



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

**TEMPERATURAS CARDINALES DE GERMINACIÓN EN
CUATRO VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA
(*Physalis philadelphica* Lam.)**

Sandra Guadalupe Calzada López

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **Temperaturas cardinales de germinación en cuatro variedades de tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.)**, realizada por la alumna: **Sandra Guadalupe Calzada López**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Josué Kohashi Shibata

ASESOR



Dr. Ebandro Uscanga Mortera

ASESOR



M. C. Antonio García Esteva

ASESORA



M. C. Petra Yáñez Jiménez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2013

TEMPERATURAS CARDINALES DE GERMINACIÓN EN CUATRO VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis philadelphica* Lam.)

Sandra Guadalupe Calzada López, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

Physalis philadelphica Lam. (tomate de cáscara) es una hortaliza de importancia económica y cultural en México, su fruto se utiliza principalmente con fines alimenticios. Ocupa el cuarto lugar entre las hortalizas cultivadas en México. Las temperaturas para la germinación de semillas, generalmente se consideran en relación a su respuesta: **mínima, óptima y máxima**; también llamadas temperaturas cardinales de germinación. La temperatura **mínima y máxima** son aquellas en las cuales se obtiene el menor porcentaje de germinación, **la óptima** es aquella en la que se obtiene la mayor tasa de germinación en el menor tiempo. Las temperaturas cardinales son variables entre especies y aún entre variedades de una misma especie. El objetivo del presente estudio fue determinar las temperaturas cardinales de germinación, la germinación media (G50), velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación y la germinación acumulada por intervalos de tiempo de las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de tomate de cáscara. Las semillas se pusieron a germinar en cajas Petri sobre papel filtro previamente humedecido con agua destilada. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Cada repetición consistió de 100 semillas. Los tratamientos térmicos a los que fueron sometidas las semillas fueron: 3, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 °C, en condiciones de oscuridad, por un periodo de 25 días. Cada cinco días se

revisaron las cajas Petri, se contaron y eliminaron las semillas germinadas, tomando como criterio la germinación biológica (emergencia de la radícula). Dicha operación se realizó por un periodo de 25 días o antes si el cien por ciento de las semillas había germinado. La **temperatura cardinal mínima** de germinación para la variedad Diamante estuvo dentro del intervalo de los 7 a 9 °C, para la variedad Chapingo a los 9 °C y para la variedad Tecozautla en el intervalo de 7 a 10 °C, y para Cerro Gordo a los 10 °C. La **temperatura cardinal óptima** de germinación para la variedad Diamante y Cerro Gordo estuvo en el intervalo de 25 a 30 °C, para Chapingo y Tecozautla fue a 30 °C y. La temperatura **cardinal máxima** para las cuatro variedades se estimó a los 45 °C. La G50 se alcanzó a partir de los 10 °C para la variedad Diamante y a 15 °C en Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo. Para la variedad Cerro Gordo la G50 sólo se expresó hasta los 30 °C, para Chapingo y Tecozautla a los 35 °C y para la variedad Diamante a los 40 °C. La velocidad de germinación para la variedad Diamante a temperatura óptima fue de 23 semillas germinadas por día, para Chapingo 23.7, para Tecozautla 21.8 y para la variedad Cerro Gordo germinaron 18.7 semillas. El tiempo promedio de germinación fue variable, dependiendo de la temperatura a la cual se sometieron las semillas y en la germinación acumulada por intervalos de tiempo se alcanzó el mayor porcentaje de germinación a las temperaturas de 20 y 25 °C.

Palabras clave: *Physalis philadelphica* Lam., germinación, temperaturas cardinales.

CARDINAL TEMPERATURES FOR GERMINATION OF FOUR VARIETIES OF HUSK TOMATO (*Physalis philadelphica* Lam.)

Sandra Guadalupe Calzada López, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

Physalis philadelphica Lam. (Husk tomato) is a vegetable crop of economic and cultural importance in México. Its fruit is employed mainly as food. It ranks the fourth place among the vegetable crops cultivated in Mexico. In the case of the response to seed germination to temperature, the following temperatures categories are usually taken into consideration: **minimum, optimum and maximum**, collectively designated as **cardinal temperatures for germination**. The minimum and the maximum are those for which the lowest germination percentage is obtained and the optimum is the one for which the highest percentage is obtained in the shortest time. The cardinal temperatures vary among species and even among varieties of a species. The objective of the present work was to determine for several varieties of husk tomato: the cardinal temperatures for germination, the medium germination (G50), the speed of germination (rate of germination), average time for germination and the cumulative germination at time intervals. The varieties employed were Diamante, Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo. The seeds were set to germinate in Petri dishes on filter paper soaked in water. The protrusion of the radicle from the seed coat was used as a criterion of germination. A completely randomized design with five replications was employed. Each replication consisted of 100 seeds. The thermal treatments tested were 3, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C, under dark conditions, during a

25 day period. Each replication was inspected at five day intervals and the number of germinated seeds were registered and discarded. The minimum cardinal temperatures for the varieties were: a range of 7 to 9 °C for Diamante, 9 °C for Chapingo, a range of 7 to 10 °C for Tecozautla, and 10 °C for Cerro Gordo. The optimum temperature for germination was a range 25 to 30 °C for Diamante and Cerro Gordo and 30 °C for Chapingo and Tecozautla. The maximum cardinal temperature was estimated at 45 °C for all the four varieties. The G50 began at 10 °C for Diamante and 15°C for Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo. Beyond that temperature, the G50 was displayed only at 30 °C for Cerro Gordo, 35 °C, for Chapingo and Tecozautla and 40 °C for Diamante. The speed of germination at the optimum temperature was 23 germinated seeds per day for Diamante, 23.7 for Chapingo, 21.8 for Tecozautla and 18.7 for Cerro Gordo. The average time for germination varied depending upon the temperature to which the seeds were subjected. In the case of the cumulative germination at time intervals, the highest germination percentage corresponded to 20 and 25 °C.

Key words: *Physalis philadelphica* Lam., germination, cardinal temperatures.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el apoyo económico otorgado para la realización de esta investigación.

Al **Colegio de Postgraduados** por haberme brindado la oportunidad de formar parte de esta institución formándome académicamente y por las facilidades otorgadas para la realización de la presente tesis.

A mi Consejo Particular:

Dr. Josué Kohashi Shibata, por compartir conmigo su conocimiento, por su tiempo, paciencia, sus contribuciones y asesorías siempre acertadas para la realización de este trabajo.

Dr. Ebandro Uscanga Mortera, por su tiempo, paciencia, apoyo, asesorías y aportaciones brindadas para este trabajo.

