



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias

**LICENCIATURA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA PARA LA PRODUCCIÓN
SUSTENTABLE**

TESIS

**EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE
LA FAMILIA SOLANACEAE (*SOLANUM BETACEUM*, *SOLANUM
GLAUCESCENS* Y *SOLANUM LYCORPESICUM* VAR. *CERASIFORME*) EN
CHAROLAS DE INVERNADERO**

Para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo para Producción Sustentable

Presenta:

ALAM DE LUCIO HERNÁNDEZ

Director

Dr. Jaime Pacheco Trejo

Comité Tutorial:

Dra. Eliazar Aquino Torres

Biól. Oscar Castelán López

Dra. Ma Isabel Reyes Santamaría

Dra. Nallely Trejo González

Dra. Mariana Saucedo García

Tulancingo de Bravo, Hgo. México. Diciembre 2022



Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 23 de noviembre de 2022
 Numero de Control: IAPs/01/2022
 Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
 Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Alam de Lucio Hernández**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Evaluación de la germinación de semillas de tres especies de la familia Solanaceae (*Solanum betaceum*, *Solanum glaucescens* y *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) en charolas de invernadero”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos.	
SECRETARIO	Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría.	
VOCAL 1	Dr. Jaime Pacheco Trejo	
VOCAL 2	Dra. Eliazar Aquino Torres	
VOCAL 3	Dra. Mariana Saucedo García	
SUPLENTE 1	Dra. Nallely Trejo González	
SUPLENTE 2	Biólogo Oscar Castelán López	

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
 “Amor, Orden y Progreso”

Dr. Armando Peláez Acero
 Director del ICAP



Avenida Universidad Km. 1 s/n,
 Exhacienda Aquetzalpa Tulancingo
 de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
 Teléfono: 771 71 72000 ext 2461
 alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx



Agradecimientos

A Dios por permitirme poder llegar hasta este punto y poder realizar este sueño.

A mi familia:

Por amarme tanto y darme todo su apoyo y cariño en cada momento de mi vida, por nunca dejarme solo y siempre estar conmigo

Margarita Hernández Pérez

Por ser la mejor madre darme su amor y su apoyo siempre, por darme las palabras y herramientas necesarias para terminar mis estudios

Enrique De Lucio Pérez

Por ser el mejor padre, por apoyarme en todo momento y nunca dejarme solo al igual que apoyarme en cada etapa de mi vida.

Axel De Lucio Hernández

Por caminar conmigo y orientarme en cada situación, por el apoyo que me brinda

Xóchitl De Lucio Hernández

Por caminar conmigo y hacerme ver las cosas de otra manera, por apoyarme y brindarme su cariño

Miguel De Lucio Hernández

Por enseñarme lo hermoso que es vivir y brindarme su cariño y apoyo en cada momento

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias agropecuarias.

Por poder realizar mi formación académica y brindarme los conocimientos necesarios, por las enseñanzas y el sentido de pertenencia a esta máxima casa de estudios.

Al Dr. Jaime Pacheco Trejo:

Por creer en mí y apoyarme en todo momento para poder realizar mis sueños y proyectos. Por darme el conocimiento y ser mi asesor para realizar este trabajo que sin su ayuda no hubiese podido realizar y por el cual le estaré muy agradecido.

Al comité evaluador:

Por ser testigos del trabajo y esfuerzo, así como como la retroalimentación y apoyo a este trabajo.

A mis profesores:

Por darme los conocimientos necesarios, las enseñanzas y crear en mi amor a tan noble profesión

Agradezco a todas las personas, amigos, familiares y compañeros que me conocen por haber formado parte de mi vida y llevarme hasta este momento ya que toda enseñanza y aprendizaje me ha ayudado a poder seguir adelante y nunca rendirme.

Índice

Resumen.....	1
1. Introducción	1
2. Justificación.....	4
3. Objetivos	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
4. Hipótesis.....	6
5. Metodología	7
5.1. Recolección del material vegetal	7
5.2. Identificación botánica del fruto	8
5.3. Extracción de las semillas	8
5.4. Preparación del sustrato	8
5.5. Siembra en charolas	8
5.6. Pesado de las plántulas	9
5.7. Peso fresco	9
5.8. Peso seco.....	10
5.9. Diseño experimental y análisis estadísticos.....	10
6. Resultados	11
6.1. Germinación	11
6.3. Peso fresco de raíz.....	11
6.4. Peso seco de la raíz	11
6.5. Grosor del tallo.....	12
6.6. Longitud del tallo.....	13
6.7. Peso fresco del tallo	13
6.8. Peso seco del tallo.....	14
6.9. Peso fresco de la hoja.....	14
6.9. Peso seco de la hoja	15
7. Discusión	16
7.1. Germinación	17
7.2.1. Raíz	17
7.2.2. Tallo.....	18

7.2.3. Hoja	19
8. Conclusiones.....	20
9. Referencias.....	22

Índice de figuras

FIGURA 1. MAPA DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA	7
FIGURA 2. SUSTRATO PARA SIEMBRA, VERMICULITA, TURBA	8
FIGURA 3. MEZCLA DE SUSTRATO TURBA, VERMICULITA, PERLITA.....	9

Resumen

Las especies silvestres del jitomate son muy valiosas como fuente de resistencia a enfermedades, plagas y mejoramiento genético. Sin embargo, hoy en día enfrentan varias amenazas como: monocultivos, cambio climático, erosión genética, pérdida de ecosistemas y agrobiodiversidad.

