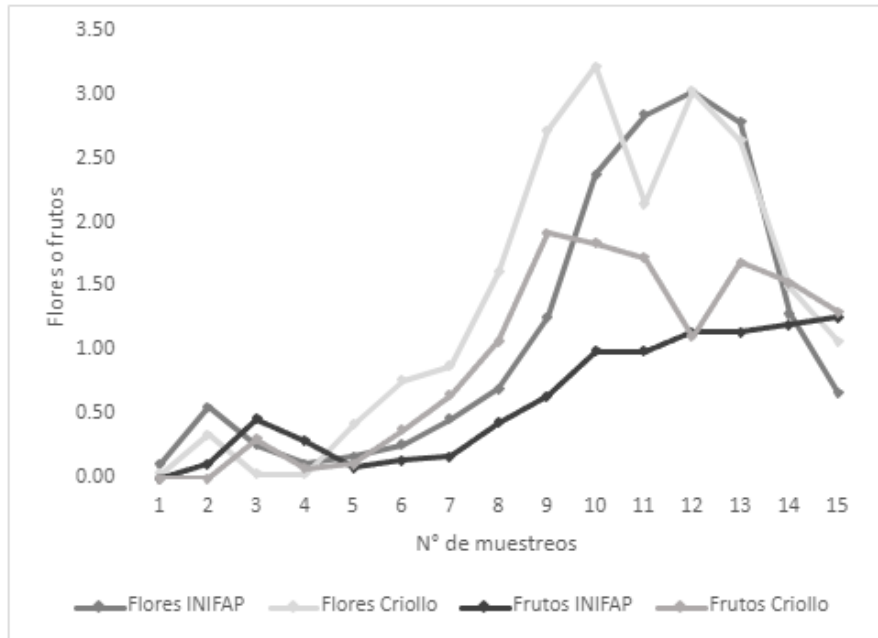


Figura 5. Comparación de flores contra frutos cuajados.

7.2.2 Comparación del rendimiento de variedades INIFAP vs Criollo

El rendimiento por planta durante un ciclo completo se evaluó por medio del peso fresco y peso seco de los frutos, en el caso de la planta criolla el peso fresco tuvo un valor mayor (272.4 ± 126.2 g) comparado con la variedad del INIFAP (157.3 ± 85.0 g) (Figura 6A), para el peso seco la planta criolla se mantuvo por encima con 81.7 ± 9 g y 47.2 ± 25.5 g de la planta del INIFAP (Figura 6B). Sin embargo, para el peso fresco promedio por fruto de las variedades criolla e INIFAP, no presentaron diferencias significativas con valores de 34.9 ± 7.8 g y 36.9 ± 11.5 g, respectivamente. Al igual que para el peso fresco, el peso seco las variedades Criolla (10.5 ± 2.3 g) e INIFAP (11.1 ± 3.4 g) no presentaron diferencias significativas (Figura 6B).

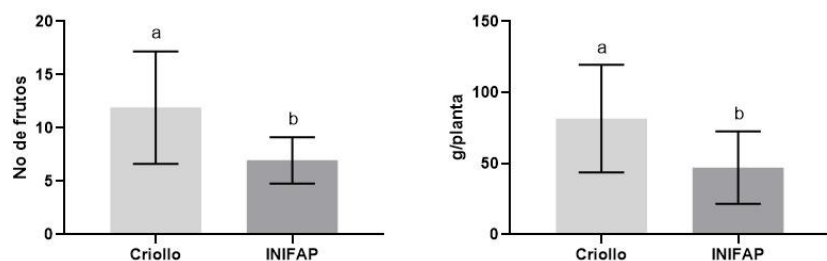


Figura 6. Rendimiento de chile poblano durante un ciclo. 6A = peso fresco; 6B = peso seco. Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparación de T de Student ($p=0.05$).

La variedad comercial AP - VR es un híbrido de chile poblano presentado por el INIFAP con un rendimiento de 26.4 a 46.4 toneladas por hectárea y una densidad de siembra de 27 500 plantas por hectárea (INIFAP, 2011).

En otro estudio Mendoza (2013) compara tres variedades de chile poblano, Allende, Caballero y Criollo con rendimientos en peso fresco de 29 207.40 kg / ha, 24 140.74 kg/ha y 19 325.92 kg/ha.

En su trabajo de investigación Ascencio (2013) evaluó el rendimiento de tres variedades de chile poblano y en sus resultados la variedad caballero tuvo el mejor desempeño con 28 715 kg/ha, seguida de Allende con 27 300 kg/ha y por último AM - VR con 26 603 kg/ha.

Comparado con variedades comerciales ya establecidas y con los resultados obtenidos de otros autores, el rendimiento por hectárea de las variedades evaluadas en este ensayo es bajo con un promedio de 7 ton/ha para la variedad criolla y 4 ton/ha para la variedad INIFAP, contemplando una densidad de siembra de 27500 plantas por hectárea y un ciclo con duración de 10 meses.