M. C. Antonio García Esteva por su tiempo, sus consejos, asesorías, aportaciones, recomendaciones, apoyo y disposición brindadas para la realización de este trabajo.

M. C. Petra Yáñez Jiménez, por su apoyo, comentarios, revisiones y aportaciones para la realización del presente trabajo.

Al **Dr. Aureliano Peña Lomelí** de la Universidad Autónoma Chapingo, quien nos proporcionó las semillas utilizadas en esta investigación.

A la **Dra. María Teresa Colinas León**, por las facilidades otorgadas para tener acceso a las cámaras de germinación y crecimiento en la Universidad Autónoma Chapingo.

A los **Señor Mateo Barrientos Reyes y Juan Martínez López**, por el apoyo, tiempo y disposición brindados durante la fase de germinación de las semillas en la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIA

A mis padres **Lucía Isela López Mejía y José Ignacio Calzada Reyes**, por el apoyo incondicional que me han dado y la motivación para seguir siempre adelante, este logro también es de ustedes.

A mis hermanos **Ariana Paola, José de Jesús** por su apoyo y a mi hermano putativo **Guillermo**.

A mis sobrinas **Samantha y Abril**, por su amor y cariño.

A mis abuelos, tías, tíos, primos, primas, sobrinas y sobrinos de quienes no menciono su nombre por temor a que me falte alguno.

A **Josefina, Angélica, Betzaida, Nora, Pilar, Olga, José Luis y Cristian** por la amistad, apoyo, consejos y compañía en aquellas reuniones de estudio, además de hacer afable mi estancia en el Colegio.

A todas las personas que estuvieron involucradas directa e indirectamente en esta etapa de mi formación académica.

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 El género <i>Physalis</i>	2
2.1.1 Origen y distribución	2
2.1.2 Descripción taxonómica del género.....	3
2.1.3 Importancia del género	4
2.2 <i>Physalis philadelphica</i> Lam.	4
2.2.1 Descripción taxonómica	5
2.2.2 Importancia	6
2.2.3 Características varietales	7
2.2.4 Cultivo.....	13
2.3 Germinación.....	14
2.3.1 Germinación media (G50)	17
2.3.2 Velocidad de germinación	17
2.3.3 Tiempo promedio de germinación	18
2.3.4 Germinación acumulada por intervalos de tiempo	18
2.4 Factores que influyen en la germinación.....	19
2.4.1 Viabilidad.....	19
2.4.2 Latencia.....	20
2.4.3 Temperatura	21
3 JUSTIFICACIÓN	28
5 HIPÓTESIS	29
6 MATERIALES Y MÉTODOS	29

6.1 Ubicación del sitio experimental.....	29
6.2 Material genético.....	30
6.2.1 Origen de las variedades	30
6.2.2 Características varietales	30
6.3 Determinación de la viabilidad de las semillas.....	31
6.4 Tratamientos y diseño experimental.....	32
6.5 Variables observadas y calculadas	34
6.6 Análisis estadístico.....	35
7 RESULTADOS.....	35
7.1 Viabilidad	35
7.2 Latencia de semillas.....	36
7.3 Variedad Diamante	37
7.3.1 Temperaturas cardinales de germinación	37
7.3.2 Germinación media (G50).....	39
7.3.3 Velocidad de germinación.....	40
7.3.4 Tiempo promedio de germinación	41
7.3.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo.....	42
7.4 Variedad Chapingo	44
7.4.1 Temperaturas cardinales de germinación	44
7.4.2 Germinación media (G50).....	46
7.4.3 Velocidad de germinación.....	47
7.4.4 Tiempo promedio de germinación	48
7.4.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo.....	49
7.5 Variedad Tecozautla	51
7.5.1 Temperaturas cardinales de germinación	51

7.5.2 Germinación media (G50)	53
7.5.3 Velocidad de germinación	54
7.5.4 Tiempo promedio de germinación	55
7.5.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo	56
7.6 Variedad Cerro Gordo	58
7.6.1 Temperaturas cardinales de germinación	58
7.6.2 Germinación media (G50)	60
7.6.3 Velocidad de germinación	61
7.6.4 Tiempo promedio de germinación	62
7.6.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo	63
7.7 Comparación entre variedades	65
7.7.1 Temperaturas cardinales de germinación	65
7.7.2 Germinación media (G50)	66
7.7.3 Velocidad de germinación	67
7.7.4 Tiempo promedio de germinación	67
7.7.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo	69
8 DISCUSIÓN	71
8.1 Viabilidad de semillas	71
8.2 Latencia de semillas	72
8.3 Temperaturas cardinales de germinación	73
8.4 Germinación media (G50)	76
8.5 Velocidad de germinación	76
8.6 Tiempo promedio de germinación	78
8.7 Germinación acumulada por intervalos de tiempo	79
9 CONCLUSIÓN	81

10 BIBLIOGRAFÍA.....	82
11 ANEXOS	91
11.1 Temperaturas cardinales de germinación	91
11.2 Índice de velocidad de germinación	95
11.3 Germinación acumulada	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Hábitos de crecimiento en <i>P. philadelphica</i> Lam. A) erecto, B) semierecto y C) postrado (Peña <i>et al.</i> , 2011).	7
2	Coloración de las hojas de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) verde amarillento, B) verde oscuro y C) verde violáceo (Peña <i>et al.</i> , 2011).	8
3	Forma del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. en corte longitudinal A) aplanada. B) circular, C) cordiforme y D) triangular (Peña <i>et al.</i> , 2011).	8
4	Forma del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. en corte transversal A) elíptica, B) circular y C) angular (Peña <i>et al.</i> , 2011).	9
5	Diámetro del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) pequeño, B) mediano, C) grande y D) muy grande (Peña <i>et al.</i> , 2011).	9
6	Longitud en corte transversal del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) corta, B) mediana y C) larga (Peña <i>et al.</i> , 2011).	10
7	Coloración en la madurez fisiológica del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) blanco, B) verde, C) amarillo, D) anaranjado y E) púrpura (Peña <i>et al.</i> , 2011).	10
8	Coloración en la madurez a la cosecha del fruto de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) blanco, B) verde, C) amarillo, D) anaranjado y E) púrpura (Peña <i>et al.</i> , 2011).	11
9	Cobertura del fruto por el cáliz de <i>P. philadelphica</i> Lam. A)	11

Completamente cerrada, B) ligeramente abierta y C) muy abierta (Peña *et al.*, 2011).