En México hay varias especies de *Solanum* que se cultivan de forma tradicional, en regiones indígenas marginadas, son poco conocidas y utilizadas. Sin embargo, presentan potencial para reforzar la seguridad alimentaria, mejorar la alimentación y nutrición de la población, así como mejorar los ingresos de los agricultores.

Es importante el conocer el desempeño agronómico de estas especies. De *S. betaceum*, *S. glaucescens* y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, se conoce poco sobre su germinación en charolas de invernadero, ya que son cultivadas de manera tradicional en ocasiones en almácigos o propagadas vegetativamente. Por lo anterior, se evaluó la germinación y calidad de plántula de las tres especies cultivadas en la región de Pahuatlán, Puebla.

La germinación de *Solanum betaceum* y *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* comenzó a los 15 días de haber realizado la siembra, mientras que la de *Solanum glaucescens* (SG) fue a los 25 días. En el caso de la charola de foami no germinaron las semillas, sugiriendo que este tipo de charola no es adecuada para las semillas de las especies consideradas.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con un análisis de varianza (ANOVA). Para evaluar diferencias estadísticas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%. La raíz, grosor y longitud de tallo, y hoja de *S. betaceum* se desarrollaron mejor en la charola de 200 cavidades.

1. Introducción

México se destaca por ser el centro de origen de algunas de las plantas más importantes para la humanidad. Se calcula que poco más de 15% de las especies vegetales que se consumen en el mundo tienen su origen en México; de estas especies sobresalen las Solanaceae con 11 especies de 6 géneros (Conabio, 2006).

La familia Solanaceae es uno de los grupos más grandes de angiospermas, se distribuye en diferentes regiones del planeta. Hasta ahora se han descrito más de 2,500 especies, muchas de ellas de gran importancia económica (Acosta, 2019). La mayor diversidad de especies se encuentra en América del Sur y América Central. En esta familia se incluyen especies de importancia alimenticia como la papa o patata (*Solanum tuberosum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), berenjena (*Solanum melongena*) y los chiles (*Capsicum spp.*) (Red, s.f.). Sin embargo, a pesar de la importancia biológica, económica y cultural de las especies de esta familia, se conoce poco sobre la diversidad, distribución, cultivo, agricultura tradicional y usos de varias especies en el país. Lo anterior, debido a la complejidad morfológica del grupo, al gran número de especies y a la diversidad de hábitats (Sierra-Muñoz et al. 2015).

Esta familia se caracteriza por presentar hábito herbáceo, arbustivo, arbóreo, o trepador, a menudo con espinas; con crecimiento simpodial; hojas en disposición alterna, simples o menos comúnmente pinnadas; inflorescencias determinadas, terminales, generalmente cimosas, pero a veces con flores solitarias y axilares. Flores actinomorfas o zigomorfas; cáliz gamosépalo, generalmente persistente en el fruto, en ocasiones inflado (*Physalis*); corola gamopétala, rotada, tubular, infundibuliforme, salviforme, estivación imbricada, quincuncial o convoluta; androceo diversamente modificado, estambres de 2-5, epipétalos; filamentos de vez en cuando iguales o desiguales en longitud; anteras 2 tecas, a veces con un conector agrandado, igual o desigual, dehiscencia longitudinalmente o por los poros apicales; gineceo de 1 pistilo, 2 carpelos; ovario superior, 2 locular; óvulos numerosos en solitario, anatropos a campilotropos; placentación axilar; nectario

presente o ausente; estilo único, el estigma capitado o con 2 lóbulos. Fruto en cápsula, baya o drupa; semillas solitarias a numerosas, aplanadas; endospermo abundante, carnoso. Muchas especies de importancia agronómica (Angulo, 2018).

El tomate *Solanum lycopersicum* es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo debido a las importantes ganancias económicas que genera su comercialización; sin embargo, a pesar de que la especie es ampliamente cultivada, su diversidad genética se considera restringida. Esto hace que su tolerancia a plagas y enfermedades en las variedades actualmente cultivadas sea baja (Délices, 2019).

En México se han registrado jitomates silvestres que generalmente forman parte del agroecosistema milpa en una variedad de condiciones edafoclimáticas y gradiente altitudinal, que presentan una variación morfológica en tamaño, forma y color de flores y frutos. Por otra parte, estas especies son de gran importancia en la agricultura tradicional en diferentes comunidades indígenas, lo que ha contribuido a la diversificación de esta especie (INECOL, 2022).