7.2.3 Comparación de calidad de fruto con relación al largo y ancho.

Para el largo de fruto no se presentaron diferencias significativas teniendo valores de 12.1 ± 6.1 cm en la planta criolla y 11.2 ± 5.8 en la planta del INIFAP. Con estos resultados se puede deducir que la variedad Criollo e INIFAP se encuentran dentro del Código 4 y el Código 3 de calidad de fruto con respecto a lo largo del fruto inscrito en la NMX-FF-025-SCFI-2014 (tabla 1). Al igual que para el largo de fruto, el ancho de fruto no presentó diferencias significativas, con valores de 7.2 ± 3.6 y 7.1 ± 3.5 para las variedades Criollo e INIFAP respectivamente.

7.2.4 Obtención de un híbrido de Criollo con INIFAP

Del procedimiento de retrocruza se obtuvieron 35 frutos, con un largo promedio de 10.72 cm (Figura 7A), que corresponde al código de calibre 3 (tabla 1) de los cuales se extrajo semilla para su posterior siembra (Figura 7B).

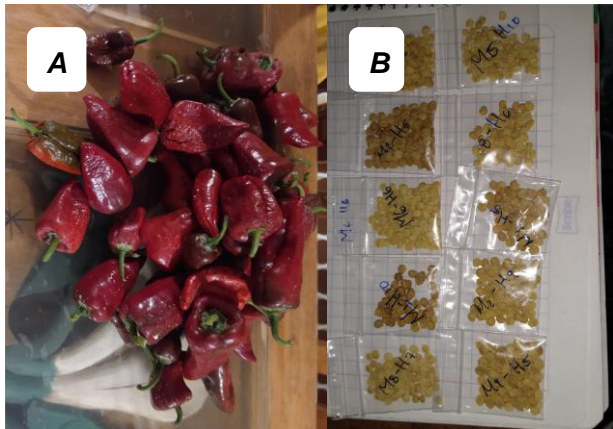


Figura 7. Semilla y frutos obtenidos de la retrocruza. 7A = Frutos cosechados en su punto de madurez total. 7B = semilla recolectada, desinfectada y empacada producto de los frutos ya secos.

7.3. Evaluación del chile poblano criollo e híbrido

7.3.1. Obtención de rendimiento

En la tabla 6 se puede observar el rendimiento, así como el número de frutos por planta, para estas dos variables la variedad INIFAP, no presentó diferencias significativas, por el contrario, la planta híbrida tuvo el rendimiento más alto a los 205 días después de la siembra con valores de 120 ± 60 g en rendimiento y de 2 a 3 frutos. Mientras que para las variedades San Luis y Criollo, tuvieron valores de 80 ± 46 g y 65 ± 25 g para rendimiento y 1 a 2 frutos respectivamente para cada variedad, aunque la variedad criolla también tuvo cierta similitud a la variedad híbrida.

Tabla 6. Comparación del rendimiento del Híbrido resultante de la retrocruza vs Criollo, INIFAP y San Luis.

Día	Variable	Variedad			
		INIFAP	Híbrido	San Luis	Criollo
177	Frutos	≤1	≤1	≤1	≤1
	Rendimiento (g)	69±33	100±45	85±60	38±29
191	Frutos	≤1	1 - 2	1 - 2	1 - 2
	Rendimiento (g)	48±4	78±61	75±35	76±37
205	Frutos	NA	2 - 3 a	1 - 2 b	1 - 2 ab
	Rendimiento (g)	NA	120±60 a	80±46 b	65±25 b
219	Frutos	NA	2 - 3	2 - 3	2 - 3
	Rendimiento (g)	NA	68±31	68±32	68±76
233	Frutos	3 - 4	3 - 4	3 - 4	NA
	Rendimiento (g)	113±16	82±35	88±36	NA
248	Frutos	NA	5 - 6	4 - 5	4 - 5
	Rendimiento (g)	NA	75±47	64±38	68±31

Nota. Para el número de datos se utilizaron las siguientes representaciones: de 0 a 1 (≤ 1); 1 - 2 ($1 < \text{dato} \leq 2$); 2 a 3 ($2 < \text{dato} \leq 3$); 3 a 4 ($3 < \text{dato} \leq 4$); 4 a 5 ($4 < \text{dato} \leq 5$); 5 a 6 ($5 < \text{dato} \leq 6$); NA = No aplica. Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparación de Tukey ($p=0.05$). Nota. Los días son contados después del trasplante.

El valor promedio más alto para número de frutos fue de la planta híbrida (10 ± 6), seguido de la variedad comercial San Luis (8 ± 5), tomando valores más bajos las plantas criollas (2 ± 1) e INIFAP (3 ± 2) (Figura 8A). De igual manera, el peso promedio

de fruto fue mayor para la planta híbrida con 249 ± 129 g, junto con la variedad San Luis de 229 ± 113 g, mientras que las plantas criollas e INIFAP, tuvieron un promedio de 80 ± 54 g y 93 ± 50 g respectivamente (Figura 8B). Sin embargo, el peso promedio por fruto entre variedades no presentó diferencias significativas con valores de 39 ± 12 g para INIFAP, 29 ± 7 g del Híbrido, 34 ± 11 g en la San Luis y 34 ± 14 g de la criolla.