- | | | |
|----|---|----|
| 10 | Ornamentación del cáliz de <i>P. Philadelphia</i> Lam. A) acostillado ausente y sin pigmentación y B) acostillado presente con pigmentación antociánica (Peña <i>et al.</i> , 2011). | 12 |
| 11 | Coloración de las semillas de <i>P. philadelphica</i> Lam. A) amarillo y B) amarillo pardo (Peña <i>et al.</i> , 2011). | 12 |
| 12 | Patrón trifásico de absorción de agua por la germinación de las semillas. La flecha vertical indica el momento de la aparición de los primeros indicios de la emergencia radicular ,es decir, la finalización de la germinación. Tomado de Bewley y Black (1994). | 15 |
| 13 | Germinación de semillas no latentes de, <i>Gypsophila perfoliata</i> , <i>Allium porrum</i> , y <i>Lychnis flox-cuculi</i> , en un intervalo de 1–42 °C. Nótese que cada especie tiene un intervalo específico, en lo que toca a las temperaturas máximas y mínimas para la germinación. Tomada de Bewley y Black (1994). | 23 |
| 14 | Porcentaje de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Diamante en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Letras diferentes sobre las barras, indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$). | 38 |
| 15 | Germinación media (G50) para <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Diamante. | 39 |
| 16 | Velocidad de germinación para <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Diamante. Las letras diferentes sobre la curva indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$). | 40 |

17	Tiempo promedio de germinación para <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Diamante.	41
18	Germinación acumulada por intervalos de tiempo de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Diamante.	43
19	Porcentaje de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Chapingo, en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Letras diferentes sobre las barras, indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).	45
20	Germinación media (G50) de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Chapingo	46
21	Velocidad de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Chapingo. Letras diferentes sobre la curva indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).	47
22	Tiempo promedio de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Chapingo.	48
23	Germinación acumulada por intervalos de tiempo de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Chapingo.	50
24	Porcentaje de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. Var. Tecozautla en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).	52
25	Germinación media (G50) de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Tecozautla	53

26	Velocidad de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Tecozautla. Las letras diferentes sobre la barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).	54
27	Tiempo promedio de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Tecozautla.	55
28	Germinación acumulada por intervalos de tiempo de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Tecozautla	57
29	Porcentaje de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Cerro Gordo en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).	59
30	Germinación media (G50) para <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Cerro Gordo.	60
31	Velocidad de germinación para <i>P. philadelphica</i> Lam.var. Cerro Gordo. Las letras diferentes sobre la curva indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).	61
32	Tiempo promedio de germinación de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Cerro Gordo.	62
33	Germinación acumulada de <i>P. philadelphica</i> Lam. var. Cerro Gordo.	64
34	Germinación acumulada de <i>P. philadelphica</i> Lam. para las cuatro variedades a 25 °C.	70

35	Germinación acumulada de <i>P. philadelphica</i> Lam. para las cuatro variedades a 30 °C.	70
----	---	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Temperaturas cardinales de germinación (°C) para diferentes especies (Tomado de Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).	26
2	Características de las variedades de <i>P. philadelphica</i> Lam. utilizadas en el presente estudio (Peña y Santiaguillo, 1998; García, 2011).	31
3	Porcentaje de viabilidad y de germinación de semillas de <i>Physalis philadelphica</i> Lam. a temperatura cardinal óptima.	36
4	Temperaturas cardinales de germinación entre variedades.	65
5	Temperaturas a la cuales inició y finalizó la germinación media para las cuatro variedades de <i>P. philadelphica</i> Lam.	66
6	Velocidad de germinación (Número de semillas germinadas por día).	67
7	Tiempo promedio de germinación (en días) para las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de <i>P. philadelphica</i> Lam.	69
8	Temperaturas cardinales de germinación (°C) reportadas por Covell <i>et al.</i> (1986).	75

1 INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), pertenece a la familia Solanaceae y al género *Physalis*. Es un cultivo importante desde el punto de vista económico y etnobotánico (Santiaguillo y Blas, 2009). Ocupa el cuarto lugar entre las hortalizas cultivadas en México (Santiaguillo *et al.*, 2009), su cultivo se efectúa por siembra directa o trasplante en campo y en invernadero. Para obtener las plántulas que serán trasplantadas, la semilla se siembra ya sea en almácigos o en germinadoras de poliestireno, lo cual permite proporcionar las mejores condiciones de temperatura para la germinación y el posterior crecimiento de la plántula. Es importante tanto en preemergencia como en postemergencia determinar las temperaturas cardinales de germinación, de las variedades de nuestro interés, las cuales son el objetivo del presente trabajo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El género *Physalis*

2.1.1 Origen y distribución

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae, dentro del género se encuentran aproximadamente 90 especies distribuidas desde los Estados Unidos de América, México, Guatemala, Costa Rica, Perú, Haití, Sur de África, India, Australia, hasta Nueva Zelanda. Según Santiaguillo *et al.* (2010), el centro de origen del género es Mesoamérica.

En el continente Americano, *Physalis* se distribuye principalmente en zonas tropicales y templadas. Crece en forma silvestre a lo largo de la vertiente del Pacífico desde California en los Estados Unidos de América hasta Centroamérica (Martínez, 1998; Vargas *et al.*, 2003). En el territorio mexicano se han registrado aproximadamente 70 especies (Peña y Santiaguillo, 1998), de las cuales aproximadamente el 50 % se distribuyen en 26 estados del país en un intervalo altitudinal comprendido entre los 8 y los 3350 msnm, y en el intervalo latitudinal que va desde el sur de Baja California (28° 00' N), hasta el sur de Chiapas (14° 32' N) (Martínez, 1998; Vargas *et al.*, 2003).

2.1.2 Descripción taxonómica del género

Las plantas del género *Physalis*, “son plantas anuales o perennes, herbáceas, raramente arbustivas, de 10 cm a 3 m de alto; con tallos ramificados; las hojas son pecioladas y alternas, láminas ovadas, márgenes irregularmente dentados a enteros, pubescencia de pelos largos o cortos, con o sin glándulas, o bien, estrellados; las flores son pedunculadas, generalmente solitarias en las axilas de las hojas, algunas veces agrupadas formando fascículos o dispuestas en falsos racimos, debido a la reducción de hojas y entrenudos; cáliz de 5 lóbulos; corolas plegadas de forma tubular expandidas a más o menos campanulada, usualmente amarillas, con cinco manchas que ocupan áreas pequeñas o grandes de la corola, algunas veces las manchas no contrastan fuertemente, o bien, están ausentes; estambres 5, anteras de dehiscencia longitudinal, oblongas o linear-oblongas a ovadas, de color amarillas, azules, violeta o azul-verde; estilo filiforme, estigma capitado; fruto de 2 carpelos, en forma de baya con pocas a muchas semillas, usualmente sésil en el cáliz acrecente de 5 lóbulos, el cuál cubre el fruto, basalmente invaginado, pedúnculos del fruto generalmente alargados; semillas casi orbiculares a reniformes, más o menos punteadas a irregularmente reticuladas” (Rzedowsky y Rzedowsky, 2005).