Solanum betaceum (Cav) es una especie nativa de la región de los Andes cuya domesticación y cultivo ocurrió en la época prehispánica (Popenoe, 1939; Bohs, 1989). La producción de fruto puede ser desde el primer año dependiendo del manejo y se desarrolla bien en el rango de 1000 a 3000 m (Quezada, 2011). Se caracteriza por presentar hojas alternas, enteras, en los extremos de las ramas, con pecíolo robusto de 4 a 8 cm de longitud; limbo de 15 a 30 cm de longitud, con forma ovalada, acuminado, de color verde oscuro, un poco áspero al tacto. Las hojas jóvenes tienen una fina pubescencia en ambas caras. La nerviación es marcada y sobresaliente. Las flores son pequeñas, de 1.3 a 1.5 cm de diámetro, de color blanco-rosáceo, dispuestas en pequeños racimos terminales, con 5 pétalos y 5 estambres amarillos. Florece de mayo-junio. El fruto es una baya ovoide de 4 a 8 cm x 3 a 5 cm, con un pedúnculo largo en el que persiste el cáliz de la flor. La cáscara es lisa, de color rojo o anaranjado en la madurez, con estrías de color más claro. La pulpa es jugosa, algo ácida, de color naranja, a roja, con numerosas semillas. En varios países de América del Sur, Brasil, Ecuador y Colombia, por

ejemplo, es un cultivo de gran importancia desde hace varios años, se utiliza como alimento y en varios productos agroindustriales. En México se encuentra en varios estados; sin embargo, en varias regiones del continente es considerada una especie poco conocida y utilizada (Jiménez, 2022).

Por otra parte, el cuatomate *Solanum glaucescens* Zucc, es una especie silvestre, perenne, semileñosa, en proceso de domesticación con un alto potencial agronómico y de la que se conoce poco sobre su caracterización agronómica (Gutiérrez-Rangel 2011, Hernández-Rojas, 2018). Se considera con un alto potencial para ser aprovechado en nuevos sistemas de reconversión productiva (Hernández-Rojas, 2018).

En varias regiones de México, se usan almácigos para sembrar semillas de las diferentes especies y variedades de jitomate, principalmente en agricultura tradicional. Estos sistemas para siembra tienen varias ventajas, permiten la siembra y germinación de semillas cuando aún no están las condiciones óptimas para sembrar en el campo. Por otra parte, en la agricultura tradicional, permite iniciar la siembra cuando las parcelas aún están ocupadas. Los almácigos pueden ser en la tierra o usando charolas de diferentes materiales y cavidades (Clavijo, 2002). En contraste, las variedades cultivadas en invernadero emplean charolas de germinación con diferentes números de cavidades, materiales y sustratos.

El comportamiento de la germinación y calidad de plántula de *S. betaceum*, *S. glaucescens* y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* en charola se conoce muy poco, por lo anterior, el presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer la germinación y vigor de estas tres especies de *Solanum* en charolas de diversas cavidades.

Conocer la calidad de plántula en charola redonda en el éxito de ser cultivada en sistemas de agricultura a campo abierto y agricultura protegida como medida de aportar opciones de consumir cultivos de antaño que se han perdido entre las nuevas generaciones de consumidores.

2. Justificación

El cultivo de varias especies de *Solanum* es de gran importancia en varias regiones del mundo. Especialmente, el jitomate es de las más cultivadas y aunque actualmente se encuentran muchas variedades híbridas, sus parientes silvestres se conocen y cultivan poco. Muchas especies se consideran en proceso de domesticación y son cultivadas principalmente en regiones con gran diversidad biocultural, por agricultores tradicionales.

Las especies silvestres del jitomate son muy valiosas como fuente de resistencia a enfermedades, plagas y mejoramiento genético. Sin embargo, hoy en día enfrentan varias amenazas como: monocultivos, cambio climático, erosión genética, pérdida de ecosistemas y agrobiodiversidad.

En México hay varias especies de *Solanum* que se cultivan de forma tradicional, en regiones indígenas marginadas, son poco conocidas y utilizadas. Sin embargo, presentan potencial para reforzar la seguridad alimentaria, mejorar la alimentación y nutrición de la población, así como mejorar los ingresos de los agricultores.

Por lo anterior, es importante el conocer el desempeño agronómico de estas especies. De *S. betaceum*, *S. glaucescens* y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, se conoce poco sobre su germinación en charolas de invernadero, ya que son cultivadas de manera tradicional en ocasiones en almácigos o propagadas vegetativamente.

3. Objetivos

Objetivo general

Evaluar la germinación y calidad de plántula de tres especies del género *Solanum*: *S. betaceum*, *S. glaucescens* y *S. lycorpesicum* var. *cerasiforme*, sembradas en charolas de unicel de 200 y 338 cavidades con una mezcla de turba:vermiculita:perlita en proporción porcentual 50:25:25 y charola de foami de 240 orificios sin sustrato.

Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje de la germinación de las tres especies de *Solanum* en charolas de 200 y 338 cavidades y charola de foami con 240 orificios.
- Evaluar la calidad de las plántulas de las tres especies de *Solanum* mediante el peso fresco y seco de raíz, tallo y hoja, y diámetro y longitud de tallos.

4. Hipótesis

Existen diferencias en el porcentaje de germinación y la la calidad de las plántulas de las tres especies de *Solanum*: *S. betaceum*, *S. glaucescens* y *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* germinadas en charolas de diferentes cavidades de unicel y foami.