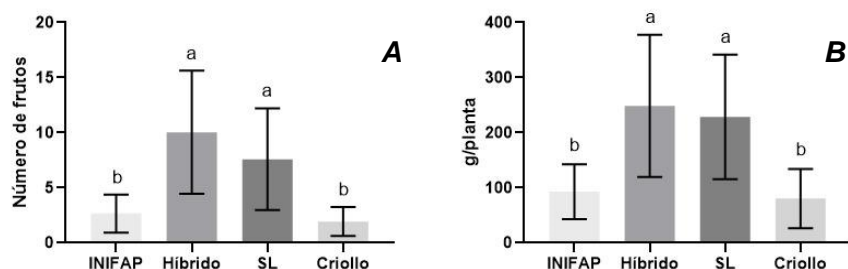


Figura 8. Comparación de rendimiento entre variedades. 8A = Número de frutos promedio por planta; 8B = Promedio en gramos de frutos producidos por planta. Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparación de Tukey ($p=0.05$).

Si se hace una extrapolación con estos rendimientos por variedad, con una densidad de siembra de 27500 plantas/hectárea y 2 ciclos de 6 meses, el rendimiento promedio en toneladas por hectárea sería de 13.6, 12.4, 5.0 y 4.4, para las variedades Híbrido, San Luis, INIFAP y Criollo, correspondientemente. Con estos datos se puede inferir que la variedad Híbrido tiene la capacidad y el potencial de competir con la variedad comercial San Luis, no obstante Hernández et al. (2021) realizaron una evaluación del rendimiento con distintos porcentajes de una misma solución nutritiva con las variedades San Luis, Criollo y Caballero, en el cual, la variedad San Luis alcanzó un rendimiento de 1.4 kg/planta, que si se extrapola con las condiciones anteriores, se puede llegar a tener un rendimiento de 38.5 toneladas/hectárea. Esto supone que la variedad San Luis tiene alta capacidad productiva que supera lo obtenido en este ensayo, y permite la duda de si el Híbrido tiene el potencial de competir con dicha variedad.

Como se puede apreciar en la tabla 1, y de acuerdo a los datos obtenidos en la variable de peso unitario por fruto, las cuatro variedades se encuentran dentro de la categoría 3 chico con relación a la NMX-FF-025-SCFI-2014.

7.3.2. Calidad del fruto

La planta INIFAP presentó el menor valor de acidez en fruto con un pH de 6.1 ± 0.0 , seguido de la variedad San Luis con 6.3 ± 0.0 , Criollo con 6.4 ± 0.0 y el Híbrido con 6.3 ± 0.1 , siendo estadísticamente similares las plantas San Luis, Híbrido y Criollo (Figura 9A). Con relación a grados brix, las variedades San Luis e INIFAP, no tuvieron diferencias con valores de 1.7 ± 0.6 y 2.7 ± 0.6 en el orden dado. Mientras que la variedad criolla presentó un valor de 0.8 ± 0.4 y la híbrida fue de 0.7 ± 0.3 . El análisis reveló que las variedades criolla e híbrida son idénticas a la variedad San Luis, pero diferentes a la variedad INIFAP (Figura 9C). Para la variable de Acidez Titulable destacó la variedad San Luis con 3.3 ± 0.2 % comparado a las variedades criollo (1.3 ± 0.2 %) e Híbrido (2.4 ± 0.2 %), pero la variedad INIFAP tuvo un porcentaje de 2.9 ± 0.2 siendo similar a la variedad híbrida y San Luis (Figura 9B).