2.1.3 Importancia del género

En México, *Physalis* tiene tanto importancia económica como etnobotánica. La importancia etnobotánica proviene de registros prehispánicos que indican el aprovechamiento de la raíz, el tallo, las hojas, el fruto, el cáliz e incluso la planta entera, con fines medicinales, ornamentales y ceremoniales (Santiaguillo y Blas, 2009).

La importancia económica radica en que según Rzedowsky y Rzedowzky (2005), existen 14 especies cuyo fruto es comestible, mientras que Santiaguillo *et al.*, (2005) mencionan 19, a pesar de ello, ambos grupos de investigadores coinciden en que las especies que son cultivadas son: *P. peruviana* L., *P. grisea* (Waterf.) Martínez., *P. alkenkengi* L. y *P. philadelphica* Lam. Esta última es la especie de interés en esta investigación, por lo tanto, de aquí en adelante nos enfocaremos en ella.

2.2 *Physalis philadelphica* Lam.

Physalis philadelphica Lam. recibe nombres comunes como el de tomate de cáscara, tomatillo, miltomate, tomate verde, tomate de hoja, tomate de milpa, entre otros. En inglés se le conoce como “Mexican Ground-Cherry” y “Husk Tomato”. Es una especie anual que se cultiva principalmente para el consumo de su fruto (Santiaguillo, *et al.*, 2010).

2.2.1 Descripción taxonómica

***Physalis philadelphica* Lam.** presenta sinonimia (*P. aequata* Jacq. y *P. ixocarpa* Brot. ex Horn.).^{1*}

Según Rzedowsky y Rzedowsky (2005), *P. philadelphica* “es una planta herbácea de 15 a 60 cm de alto, anual, glabra o en ocasiones con pelos esparcidos; hojas ovadas, de 2 a 8.2 cm de largo por 1 a 6 cm de ancho, ápice agudo a ligeramente acuminado, con márgenes irregularmente dentados, con 2 a 6 dientes en cada lado, base atenuada; pedúnculos de 0.7 a 1 cm de largo; lóbulos del cáliz de forma ovada, de 0.7 a 1.3 cm de largo, hirsutos; corola de 0.8 a 2.3 cm de diámetro, amarilla, que puede presentar manchas de color azul-verdoso, o bien, manchas de color morado; anteras azules o de color azul-verde, de 2 a 3.5 mm de largo, generalmente retorcidas después de la dehiscencia; cáliz del fruto de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6 cm de ancho, con 10 costillas, baya de 1.6 a 6 cm de diámetro, pedúnculos de 0.6 a 1 cm de largo”.

^{1*} Com. Pers. Dr. Stephen D. Koch Olt. 2012. Curador del Herbario-Hortorio CHAPA del Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, México.

2.2.2 Importancia

Hasta hace unos años al tomate de cáscara no se le había dado la importancia debida por ser un cultivo típicamente tradicional, cuyo consumo siempre ha sido un complemento de la dieta del mexicano (Aguado, 1991). A partir de los años setentas se registró un incremento en su cultivo, debido al aumento de su consumo anual *per cápita* que a nivel nacional pasó de 2.5 kg en 1980 (Peña *et al.*, 2001) a 7.1 kg en 2004 (Bautista y Chavarín, 2007), y cada año va en aumento tanto en el país como en el extranjero (Santiaguillo *et al.*, 2010), principalmente por la comunidad mexicana que radica en los Estados Unidos de América y Canadá (Cárdenas, 1981; Bautista y Chavarín, 2007).

La importancia económica de *P. philadelphica* Lam. se muestra por el valor de la cosecha de su fruto, que en el año 2012 alcanzó un valor de 2,440,693 pesos, en este mismo año, la superficie sembrada de tomate de cáscara fue de 43,505 Ha aproximadamente, en las cuales se obtuvo una producción de 595,197 Ton y un rendimiento promedio de 14.3 Ton/Ha (SIAP, 2012). El cual representa una aportación significativa al mercado de las hortalizas.

Santiaguillo *et al.* (2010) señalan que el tomate de cáscara es una de las principales hortalizas cultivadas en México junto con el chile (*Capsicum annum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicon* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.).

Los estados con mayor superficie sembrada en el ciclo primavera-verano son Jalisco, Puebla, México, Michoacán, Morelos e Hidalgo, en el ciclo otoño invierno son Sinaloa, Puebla, Sonora, Michoacán y México (PENITT, 2003).

2.2.3 Características varietales

Según Peña *et al.* (2011), el tomate de cáscara varía tanto en hábito de crecimiento, tamaño, forma y coloración, como se presenta en las siguientes imágenes tomadas del Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara de Peña *et al.* (2011).

El tomate de cáscara, tiene diferentes hábitos de crecimiento que van desde el erecto, pasando por el semierecto hasta el postrado (Figura 1).



Figura 1. Hábitos de crecimiento en *P. philadelphica* Lam. A) erecto, B) semierecto y C) postrado (Peña *et al.*, 2011).

El color de las hojas de las plantas va desde el verde amarillento, hasta el verde violáceo (Figura 2)

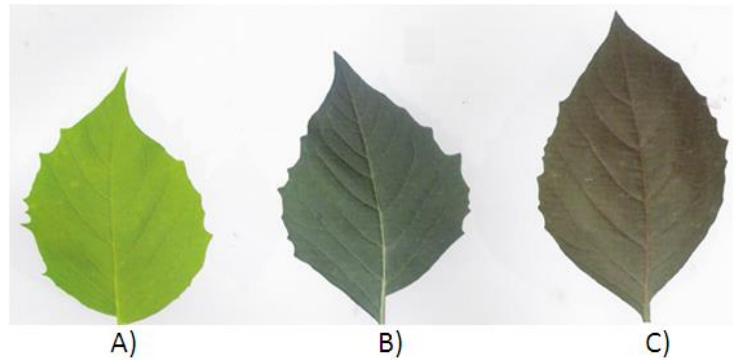


Figura 2. Coloración de las hojas de *P. philadelphica* Lam. A) verde amarillento, B) verde oscuro y C) verde violáceo (Peña *et al.*, 2011).