5. Metodología

5.1. Recolección del material vegetal

El material vegetal se recolectó en el municipio de Pahuatlán, Puebla, ubicado en la Sierra Norte de dicho estado (Fig. 1). Está conformado por una cadena montañosa que constituye el extremo sur de la sierra madre oriental en México. Tiene una longitud aproximada de 100 km, con anchuras de hasta 50 km. Ocupa el norte del territorio de Puebla de donde toma su nombre, aunque también se extiende hacia el oriente de Hidalgo. La sierra limita al oriente con la llanura costera del golfo y al poniente y al sur con el eje neo—volcánico. En la región hay un rango de altitud entre 1000 y 2000 msnm (Academic, s.f.). La temperatura promedio anual es de 19 °C y la precipitación anual de 2040 mm, principalmente entre junio y septiembre (González, 2019).



Figura 1. Mapa de la sierra norte de Puebla

5.2. Identificación botánica del fruto

La identificación botánica del fruto de las 3 especies de *Solanum* se realizó en el Laboratorio de Botánica del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por medio de diferentes fuentes taxonómicas.

5.3. Extracción de las semillas

Para la extracción de semillas se utilizó el método de maceración, el cual consistió en machacar el fruto maduro de *S. betaceum* (10 frutos), *S. glaucescens* (50 frutos) y *S. lycopersicum* (60 frutos). Posteriormente se dejaron fermentar por 24 horas para después de separar la pulpa, entonces se agregaron 500 ml de agua y se maceró la pulpa para separar la semilla. Después con ayuda de papel filtro se separaron las semillas de la parte líquida y se colocó en hojas de papel periódico para dejarla secar a temperatura ambiente por un periodo de una semana.

5.4. Preparación del sustrato

El sustrato se preparó con una mezcla de turba, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1, respectivamente (Fig. 2), la cual fue humedecida a capacidad de campo.



Figura 2. Sustrato para siembra, vermiculita, turba

5.5. Siembra en charolas

Las charolas se desinfectaron con NaClO al 10% y se pusieron a secar, posteriormente se llenaron con la mezcla de sustrato previamente preparado (Fig. 3). Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 200 y 338 cavidades, y en una charola de 240 cavidades de foami agrícola la cual solo requirió vermiculita para la cubierta de la semilla. Después de la emergencia de la plántula, se regó cuatro

veces por semana con agua corriente y se complementó con fertirriego intercalado de una vez por semana del producto Trikam 17-17-17 ® en una dosis de 2 ml/1L de agua. Se colocaron en el invernadero del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH.



Figura 3. Mezcla de sustrato turba, vermiculita, perlita

5.6. Pesado de las plántulas

Después de 35 días de la siembra, las charolas fueron llevadas al Laboratorio de Semillas del Instituto de Ciencias Agropecuarias para la extracción de las plántulas y proceder a registrar el peso fresco y seco. Para cuantificar ambos pesos se utilizó en una balanza digital Marca Sartorius modelo 1245.

5.7. Peso fresco

Se seleccionaron, completamente al azar, las plántulas ubicadas preferentemente en el centro de la charola. En total, por cada especie se extrajeron 40 plántulas de la charola de 200 cavidades y 40 plántulas de la charola de 338 cavidades. En lo que concierne a la charola de foami de 240 orificios, se presentó un retraso del 98% la germinación por lo cual fue descartado este tratamiento.

Una vez extraída la plántula, se colocaron en agua potable para evitar su deshidratación y facilitar el lavado del sustrato en la raíz. Con una navaja se dividió la plántula en 3 partes, raíz, tallo y hoja. Una vez separadas las partes de cada plántula se procedió a pesar en una báscula de precisión cada sección.

5.8. Peso seco

Las secciones de las plántulas se llevaron a secado en una estufa marca Grieve a 75 °C durante por 2 días y se pesaron nuevamente para obtener el peso seco.

5.9. Diseño experimental y análisis estadísticos.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con un análisis de varianza (ANOVA). Para evaluar diferencias estadísticas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, usando el software SAS ®.

6. Resultados

6.1. Germinación

La germinación de *Solanum betaceum* (SB) y *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (SL) comenzó a los 15 días de haber realizado la siembra, mientras que la de *Solanum glaucescens* (SG) fue a los 25 días. En el caso de la charola de foami no germinaron las semillas, sugiriendo que este tipo de charola no es adecuada para germinar las semillas de las especies consideradas.

6.2. Peso fresco de raíz

Para el peso fresco de la raíz (Tabla 1), *S. betaceum* presentó el valor más alto (0.2735 g) en charola de 200 cavidades, por otra parte *S. glaucescens* el más bajo (0.04948 g) en charola de 338 cavidades.

Tabla 1. Medias de peso fresco de la raíz en g en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.2735 ^a (± 0.1536)	0.19837 ^{ab} (± 0.1917)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	0.05089 ^c (± 0.0686)	0.13089 ^{bc} (± 0.1927)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.07049 ^c (± 0.0589)	0.04948 ^c (± 0.0841)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$, (\pm desviación estándar).

6.3. Peso seco de la raíz

En el peso seco el mayor valor fue para *S. betaceum* (0.029160 g) en charola de 200 cavidades y el menor fue para *S. glaucescens* (0.002527) en charola de 338 cavidades (Tabla 2), las diferencias fueron significativas ($p \leq 0.05$).