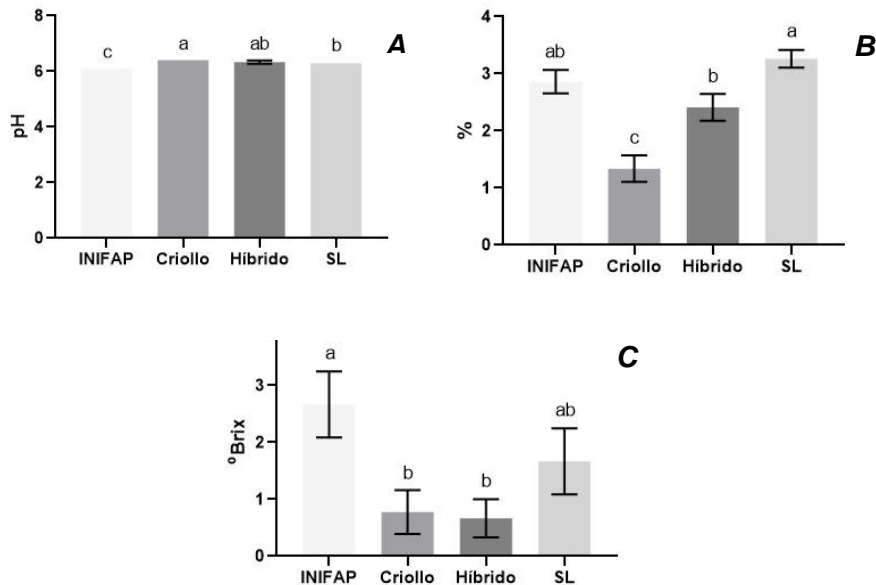


Figura 9. Comparación de calidad de fruto entre variedades. 9A = pH de fruto; 9B = Acidez titulable; 9C = Grados brix (azúcares). Las letras indican las diferencias entre medias usando la prueba de comparación de Tukey ($p=0.05$).

Hernández-Fuentes et al., (2010) evaluó el comportamiento del fruto con relación al tiempo de almacenamiento en post cosecha de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) dentro de las variables que evaluadas estuvieron acidez titulable (.09 a .99), solidos solubles (3.9 a 5.7) y pH (5.87 a 6.08).

Por otra parte, Sanjuan-Martínez et al., (2022) Realizan una evaluación de chile Huacle (*Capsicum annuum* L.), con respecto al estrés percibido por la planta con distintos sustratos y acolchado, así como la repercusión del estrés en los frutos, entres sus análisis de fruto se encontraron acidez titulable (1.4 a 2.4), solidos solubles (13.3 a 15.3) y pH (5.18 a 5.30).

De acuerdo a los resultados obtenidos y comparando con otros se puede inferir que la especie *Capsicum annuum* L., tiende a tener frutos con pH ácido, pero esto no implica que sea acido, ya que pueden llegar a presentar mayor cantidad de azucares, también cabe mencionar que Sanjuan-Martínez et al., (2022), tienen diferencias significativas entre tratamientos con acolchado y sin acolchado, lo que podría indicar que el estrés hídrico puede influir en el comportamiento fitoquímico del fruto.

7.3.3. Actividad enzimática

Los valores para actividad enzimática PAL fueron de 9.654 ± 1.224 , 9.018 ± 0.496 , 9.100 ± 1.067 y 10.107 ± 0.598 U/g de planta para las variedades del INIFAP, criollo, híbrido y SL, respectivamente. No hubo diferencia entre las diferentes plantas.

Sariñana (2023) Evaluó el comportamiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) al inocular Selenio, lo cual presento diferencias significativas en el porcentaje de germinación, producción de metabolitos secundarios como respuesta al estrés por exceso de selenio y acumulación de dicho elemento en el fruto.

En este ensayo ninguna de las variedades presento diferencias significativas, en las condiciones que se desarrolló el cultivo, por lo que se puede pensar en manejar de forma distinta los tratamientos, sometiendo a estrés las diferentes variedades con el objetivo de verificar si la planta criolla tiene mayor producción de metabolitos secundarios y si fuera así, la capacidad de heredar dicha característica.

VIII. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos la variedad Criollo, si tuvo un desempeño y rendimiento equiparable a la variedad INIFAP, sin embargo, es importante resaltar que esta última es una planta indeterminada con relación a la variedad criolla. Por otro lado, comparando el Criollo con la variedad comercial San Luis, tuvo un mejor desempeño esta última tanto en desarrollo como en rendimiento, no obstante, el Híbrido obtenido de la cruce entre las variedades Criollo e INIFAP, tuvo un desarrollo similar al de la variedad comercial San Luis.

Con respecto a la variedad Híbrido resultante de la cruce entre las variedades Criollo e INIFAP, los resultados obtenidos para este ensayo son prometedores. Para tener un dato más acertado, lo mejor sería replicar el experimento y seguir trabajando con el híbrido mediante el mejoramiento genético y seguir mejorando aspectos como largo y peso del fruto, los cuales son factores determinantes al momento de calcular el rendimiento. ya que con el potencial que mostró, puede llegar a ser una variedad comercial con el potencial de competir con otras variedades.

Con respecto a la prueba de actividad enzimática, se rechaza la hipótesis, ya que no hubo diferencias significativas en cuanto a la producción de metabolitos secundarios por parte de cualquiera de las 4 variedades, esto puede indicar dos cosas, la primera es que no hay una diferencia entre variedades con relación a la producción de metabolitos secundarios o la segunda es que necesitan de algún estímulo externo como el estrés oxidativo para promover la síntesis de dichos metabolitos.