La forma del fruto en corte longitudinal va desde la aplanada, pasando por la circular, la cordiforme hasta la triangular (Figura 3).

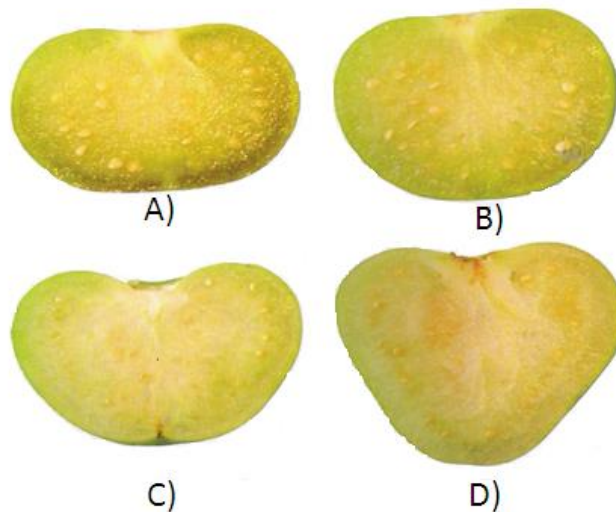


Figura 3. Forma del fruto de *P. philadelphica* Lam. en corte longitudinal A) aplanada. B) circular, C) cordiforme y D) triangular (Peña *et al.*, 2011).

La forma del fruto en corte transversal va desde la elíptica, circular hasta angular (Figura 4)

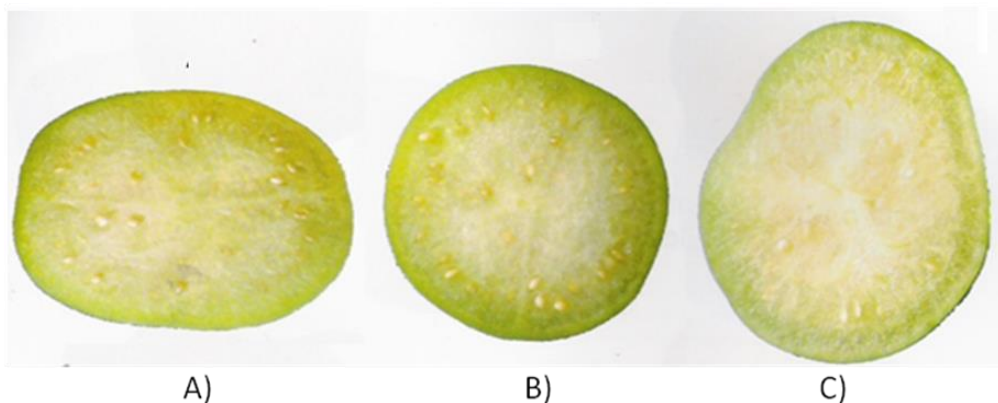


Figura 4. Forma del fruto de *P. philadelphica* Lam. en corte transversal A) elíptica, B) circular y C) angular (Peña *et al.*, 2011).

El tamaño del fruto va desde el pequeño, mediano, grande hasta el muy grande (Figura 5).



Figura 5. Diámetro del fruto de *P. philadelphica* Lam. A) pequeño, B) mediano, C) grande y D) muy grande (Peña *et al.*, 2011).

En corte transversal la longitud del fruto va de corta, mediana hasta larga (Figura 6).

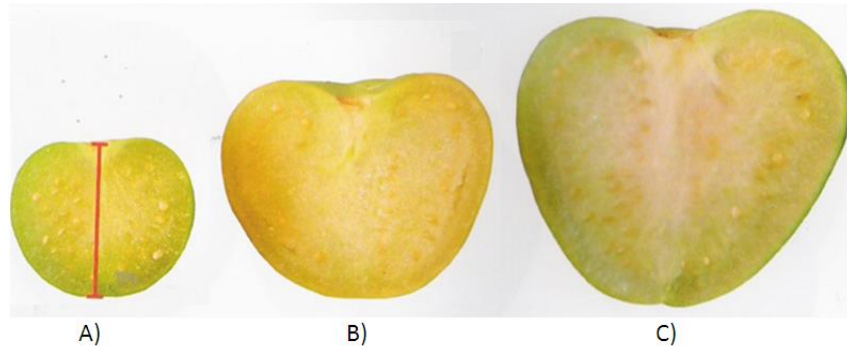


Figura 6. Longitud en corte transversal del fruto de *P. philadelphica* Lam. A) corta, B) mediana y C) larga (Peña *et al.*, 2011).

La coloración que se puede observar del fruto tanto en la madurez fisiológica (Figura 7), así como en la madurez a la cosecha (Figura 8), varía desde el blanco, verde, amarillo, anaranjado hasta el púrpura.

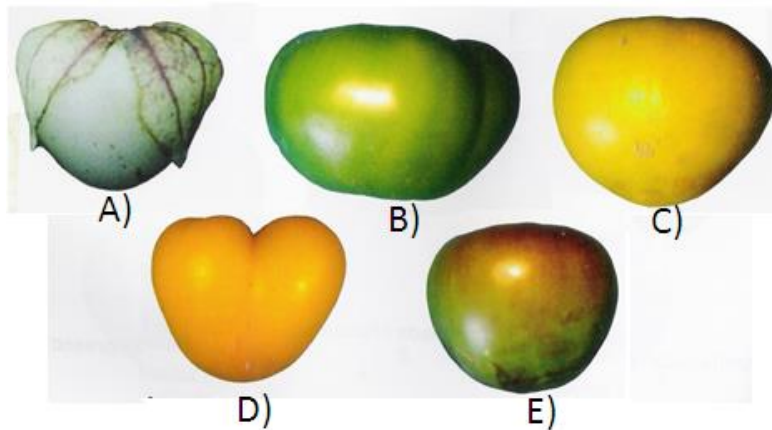


Figura 7. Coloración en la madurez fisiológica del fruto de *P. philadelphica* Lam. A) blanco, B) verde, C) amarillo, D) anaranjado y E) púrpura (Peña *et al.*, 2011).

La cobertura del fruto por el cáliz puede ser desde completamente cerrada, ligeramente abierta hasta muy abierta (Figura 9).

El cáliz puede estar ornamentado con costillas y pigmentación antociánica (Figura 10).



Figura 8. Coloración en la madurez a la cosecha del fruto de *P. philadelphica* Lam. A) blanco, B) verde, C) amarillo, D) anaranjado y E) púrpura. (Peña *et al.*, 2011).