Tabla 2. Medias de peso seco de la raíz (g) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.02916 ^a (±0.0371)	0.01131 ^b (±0.0072)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	0.010775 ^b (±0.0068)	0.012055 ^b (±0.0121)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.011898 ^b (±0.0170)	0.002527 ^b (±0.0016)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.4. Grosor del tallo

El diámetro de tallo (mm) fue mayor en *S. betaceum* (1.8309) en charola de 200 cavidades y el menor para *S. glaucescens* (0.8090) en charola de 200 cavidades ($p \leq 0.05$).

Tabla 3. Medias del diámetro de tallo (mm) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	1.8308 ^a (±0.3520)	1.5295 ^{ab} (±0.7888)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	1.2408 ^{bc} (±0.3576)	0.8618 ^d (±0.3739)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.809 ^d (±0.1968)	0.8718 ^{cd} (±0.0841)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.5. Longitud del tallo

Respecto a la longitud del tallo (mm) *S. lycopersicum* fue el más alto con un promedio 3.9975 y el menor para *S. glaucescens* 0.9843 en charola de 200 cavidades ($p \leq 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Medias de longitud de tallo (mm) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	2.7150 ^b (±0.4775)	2.4550 ^b (±0.5861)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	3.9975 ^a (±1.5273)	2.4993 ^b (±0.6913)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.9843 ^c (±0.2955)	2.2400 ^b (±0.6709)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.6. Peso fresco del tallo

Respecto al peso fresco del tallo *S. betaceum* tuvo el valor más alto (0.14949 g) en charola de 338 cavidades y el más bajo fue *S. glaucescens* (0.02294 g) ($p \leq 0.05$) (Tabla 5).

Tabla 5. Medias de peso fresco de tallo (g) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.13998 ^a (±0.0517)	0.14949 ^a (±0.1805)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	0.07464 ^b (±0.0552888)	0.05753 ^b (±0.0641)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.02294 ^b (±0.0310)	0.03513 ^b (±0.0841)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.7. Peso seco del tallo

El mayor valor fue para *S. lycopersicum* en charola de 200 y 338 cavidades (Tabla 6).

Tabla 6. Medias de peso seco de tallo (g) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.01569 ^a (±0.0059)	0.00954 ^{abc} (±0.0055)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. cerasiforme	0.01604 ^a (±0.0306)	0.01071 ^{ab} (±0.0101)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.00558 ^{bc} (±0.0034)	0.00178 ^c (±0.0016)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.8. Peso fresco de la hoja

S. betaceum tuvo el valor más alto para peso fresco de hoja (0.30220 g) en charola de 200 cavidades y el menor fue para *S. glaucescens* (0.065 g) en charola de 338 cavidades (Tabla 7)

Tabla 7. Medias de peso fresco hoja (g) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.3022 ^a (±0.1318)	0.18028 ^b (±0.1245)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. cerasiforme	0.07199 ^c (±0.0514)	0.12105 ^{bc} (±0.1909)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.10028 ^{bc} (±0.1707)	0.0651 ^c (±0.1048)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.9. Peso seco de la hoja

Para el peso seco el mayor valor fue de *S. glaucescens* (0.12347) en charola de 338 cavidades y el menor para la misma especie (0.00326) en charola de 200 cavidades (Tabla 8).

Tabla 8. Medias de peso seco hoja (g) en las 3 especies de tomate

	Charola 200 cavidades	Charola 338 cavidades
<i>Solanum betaceum</i>	0.01818 ^b (±0.0364)	0.01637 ^b (±0.0113)
<i>Solanum lycopersicum</i> var. cerasiforme	0.01196 ^b (±0.0095)	0.0087 ^b (±0.0074)
<i>Solanum glaucescens</i>	0.00326 ^b (±0.3475)	0.12347 ^a (±0.0038)

Valores con letras diferentes dentro de columnas, indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

7. Discusión

La germinación de solanáceas a lo largo del mundo se ha intensificado considerablemente siendo una de las familias con alto potencial agronómico, según estudios relacionados a la germinación de jitomate es muy viable la siembra a través de almácigo principalmente en charola de diversos materiales.

Las charolas que se utilizaron en este trabajo fueron de unicel de 200 cavidades y 338 cavidades y de foami de 240 orificios. En las cuales se sembraron semillas las tres especies del género *Solanum* estudiadas. De acuerdo con García-López (2020) para que una semilla pueda germinar se requieren condiciones óptimas y elementos para provocar la emergencia del embrión (agua, suelo o sustrato). Específicamente, para especies de *Solanum* en condiciones óptimas de germinación, la mayoría de las semillas emergen en un periodo de 2 a 5 días (Florido et al. 2018). En contraste en este proyecto germinaron a los 15 días (SB y SL) y a los 25 días (SL). Lo anterior puede ser debido a la fenología de las especies y que no se consideraron las condiciones óptimas. En estudios de con *Lycopersicon esculentum* y *Capsicum annum* se encontró que la charola le da forma a la raíz debido al tamaño y altura (Monge, 2007).