Referencias

- Ayres, J. I., Grasso, R., Berrueta, C. (2022). Control de la solución nutritiva hidropónica (NFT) basado en el pH y la conductividad: luces y sombras. *Hortifruticultura*, 71, 108-112. Consultado 2024 julio 07. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/16926/1/INIA-71-diciembre-2022-Ayres.pdf>
- Anaya-López, J. L., Torres-Pacheco, I., González-Chavira, M., Garzón-Tiznado, J. A., Pons-Hernández, J. L., Guevara-González, R. G., Muñoz-Sanchez, C. L., Guevara-Olvera, L., Rivera-Bustamante, R. F., y Hernández-Verdugo, S. (2003). Resistance to geminivirus mixed infections in Mexican wild peppers. *HortScience*, 38(2), 251-255. Consultado 2024 junio 23. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/70448529/4f39c041a9353aa75d61b24bbbe7c54c0df4-libre.pdf?1632852853=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DResistance_to_Geminivirus_Mixed_Infectio.pdf&Expires=1719174697&Signature=cDCcmW97DuG0tkAociNwVBN-KmNpNteZEzgG~8OPZSRCIHuegN-ILfboaNdQ9HgenpQN-UhmoHwR8~Lonl-NDzIJcvTcQg3jGs408kck9TYgrw86Pxy2m3ydy4agmKRPci7F5TrV1xlaKf0XTvSdVvk9u2cTW5LZCxGkFW0pAWvZO~Noqsf52p9FL2b5HMPxiBZVLhUKf8yae2p8yjlFRm916uD3ATi~rXeD54ZI6TfYokIWP0pvhhbG7pfzB93z6xBXt1yvPCf7Ybwtq-YFAOizGcGm-mFHOYjfryyuTM2keCPcD3F0eQFTdpHYIDLR0h0WYy97r~Xc28h6C~ikcg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Angulo, I., Ortiz, M. (2020). Mejoramiento genético en plantas alógamas y autógamias. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Ingeniería Agronómica. Consultado 2020 octubre 19. Sitio web: <file:///E:/Users/Usuario%20Final/Downloads/MonografiamejoramientogeneticodeplantasautogamasyalogamasFitomejoramiento.pdf>
- Alonso, R., Moya, C., Cabrera, A., Ponce, P., Quiroga, R. E., Rosales, M., Zuart, J. L. (2008). EVALUACIÓN In Situ DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LOS CHILES SILVESTRES (*Capsicum spp.*) EN LA REGIÓN FRAILESCA DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 49-55. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v29n2/ctr080208.pdf>
- Asencio, D. (2013). Evaluación del rendimiento de variedades de Chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) en campo abierto y en macrotúnel. Consultado 2024 junio 12. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3481/IAF1EVA01301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asencio, O. (2013). Evaluación del rendimiento de variedades de Chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en campo abierto y en macro túnel. Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad de Agronomía y Veterinaria. Consultado 2020 octubre 21. Sitio web: <http://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3481/IAF1EVA01301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bautista, E. (2007). Estimación del Rendimiento y Heterosis en Chile Ancho (*Capsicum annuum* var. Grossum). Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 2020 octubre 21. Sitio web: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4787/T01101%20BAUTISTA%20VARGAS%2c%20EMILIO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calaña V., Izquierdo H., González M., Rodríguez Y., Rodríguez M., Fernández D. (2019). Desinfección de semillas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivar 'YAMIL' para su implantación *in vitro*. Ministerio de Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2022 abril 28. Sitio web: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n3/1819-4087-ctr-40-03-e07.pdf>
- Carrillo-Montoya, K., Vargas-Rojas, 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). Consultado 2024 julio 07. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212023000300026
- Castañón, G, Latournerie, L, Mendoza, M, Vargas, A, Cárdenas, H. (2008). Colección y caracterización de Chile (*Capsicum spp*) en Tabasco, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 77, 189-202. Recuperado 2024 marzo 18 de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572008000100016&lng=es&tln g=es.
- Cerda-Hurtado, I. M. (2014). Identificación de marcadores moleculares ligados a caracteres de interés en materiales élite de sorgo dulce *Sorghum bicolor* (L.) Moench de la FA-UANL (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Covacevich, D. (2015). Mejoramiento genético vegetal y propiedad intelectual en Chile: de variedades públicas a variedades privadas. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas Escuela de Pregrado Consultado 2020 septiembre 29. Sitio web: https://www.cva.itesm.mx/biblioteca/pagina_con_formato_version_oct/apaweb.html
- Caverzan, A., Casassola, A., Brammer, S.P. (2016). Reactive oxygen species and antioxidant enzymes involved in plant tolerance to stress. In: Shanker, A., Shanker, C. (Eds.), *Abiotic and Biotic Stress in Plants-Recent Advances and Future Perspectives*. InTech, Croatia, pp. 463–480. <https://doi.org/10.5772/61368>
- Cometti, E. (2014). Análisis de la merma de rendimiento de la línea a de maíz (*Zea maíz* L.) en su versión hp asistido por marcadores moleculares. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Consultado 2020 octubre 18. Sitio web: <http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/12388/Tesis%20Versi%c3%b3n%20final%20cometti.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Díaz W. (2022). Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro genotipos de Chile poblano bajo invernadero en el sureste de Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 2024 junio 28.