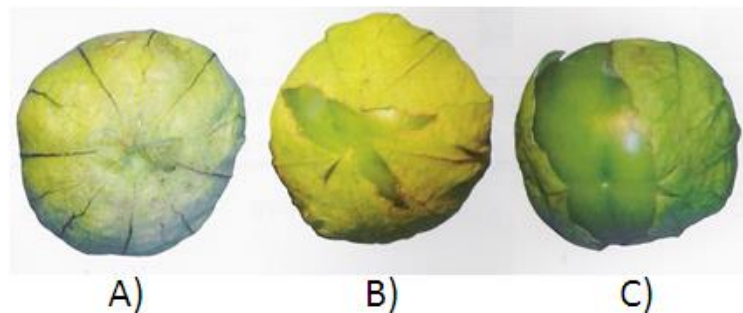


Figura 9. Cobertura del fruto por el cáliz de *P. philadelphica* Lam. A) Completamente cerrada, B) ligeramente abierta y C) muy abierta (Peña *et al.*, 2011).

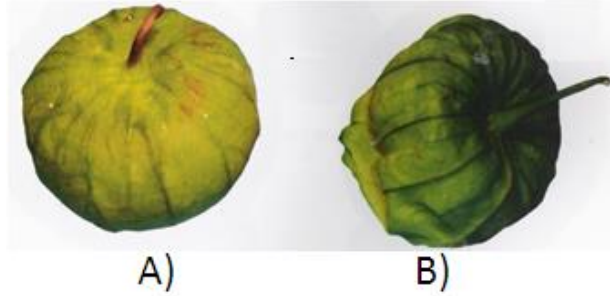


Figura 10. Ornamentación del cáliz de *P. Philadelphia* Lam. A) acostillado ausente y sin pigmentación y B) acostillado presente con pigmentación antocianica. (Peña *et al.*, 2011).

El color de las semillas puede ser amarillo o amarillo pardo (Figura 11) y el tamaño de las mismas va desde el pequeño, mediano y grande.

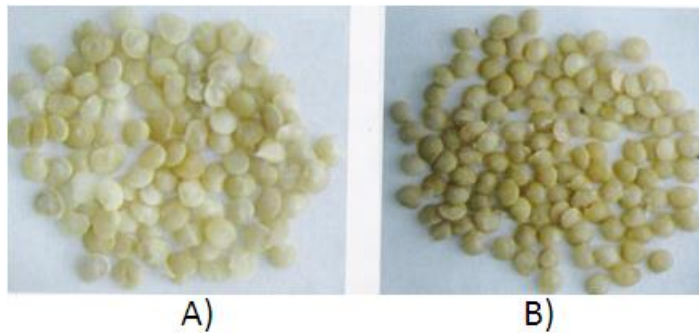


Figura 11. Coloración de las semillas de *P. philadelphica* Lam. A) amarillo y B) amarillo pardo (Peña *et al.*, 2011).

2.2.4 Cultivo

En algunas regiones de nuestro país, el tomate de cáscara se cultiva en tierras de temporal, aprovechando la humedad residual del suelo y el agua de las lluvias (SIAP, 2012). Sin embargo, el cultivo se realiza preferentemente en tierras que disponen de riego; por ello, las fechas de siembra varían de acuerdo a cada zona productora, lo cual explica que el fruto se encuentre en el mercado durante todo el año.

Se produce en 27 de los 32 estados de la República Mexicana (Molina, 2005); en el 2008 los mayores productores de esta hortaliza, fueron en orden de importancia: en cultivo de riego Sinaloa, Puebla, Zacatecas, Guanajuato, Sonora, Michoacán y México, y de temporal, Jalisco, México, Morelos, Sinaloa, Nayarit (Santiaguillo *et al.*, 2010).

Actualmente su cultivo se efectúa por siembra directa en campo, aunque también se realiza por trasplante en campo o invernadero, en este último caso, para obtener las plántulas que serán trasplantadas, la semilla se siembra ya sea en almácigos o en germinadoras de poliestireno, lo cual permite proporcionar las mejores condiciones de temperatura para la germinación y crecimiento de la plántula, hasta antes del trasplante, que generalmente se realiza cuando las condiciones de campo son óptimas. Ya sea que se cultive en siembra directa o por trasplante, tiene dos ciclos de siembra: el de primavera-verano, que es el de mayor producción y el de otoño-

invierno con una producción menor, debido a que la planta no resiste temperaturas bajas (Orduña, 1989).

La germinación de la semilla puede ocurrir en diferentes sustratos. Cuando se realiza la siembra directa el sustrato es el suelo y cuando la siembra se realiza en almácigos el sustrato puede ser suelo, agrolita, turba, vermiculita, entre otros. Cuando el sustrato es inerte es necesario usar solución nutritiva en el riego para proporcionar los nutrimentos necesarios a la plántula.

2.3 Germinación

En el ciclo biológico de las plantas con semilla (espermatofitas o antofitas), la germinación de la semilla se puede definir en términos fisiológicos como la reanudación del crecimiento del embrión que había estado en reposo (latencia o quiescencia), evento que generalmente es un punto de no retorno donde la plántula es comprometida a seguir creciendo (Bradford, 2002). Si nos referimos a la **“reanudación del crecimiento del embrión”**, es porque su desarrollo es un proceso que se inicia a partir del cigoto, una “célula libre con capacidad innata para crecer” (Steward, 1968). Una vez que el embrión alcanza la madurez morfológica y/o fisiológica, suspende su crecimiento y permanece en estado de reposo (latencia y/o quiescencia). En semillas ortodoxas sin latencia, la semilla viable seca germina, esto es el embrión reanuda su crecimiento, al entrar en contacto con el agua. En condiciones óptimas de disponibilidad de agua para la semilla, la dinámica de la imbibición o hidratación, presenta dos fases (I y II) que corresponden a la germinación

(germinación propiamente dicha), y una tercera (III) que corresponde a la emisión de la radícula (Figura 12) y crecimiento de la misma (eventos postgerminativos). La emisión de la radícula a través de la testa se considera generalmente un evento que indica que la semilla ha germinado (criterio biológico de germinación) (Bewley y Black, 1994; Wilkins, 1969; Berrie, 1985; Azcón-Bieto y Talón 1993).