7.1. Germinación

Respecto a el porcentaje de germinación, los resultados indican que fue variable en para las tres especies en las diferentes charolas utilizadas. Para *S. betaceum* se registró un porcentaje de germinación del 85% en ambas charolas, *Solanum glaucensces* la germinación de 50% y *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* fue de 87%, para los tres casos los porcentajes fueron en ambas charolas (200 y 338 cavidades). Sin embargo, en la charola de la marca hidroambiente de almácigos de esponja no germinó ninguna semilla de las tres especies. Resultados similares han sido reportados para semillas de lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) sembradas en charolas de germinación de 128 cavidades, con un porcentaje de germinación de 89% (Gómez-Merino, 2013). En variedades comerciales de *S. lycopersicum* se reportó un 91% de germinación. Sin embargo, solamente se menciona que la siembra de semillas fue en bandejas (Reina y Parra, 2018). Por otra parte, el porcentaje de germinación de semillas de *S. lycopersicum* nativas de diferentes regiones de México fue mayor al de semillas comerciales diferentes condiciones de temperatura en invernadero, presentado un porcentaje entre 90% y 100 % en charolas de poliestireno de 200 cavidades (Delgado-Vargas et al. 2018). En el presente trabajo, la temperatura de germinación fue a temperatura ambiente.

7.1.1. Raíz

Por otra parte, de acuerdo con los resultados obtenidos de crecimiento de raíz, en ambas charolas se desarrolló bien cómo se puede observar en el peso registrado (Tabla 1) hubo diferencias significativas entre las dos charolas comparadas para SB y SG. *S. betaceum* presentó el valor más alto (0.2735 g) en charola de 200 cavidades, por otra parte *S. glaucensces* el más bajo (0.04948 g) en charola de 338 cavidades. En plántulas de *S. lycopersicum* híbrido Daniela, sembradas en bandejas de 72 cavidades, se reportó un promedio de 0.4 g (Balaguera-López et al. 2009). Sin embargo, en este proyecto las semillas fueron tratadas con giberelinas previamente y en el presente trabajo no se aplicaron hormonas. Es importante señalar que en el trabajo de Balaguera-López et al. (2009) no se mencionan los días

que transcurrieron para pesar las raíces de las plántulas, en este proyecto fue a los 35 días de la germinación.

Respecto al peso seco de la raíz el mayor valor registrado fue para *S. betaceum* (0.029160 g) en charola de 200 cavidades. Por otra parte, el menor fue para *S. glaucescens* (0.002527 g) para charola de 338 cavidades (Tabla 2), las diferencias fueron significativas ($p \leq 0.05$). *S. betaceum* es un árbol de 2-3 m, *S. glaucescens* es una planta herbácea de 40-60 cm de longitud y *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* presenta crecimiento de forma rastrera. Por lo anterior las diferencias encontradas pueden ser por los diferentes genotipos y fenología de las especies.

Resultados similares se encontraron en plántulas (semillas sembradas directamente en el suelo) de la variedad comercial *Solanum lycopersicum* var. *Amalia*, se registró un valor mínimo de 0.03 g después de 24 días del trasplante (Chiquito-Contreras et al. 2018).

7.1.2. Tallo

El mayor y menor valor del grosor del tallo fue para *S. betaceum* (1.8309 mm) y *S. glaucescens* (0.8090 mm), respectivamente. En contraste, en la variedad comercial *Solanum lycopersicum* var. *Amalia*, se registró un valor de 0.17 cm a siembra directa (Chiquito-Contreras et al. 2018).

Respecto a la longitud del tallo reportado en mm, *S. lycopersicum* fue el más alto con un promedio 3.9975 y el menor para *S. glaucescens* 0.9843 en charola de 200 cavidades ($p \leq 0.05$) (Tabla 4). En la comparación de semillas comerciales y nativas de *S. lycopersicum*, germinadas en charolas de 200 cavidades, después de 31 días el menor valor registrado para grosor del tallo correspondió a una variedad nativa (1.5 mm) y el más alto a otra especie nativa (2.42 mm); la longitud del tallo varió entre 48 y 81 mm (Berrospe-Ochoa et al. 2015). La diferencia puede ser debido al número de días de la medición de las plántulas, en este proyecto fue a los 35 días.

El peso fresco y seco del tallo el valor más alto fue para *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (0.01604 en charola de 200) y *S. betaceum* (0.00954 g charola de 338). En plántulas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* después de 30 días de la

germinación registraron un valor de 0.408 g en diferentes condiciones de fertirriego (Luría-Sosa, 2017). La diferencia entre resultados del presente proyecto y los reportados por Luria-Sosa et al. (2017) probablemente se deben a los tratamientos diferentes de fertirriego con diferentes soluciones nutritivas al que se sometieron las plántulas.

7.1.3. Hoja

Por otra parte, para el peso fresco de la hoja, para *S. betaceum* se registraron los pesos más altos tanto para charola de 200 cavidades (0.3022 g) y para 338 cavidades (0.18028 g). En contraste, para el peso seco, el mayor valor fue para *S. glaucescens* en charola de 338 cavidades (0.12347 g); para la charola de 200 cavidades el peso más alto correspondió a *S. betaceum* (0.01818 g).