Comentado [JAVH1]: Si es con Z, corrige el comentario que te hice anteriormente

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/48992/K%2068217%20D%c3%adaz%20Wences%2c%20Francisco%20Jacob.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Estudio Botánico de las Solanáceas Cultivadas - Scientific Figure on ResearchGate. Available: Fig.9. *Capsicum annuum* L. The Plant List (Google). Dominio público. Consultado 2024 julio 5. https://www.researchgate.net/figure/Capsicum-annuum-L-The-Plant-List-Google-Dominio-publico_fig5_326186408
- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND). (2020). El Chile, riqueza de la gastronomía mexicana. Gobierno de México 2020 noviembre 27. Sitio web: <https://www.gob.mx/fnd/articulos/el-chile-riqueza-de-la-gastronomia-mexicana?idiom=es>
- Gabriel, J., Veramendi, S., Pinto, L., Pariente, L., Angulo, A. (2016). Asociaciones de marcadores moleculares con la resistencia a enfermedades, caracteres morfológicos y agronómicos en familias diploides de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Colombiana de Biotecnología, 18(1), 17-32.
- Global Partnership Initiative for Plant Breeding Capacity Building (GIPB). (s.f.). Impacto del fitomejoramiento y desafíos actuales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Consultado 2020 octubre 26. Sitio web: <http://www.fao.org/3/a-at913s.pdf>
- Godínez-Hernández, Y., Anaya-López, J. L., Díaz-Plaza, R., González-Chavira, M., Torres-Pacheco, I., Rivera-Bustamante, R. F., Guevara-González, R. G. (2001). Characterization of resistance to pepper huasteco geminivirus in chili peppers from Yucatan, Mexico. *HortScience*, 36(1), 139-142. Consultado 2024 junio 23. <https://journals.ashs.org/hortsci/downloadpdf/view/journals/hortsci/36/1/article-p139.pdf>
- González-Maldonado, M. B., García-Gutiérrez, C. (2012). Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45. Consultado 2024 julio 07. <https://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25barticulosPDF/4%20GONZALEZ-MALDONADO.pdf>
- González-Minero, F. (2018). Estudio Botánico de las Solanáceas Cultivadas. Consultado 2024 julio 06. https://www.researchgate.net/publication/326186408_Estudio_Botanico_de_las_Solanaceas_Cultivadas
- Guerra-Maldonado, G. (2021). El aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) una alternativa a los insecticidas químicos. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(1), 122-129. Consultado 2024 julio 07. <http://hct.cigetgmo.co.cu/revistahct/index.php/hct/article/view/1127/1860>
- Hernández-Fuentes, A. D., Montiel, R. C., Pinedo-Espinoza, J. M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) var. california por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. *Revista Iberoamericana de*

Tecnología Postcosecha, 11(1), 82-91. Consultado 2024 julio 23.
<https://www.redalyc.org/pdf/813/81315093011.pdf>

Hernández-Hernández, B. N., Tornero-Campante, M. A., Sandoval-Castro, E., Rodríguez-Mendoza, M. N., Taboada-Gaytán, O. R., Peña-Olvera, B. V. (2021). Crecimiento, rendimiento y calidad de chile poblano cultivado en hidroponía bajo invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 1043-1056. Epub 21 de marzo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2755>

Hernández-Pérez, M. (2019). Efectos genéticos en la resistencia a la marchitez causada por (*phytophthora capsici*) en chile (*capsicum annuum*) y en caracteres agronómicos importantes en rendimiento /Mirna, Hernández Pérez (no. sb 608. p5. h471 2009.).

INIFAP (2011). Folleto técnico. AP-VR nueva variedad de chile ancho poblano para el altiplano de México INIFAP Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis Potosí. 24 p. Consultado 2024 julio 14. <https://1library.co/document/yrkengjz-nueva-variedad-chile-ancho-poblano-para-altiplano-mexico.html>

INIFAP (2013). Paquete tecnológico de agricultura protegida para el cultivo de: chile ancho malla sombra. Centro de investigación regional del noreste. Dirección de vinculación estatal en San Luis Potosí. 2020 enero. <file:///C:/Users/Usuario%20Final/Downloads/paquete%20tecnologico%20poblano.pdf>.

Jiménez S. J. C., Moreno F. L. P., Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109. Retrieved June 19, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732012000100010&lng=en&tlng=es.

Laborde C., Pozo C. 1982. Presente y pasado del chile en México. SARHINIA. México. Consultado 2024 junio 13.

Linares, L. (2004). Comportamiento de variedades de chile dulce (*Capsicum annum* L.) en la región occidental de El Salvador. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 15, núm. 1, 2004, pp. 25-29. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. Consultado 2024 junio 12. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43715104.pdf>

MacDonald, M.J., D'Cunha, G.B., 2007. A modern view of phenylalanine ammonia lyase. *Biochem. Cell Biol.* 85, 273–282. <https://doi.org/10.1139/O07-018>.