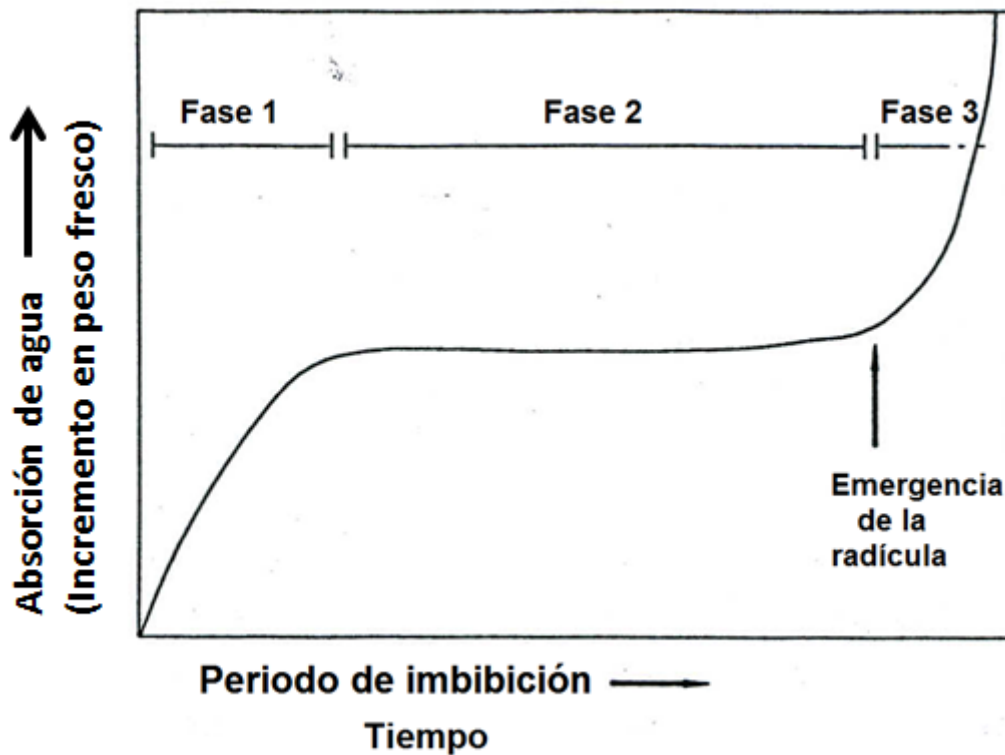


Figura 12. Patrón trifásico de absorción de agua por la germinación de las semillas. La flecha vertical indica el momento de la aparición de los primeros indicios de la emergencia radicular, es decir, la finalización de la germinación. Tomado de Bewley y Black (1994).

Las fases citadas de la germinación se describen a continuación:

Fase 1: Ocurre en semillas secas viables y no viables, incorporan agua rápidamente, por el proceso de imbibición (absorción de agua) por los distintos tejidos que constituyen la semilla, ya que se trata de un fenómeno físico. La imbibición va acompañada de un aumento de volumen y peso fresco y en el caso de las semillas viables y de un rápido incremento de la actividad respiratoria. Aunado a la imbibición en las semillas viables, ocurre la rehidratación de sus tejidos y especialmente del embrión, ocasionando que la semillas reanuden su metabolismo activo iniciándose la síntesis de proteínas (Bewley *et al.*, 2000).

Fase 2: Ésta es una fase estacionaria de absorción de agua que ocurre solamente en semillas viables. En esta fase la incorporación del agua se estabiliza y el potencial matricial ya no juega un papel significativo y el potencial de agua de las semillas depende en gran medida del balance entre el potencial osmótico y el de presión. El peso fresco de la semilla permanece estacionario (se alcanza el “plateau” o equilibrio), y el metabolismo continúa, principalmente la síntesis de proteínas. Durante esta fase ocurren los eventos metabólicos más importantes en preparación a la emergencia de la radícula en semillas quiescentes., Las semillas latentes son también metabólicamente activas en esta fase (Bewley y Black, 1994; Bewley *et al.*, 2000).

Fase 3: Esta fase ya corresponde al crecimiento, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula (García-Agustín y Primo-Millo, 1996).

2.3.1 Germinación media (G50)

La germinación media se define como el número de días transcurridos desde la imbibición de las semillas hasta alcanzar el 50 % de germinación (Bewley y Black, 1994; Piedrahita, 1997). Cuando dicho valor no se obtiene directamente del registro, se estima interpolando los dos días en los que se obtuvo el valor más cercano previo y posterior al 50% de la germinación total (Ellis y Roberts, 1978).

2.3.2 Velocidad de germinación

La velocidad de germinación, expresa el número de semillas germinadas por día y se calcula con la siguiente fórmula (Maguire, 1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde:

N_1, N_2, \dots, N_n : representan el número de días desde el inicio del ensayo de germinación.

G_1, G_2, \dots, G_n : representan el número de semillas germinadas en el día i -ésimo.

2.3.3 Tiempo promedio de germinación

Es una medida del tiempo necesario para que germine el mayor número de semillas (Côme, 1968 citado por González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996) y se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$T = \frac{\Sigma(n_i t_i)}{\Sigma(n_i)}$$

Donde:

T = tiempo promedio de germinación

t_i = número de días después de la siembra

n_i = número de semillas germinadas el día i

2.3.4 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Este análisis muestra la máxima capacidad de germinación en función del tiempo (días), mediante la distribución de la germinación mostrada en gráficos por temperatura para cada variedad, desde el inicio de la germinación hasta el término del experimento (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996; Hernández y Paoloni, 1998).

2.4 Factores que influyen en la germinación

Los factores que influyen en la germinación de las semillas pueden ser intrínsecos (viabilidad, especie, latencia, madurez, longevidad, etc.) y extrínsecos (temperatura, agua, oxígeno, luz, presencia de plagas y/o enfermedades, etc.).

En este trabajo se incluyeron la viabilidad, la latencia y la temperatura como factores que determinan la germinación; por lo tanto, son los que se describirán a continuación.

2.4.1 Viabilidad

Para que una semilla germine es indispensable que el embrión (y por extensión la semilla) sea viable y que no se encuentre en estado de latencia. Si se cumplen estos requisitos la germinación ocurre cuando las condiciones ambientales son adecuadas (Leopold y Kriedemann, 1975; Bidwell, 1979; Mohr y Schopfer, 1995; Bewley *et al.*, 2000). En el caso de las semillas quiescentes, basta que las condiciones ambientales sean adecuadas para que se inicie el proceso de germinación. Si una semilla aparentemente normal no germina aún bajo condiciones ambientales adecuadas, es probable que no sea viable o que esté en estado de latencia.