El peso seco de las hojas de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* registraron valores entre 0.0349 g y 0.3061 g tratadas previamente con diferentes soluciones nutritivas en macetas de de 150 cm³ (Luría-Sosa, 2017). En el presente proyecto el peso para las hojas de esta especie fue de 0.01196 g para charola de 200 y de 0.0087 en charola de 338 cavidades, ambos menores que los reportados previamente.

Existen reportes previos de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, esta especie presenta variación y también se han cultivado intensivamente. Baos (2021) menciona que esta especie tiene gran potencial para ser cultivada con mayor intensidad, no solo por las características organolépticas, sino principalmente porque es un producto con interesantes cualidades en el campo de la gastronomía, nutrición. Sin embargo, la variedad que se utilizó en este trabajo nace por si sola en la región de la sierra norte de Puebla, según a encuestas y pláticas realizadas en la comunidad de Pahuatlán Puebla, la planta nace entre la milpa y en solares de los habitantes.

El cuatomate es una planta silvestre en proceso de domesticación y con alto potencial económico en la Mixteca Baja Poblana; Conocimiento tradicional del "cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc) en la Mixteca Baja Poblana, México 2011.

8. Conclusiones

Los porcentajes de germinación promedio para *Solanum betaceum*, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* y *Solanum glaucensces* fueron, 85%, 87% y 50%, respectivamente, en las charolas de unicel de 200 y 338 cavidades con sustrato, por lo que ambas charolas sirven para la germinación de las especies y son viable al sembrarla en almacigo para un mejor control y crecimiento de la misma. En contraste, la charola de foami no funcionó para la germinación de semillas de las tres especies de *Solanum* en estudio. En el futuro se recomienda realizar estudios para mejorar el porcentaje de germinación de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*.

A manera general ambas charolas tienen un buen porcentaje de germinación, es viable sembrarlas en almacigo tanto en charola de 300 y 200 cavidades ya que en ambas podemos obtener un número de ejemplares para su trasplante y producción, en la sierra norte del estado de Puebla se puede iniciar a cultivar con mayor intensidad estas tres variedades, ya que actualmente estas especies se consumen localmente pero debido a su gran potencial nutrimental y alimenticio es viable producirlas y promoverlas para su consumo.

La calidad de las plántulas de *Solanum betaceum*, *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* y *Solanum glaucensces* fue evaluada mediante el peso fresco y seco de raíz, tallo y hoja, así como con el diámetro y longitud de tallo.

En la calidad de las plántulas, los resultados indican que hay diferencias significativas entre el peso fresco de raíces y diámetro del tallo de las tres especies en estudio, mientras que el peso seco de raíces muestra diferencias significativas únicamente *S. betaceum* en charolas de 200 cavidades con las otras dos especies para ambas charolas, éstas últimas se mantienen sin diferencias significativas entre ellas.

Respecto a la longitud del tallo, muestran diferencias significativas entre especies en charolas de 200 cavidades (el valor más alto fue para SL), que se puede atribuir al genotipo de la especie y el tamaño de las cavidades en las diferentes charolas.

Este trabajo aportó información sobre el parámetro de crecimiento de las tres especies, lo cual es un indicador de la calidad de las plántulas. Se requieren de estudios más detallado para conocer el desempeño agronómico de estas especies. Sin embargo, los resultados encontrados indican que pueden ser germinadas en charolas que se utilizan en especies comerciales.

9. Referencias

- Acosta, B. 2019. Ecología Verde. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/solanaceas-que-son-y-ejemplos-3062.html>
- Angulo, H. S. 2018. Sinopsis taxonómica de la familia solanaceae juss. En bogota. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14984/ReyesAnguloHaroldSteven2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Agrosintesis. 2016. Tipos de germinación. Ciudad de México: AgroSintesis.
- Arahana B. V. 2010. Propagación de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) vía embriogénesis somática. *Avances en Ciencias e ingenierías*, 6.
- Balaguera-López, H. E., Deaquiz, Giovanni Álvarez-Herrera, J. G. 2009. Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). *Agronomía Colombiana* 27(1): 57-64.
- Berrospe-Ochoa, E. Alejandro, Saucedo-Veloz, Crescenciano, Ramírez-Vallejo, Porfirio, & Ramírez-Guzmán, M. Elva. (2015). Comportamiento agronómico de plántulas de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en producción intensiva en invernadero. *Agrociencia*, 49(6), 637-650. Recuperado en 27 de noviembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000600004&lng=es&tlng=es.
- Bohs, L. 1989. "Ethnobotany of the Genus *Cyphomandra* (Solanaceae)". *Econ. Bot.* 43:143-163
- Bouno Sebastian, A. C. (2018). Tomate de arbol. PROCISUR, 2-18.
- Brullens, N. 2013. Agrorganics:huerto,frutales y jardin. Obtenido de Agrorganics:huerto,frutales y jardin: <https://www.agrorganics.com/es/blog/el-cultivo-del-tomate-crecimiento-y-floracion/>
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA GERMINACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences: Ex Agro-Ciencia*, 32(2), 94–101. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902016000200002>

Conabio. 2006. Capital natural y bienestar social. México.

Cortes, J. S. 2018. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal.