Martínez, C. (2016). La diversidad genética de *Capsicum annum* de México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Consultado 2020 octubre 21. Sitio web: <http://ninive.uasp.mx/xmlui/handle/i/5857>

Masuelli, R. (1999). Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento genético de especies hortícolas. Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, C.C. 7 (5505) Chacras de Coria, Mendoza,

Argentina. 2020 noviembre 28. Sitio web:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50929597/Usode_marcadores_moleculares_en_el_mejoramiento_genetico_de_especies_hortícolas.pdf?1481951456=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUsode_marcadores_moleculares_en_el_mejoramiento.pdf&Expires=1606775885&Signature=RuSsE8QzxMsnpqO-Hi2~mAY9Lf3GvuXhXaUuwDw6snndue6Hpwu~4O7vwjWCHqIbmxs4OKmpRgICXBmQxEjry~yH3zrqgS73LJWH7vrpj3B~ovS3N01shrHPyVc4BXZlcl5Cbso1N8Lj6TlvCgjxuLIDjxrQrK2AcTHR8mCBq-IGYPH8uu8sEnPdI37h9B1NGV7BEuryp0qNmBMYQFBMUAQq03RPxWE0ydOSNBQODDKMc4YOQnkESF5RouSOHA1H38nxKOzWQJq~2FD~E3cFvW4vGuApNJYLSdbpEx~YJuGTTKfmiDadmdztPGvRljkMnxizlNVcy0qSqXCGQsVYmw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Mena-García, A. A. (2021). Uso de insecticidas sintéticos y bio-plaguicidas para el manejo de *Melanaphis sacchari* (*Hemiptera: aphididae*), otros insectos plagas y su efecto sobre enemigos naturales en sorgo (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). Consultado 2024 julio 07.
<https://repositorio.una.edu.ni/4348/1/tnh10m534.pdf>

Mendoza, A. B. (2002). *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 2024 junio 23.
https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Benavides-Mendoza/publication/305346608_Ecofisiologia_y_bioquimica_del_estres_en plantas/links/57893ca808ae59aa6675e204/Ecofisiologia-y-bioquimica-del-estres-en-plantas.pdf

Mendoza Araiza, J. (2013). Evaluación de rendimiento de fruto y calidad de semilla de tres variedades de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en Moctezuma, San Luis Potosí. Consultado 2024 julio 14.
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3483>

Milera-Rodríguez, M., Alonso-Amaro, O., Iglesias-Gómez, J. M., Medina-Salas, R. (2024). El azufre, mineral esencial en el manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 47, 1-9. Consultado 2024 julio 07.
<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v47/2078-8452-pyf-47-e01.pdf>

Monge-Pérez, J. E. (2016). Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del pimiento cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(2), 125-136. Consultado 2024 julio 07. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000200125

Morales, M. (2023). Desempeño agronómico y morfológico de híbridos experimentales de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 2024 junio 28.
<https://oai.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/49825/K%2068975%20Morales%20Menchaca%2c%20Jes%2c%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Moscone, E. A., Scaldaferrro, M. A., Grabielle, M., Cecchini, N., García, Y. S., Jarret, R. L., Daviña, J. R., Ducasse, D. A., Barboza, G. E., Ehrendorfer, F. (2007). the evolution of chili peppers (*Capsicum* - Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae*, 745, 137-170. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2007.745.5>
- Nagai, H. (1983). Melhoramento de pimentão (*Capsicum annuum* L.) visando resistencia ao virus Y; [Mejoramiento del pimentón (*Capsicum annuum* L.) para resistencia al virus Y]. [Pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding to viruses Y resistance]. *Hort. bras. Nov.*, 1983., 1(2), 3-9.
- NMX-FF-025-SCFI-2014. (2014). Productos "alimenticios no industrializados para consumo humano" - chile fresco (*capsicum spp*) – especificaciones
- NMX-F-102-NORMEX-2010. (2010). "Alimentos-determinación de acidez titulable en alimentos-Método de ensayo" (prueba).
- NMX-F-112-NORMEX-2010 (2010). Determinación de sólidos solubles – método refracto métrico.
- NOM-F-317-S-1978. (1978). NORMA OFICIAL MEXICANA "Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978.
- Okunlola G, Olatunji O, Akinwale R, Tariq A, Adelusi A. (2017). Physiological response of the three most cultivated pepper species (*Capsicum spp.*) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development, *Scientia Horticulturae*, Volume 224, Pages 198-205, ISSN 0304-4238. Consultado 2024 junio 19. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.020>.
- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., 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. Recuperado en 13 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000100009&lng=es&tlng=es.
- Ramos-Gourcy, F., Luna-Jiménez, A. (2006). Evaluación de tres variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) en cuatro concentraciones de una solución hidropónica bajo invernadero. *Investigación y Ciencia*, 14(34), 6-11. (34), 4-9. Consultado 2024 junio 28. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403402.pdf>
- Rentería, M. (2007). (comp) Capítulo 18: Breve revisión de los marcadores moleculares. Luis, E., Valeria, S., Xitlali, A. (comp). (2007). *Ecología molecular*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://books.google.com.mx/books?id=KT7YILvV6YMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ViewAPI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Reynolds M. P., Pask A. J. D., Mullan D. M. Chávez-Dulaton P. N. (Eds.) (2012). *Fitomejoramiento fisiológico I: Enfoques interdisciplinarios para mejorar la*