Chiquito-Contreras, Roberto Gregorio, Reyes-Pérez, Juan José, Troyo-Diéguez, Enrique, Rueda-Puente, Edgar Omar, Torres-Rodríguez, Juan Antonio, & Murillo-Amador, Bernardo. (2018). Crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratadas con humato de vermicompost. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe20), 4187-4197. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.989>

Delgado-Vargas, Victoria A., Magdaleno-Villar, J. Jesús, Ayala-Garay, Óscar J., & Garfias-Sánchez, Diana. (2018). Calidad de semillas de tres variedades nativas y una comercial de tomate producidas bajo temperaturas altas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 24(3), 215-227. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.04.009>

Délices, G. 2019. Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Solanaceae) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México). Scielo.

García López, J. I., Ruiz-Torres, N. A., Lira-Saldivar R. H., Vera-Reyes I., y Bulmaro Méndez-Argüello B. 2020. Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas

García R. J. y Parra G. S. D. 2018. Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos. *Rev Sist Prod Agroecol*. 9: 2.

Gómez-Merino, Fernando C., Trejo-Téllez, Libia I., García-Albarado, J. Cruz, & Morales-Ramos, Victorino. (2013). Lulo (*Solanum quiroense* Lamarck.) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(spe5), 877-887. Recuperado en 22 de noviembre de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000900002&lng=es&tlng=es.

4 formas de germinar semillas. (s/f). La Dosis - Noticias de la comunidad psicoactiva. Recuperado el 30 de noviembre de 2022, de <https://ladosis.org/articulos/4-formas-de-germinar-semillas/>

Florido, M., Bao, L., Lara, R. M., Castro, Y., Acosta, R., M. Álvarez. 2018. Effect of water stress simulated with peg 6000 on tomato seed germination (*Solanum lycopersicum*). *Cultivos Tropicales*, 39: 87-92.

Felcaro, C. G. (2016). Descripción Agronómica del Cultivo de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*). *researching*, 10.

Flores P. P. 2018. DESCRIPCIÓN DE PATRONES NORMALES Y. FAVE-Ciencias agrarias, 1-15.

GEASEEDS. (29 de abril de 2019). GEASEEDS. Obtenido de GEASEEDS: https://docs.google.com/document/d/1vFxQN8BzL3gZs2iGf3z0aS_v8LwQkESO/edit#

García-López, J. I (s.f.). Técnicas para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a. *Agro nanotecnología*, 12.

García Trenchard, R. G. (.). Fase fermentativa de la germinación de las semillas. 10.

Giomara Agudelo A. 2011. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE TIPO. Obtenido de CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE TIPO: <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2013/20133297549.pdf>

Gutiérrez-Rangel, N. (diciembre de 2011). Conocimiento tradicional del "cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc) en la Mixteca Baja Poblana, México. Obtenido de Conocimiento tradicional del "cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc) en la Mixteca Baja Poblana, México:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722011000300006

Hernández-Rojas. C. J. 2018. Concentración de nutrimentos en la solución nutritiva y rendimiento de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.). Scielo.

INECOL. 2022. La planta madre del jitomate, un aporte ancestral. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1069-la-planta-madre-del-jitomate-un-aporte-ancestral>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2018). Tomate un árbol. 18/10/20, del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Sitio web: http://www.procisur.org.uy/adjuntos/01e8c39fb854_e-arbol-PROCISUR.pdf.

Jiménez, L. A. 2022. Establecimiento y conservación de accesiones nativas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en la Quinta Experimental Docente

la “Argelia” Loja, Ecuador. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

Laskowski, L. 2003. ESTUDIO FENOLOGICO DEL CRECIMIENTO Y. BioAgro, 10.

Martínez, M. A. 2007. Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 26.

Monge-Cerdas, A. S. 2007. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Mill y Chile dulce (*Capsicum annum*) Linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica. Tesis de Licenciatura.

Palacios, R. R. 2000. Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas. Obtenido de Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932000000300011

Pita Villamil, J. V. Germinación de semillas. Madrid: Hojas Divulgadoras.

Popenoe, W. 1939. Manual of Tropical and Subtropical fruits 1:474. New York

- Quezada, I. A. .2011. Caracterización morfológica y molecular del tomate de árbol, *Solanum betaceum* Cav. (Solanaceae). *Universidad Politécnica de Madrid*, 328.
- Rodríguez-guzmán, R. C. 2018. Adaptación climática y edáfica de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme en él. Obtenido de Adaptación climática y edáfica de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme en el: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol4num12/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V4_N12_1.pdf
- Santiago A. Varela, V. A. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos. INTA, 1-10.
- Sierra-Muñoz, J. C., Siqueiros-Delgado, M. E., Flores-Ancira, E., Moreno-Rico, O., & Arredondo-Figueroa, J. L. 2015. Riqueza y distribución de la familia Solanaceae en el estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 97-117.
- Tomate de árbol*. (2010, septiembre 5). Republica.com; Gastronomía & Cía. <https://gastronomiaycia.republica.com/2010/09/05/tomate-de-arbol/>
- Vargas, M. L. 2007. Cambio de uso de suelo y vegetación derivados de la dotación de infraestructura: Sierra norte del Estado de Puebla. *Nova Scientia*, 24.
- Viera Arroyo, W. F. 2015. Estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en respuesta de resistencia a la Antracnosis (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). *Mejoramiento genético y vegetal*, 8.