adaptación del cultivo. Consultado 2020 noviembre 28. Sitio web: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FgWhMhLxhzoC&oi=fnd&pg=PP7&q=%C2%BFQu%C3%A9+es+el+fitomejoramiento%3F&ots=0UxasrA4-J&sig=mZxpbWgOxtlRbpEGiFOH2sRh7UM#v=onepage&q=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20fitomejoramiento%3F&f=false>

Rodríguez, E. (2018) La diversidad genética de *Capsicum annuum* L. de México In: Los chiles que le dan sabor al mundo. Marseille: IRD Ediciones. Consultado 2020 marzo 31. Sitio web: ISBN: 9782709926744. DOI: <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30922>.

Rodríguez, J., Peña, B., Muñoz, G., Martínez, B., Manzo, F., Salazar, L. (2007). Rescate in situ del chile `poblano´ en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 25-32. Consultado 2020 noviembre 27. Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=610/61030103>

Rodríguez, J., Olvera, B. V. P., Muñoz, A. G., Corona, B. M., Manzo, F., Liendo, L. S. (2007). Rescate in situ del chilopoblano en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 25-32. Consultado 2024 julio 07. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030103.pdf>

Roldán, G. Q., Soto, C. M. (2005). Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. *Agronomía mesoamericana*, 16(2), 171-183. Consultado 2024 julio 7. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/f8850152-3b09-4b82-87b5-c4f123118c65>

Ruiz-Lau, N., Medina-Lara, F., Minero-García, Y., Zamudio-Moreno, E., Guzmán-Antonio, A., Echevarría-Machado, I., Martínez-Estévez, M. (2011). Water Deficit Affects the Accumulation of Capsaicinoids in Fruits of *Capsicum chinense*. *Jacq. HortScience horts*, 46(3), 487-492. Retrieved Jun 19, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.3.487>

Salazar Fernández, M. (2021) *Control del tizón temprano (Alternaria solani) con productos orgánicos en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en la Estación Experimental de Sapecho, del municipio de Palos Blancos* (Doctoral dissertation). Consultado 2024 julio 07. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25612/T-2825.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T., Cruz-Izquierdo, S., Pérez-Pacheco, R. (2022). Respuesta del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) Al estrés hídrico bajo invernadero. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1382>. Consultado 2024 julio 23. <https://core.ac.uk/download/pdf/590555644.pdf>

Sariñana Navarrete, M. D. L. Á. (2023) Potencial antioxidante de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) como respuesta a la biofortificación con selenio. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 2024 julio 23. <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/49745>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Reconoce Gobierno de México la importancia del chile en identidad cultural y gastronómica del país. Gobierno de México. 2020 noviembre 27. Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/reconoce-gobierno-de-mexico-la-importancia-del-chile-en-identidad-cultural-y-gastronomica-del-pais?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2022). ¿Qué hay detrás de la producción de chile poblano? Gobierno de México. 2024 febrero 18. Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-hay-detras-de-la-produccion-de-chile-poblano>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Gobierno de México. 2020 noviembre 27. Sitio web: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, F., Silva, B., García, M. (2013). Análisis de medias generacionales para estimar parámetros genéticos de rendimiento en una cruce de pimentón y ají cayenne (*Capsicum annuum*). Acta Agronómica, 62(1), 73-78.
- Simpson, J. (1997). Amplified fragment length polymorphisms (AFLP's). Botanical Sciences, (60), 119 - 122. 2020 septiembre 19. <https://doi.org/10.17129/botsci.1524>.
- Toledo, R., López, H., Santacruz, A., Valadez, E., López, P., Aguilar, V., González, V., Vaquera, H. (2016). Characterization of genetic diversity of native 'Ancho' chili populations of México using microsatellite markers. Chilean journal of agricultural research, 76(1), 18-26. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000100003>
- Torres-Pacheco, I., Garzón-Tiznado, J. A., Brown, J. K., Becerra-Flora, A., Rivera-Bustamante, R. F. (1996). Detection and distribution of geminiviruses in México and the southern United States. *Phytopathology*, 86(11), 1186-1192. Consultado 2024 junio 23. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n11_1186.PDF
- Varela, S., Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Sistemas Forestales Integrados, 3, 1-10.
- Vázquez, G, Escalante, J., Rodríguez, Ma., Ramírez, E. L. (2011). Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. Revista Chapingo. Serie horticultura, 17(1), 61-65. Consultado 2020 30 noviembre. Sitio web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000100010&lng=es&tling=es.
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E. (2022). La familia Asteraceae en la Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Acta Botanica mexicana, 100, 259-291. (2024 marzo 18) <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.37>