La viabilidad puede determinarse mediante la “prueba de viabilidad” la cual según Moreno (1984), permite estimar en forma rápida la condición biológica de las semillas,

lo cual frecuentemente es necesario en el comercio de las semillas. Además esta prueba es útil para el análisis de la semilla latente, así como para complementar los datos obtenidos en una prueba de germinación, y el diagnóstico de las causas del deterioro de las semillas.

2.4.2 Latencia

La latencia es un estado donde la semilla no germina aunque sea viable y el medio tenga las condiciones adecuadas de humedad, así como la aireación y temperatura requeridas para llevar a cabo el proceso de germinación. Las semillas que son viables, germinan cuando se rompe la latencia, ya sea en forma natural o utilizando métodos para la ruptura de la misma (Duffus, 1985).

El impedimento de la germinación de las semillas viables bajo condiciones ambientales adecuadas es provocado por mecanismos de latencia innata, o latencia inducida por factores ambientales (Baskin y Baskin, 2001). Las causas de la latencia pueden ser diversas, como los embriones inmaduros, el requerimiento de un corto periodo de luz de longitud de onda específica y la necesidad de un periodo de temperatura baja o de temperaturas fluctuantes y en muchos casos, puede deberse a sustancias (inhibidores) que ocurren naturalmente y que evitan la germinación, particularmente varios fenoles, ácido abscísico y las auxinas en concentraciones altas (Devlin, 1982).

Se denominan semillas latentes a las semillas viables que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones requeridas para dicha especie (Moreno, 1984). El término “latencia” en semillas se refiere a la ausencia de germinación resultante de condiciones internas de la semilla. Las semillas latentes pueden absorber humedad, pero sin llegar a germinar debido a influencias restrictivas en la semilla que bloquean algunas reacciones fisiológicas en el embrión, e impiden el inicio de la germinación (Hartmann y Kester, 1978).

La germinación ocurrirá cuando tal restricción sea superada, lo que en la naturaleza puede requerir días, meses o años y que depende de la especie y la longevidad de la misma.

2.4.3 Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que influye entre otros procesos fisiológicos en la germinación de las semillas, debido a que regula tanto la velocidad como el porcentaje máximo de germinación (Heydecker, 1973; Bewley y Black, 1994; Roberts, 1988), así como la velocidad de las reacciones bioquímicas (Fitter y Hay, 1981). La temperatura requerida es un factor importante en la adaptación de una especie, en particular a un medio específico (Hartmann y Kester 1978). La temperatura es un factor crítico durante la germinación, específicamente afectando la velocidad de germinación (Poulsen, 1999). Generalmente las semillas no germinan por debajo o por arriba de cierta temperatura, la cual difiere según el

requerimiento térmico de las especies, tomando en cuenta su origen geográfico (Trudgill *et al.*, 2005).

En especies cuya semilla presenta latencia, el tratamiento de estratificación (en Inglés “chilling”) puede ser un prerequisite esencial para la germinación (Bewley y Black, 1994). Con dicho tratamiento se logra la ruptura de la latencia y es aplicable prácticamente para todos los tipos de latencia (por ejemplo latencia impuesta por la testa, por otras estructuras extraembrionales o por el embrión).

En semillas quiescentes y/o en semillas latentes una vez lograda la ruptura de la latencia, el incremento de la temperatura afecta la capacidad de respuesta a la germinación (Edwards, 1932). Las temperaturas altas pueden ser inhibitorias en el momento de la germinación (Bidwell, 1979).

Dicha capacidad de respuesta se puede evaluar mediante el porcentaje de germinación (Justice, 1972; Czabator, 1966). Para una cierta temperatura, el porcentaje de germinación puede variar. Se ha determinado que las semillas poseen la capacidad de germinar dentro de una amplitud definida (por una mínima y una máxima) de temperatura (Figura 13), característica para cada especie (Bewley y Black, 1994).

Desde el punto de vista agronómico y ecológico, la temperatura que importa para la germinación es la del suelo, especialmente la de los primeros centímetros de la capa

superior, en donde por lo general se encuentran o se siembran las semillas. Dicha temperatura está influenciada por la temperatura de la capa adyacente de aire, y determina la fracción de semillas que germinan de una muestra “porcentaje de germinación” (Bewley y Black, 1994).

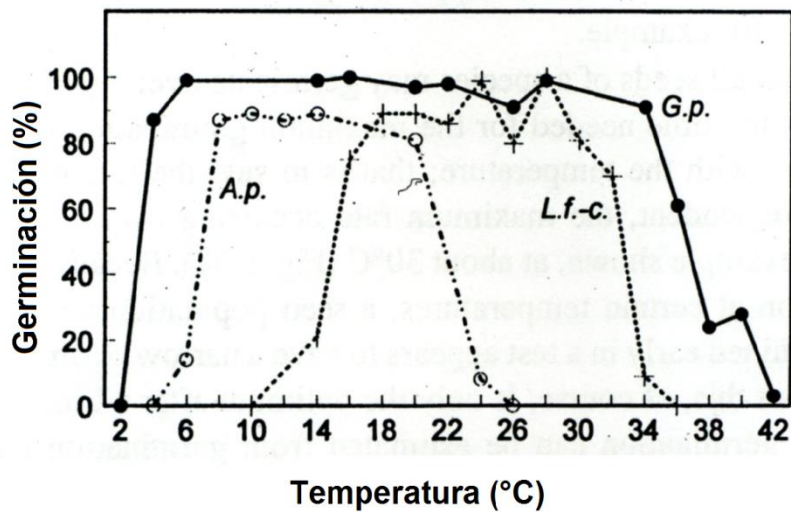


Figura 13. Germinación de semillas no latentes de, *Gypsophila perfoliata*, *Allium porrum*, y *Lychnis flox-cuculi*, en un intervalo de 1–42 °C. Nótese que cada especie tiene un intervalo específico, en lo que toca a las temperaturas máximas y mínimas para la germinación. Tomada de Bewley y Black (1994).

Ruiz-Corral *et al.* (2002) denominan “Umbrales térmicos para la germinación” a la temperatura cardinal mínima y la temperatura cardinal máxima. Por debajo de la temperatura mínima, existe otra, denominada temperatura base, en la cual las semillas no germinan.

Bewley y Black (1994), indican que: “En ocasiones es útil para propuestas experimentales y descriptivas no usar las temperaturas máximas o mínimas, sino definir la temperatura a la cual se alcanza el 50% de germinación, la cual se representa como G50, es interesante el hecho de que la G50 de varias especies está afectada por los reguladores de crecimiento, y como ejemplo mencionan a la citocinina y la quinina las cuales elevan la G50 para las semillas de lechuga en la luz de 31 a 40 °C”.

2.4.3.1 Temperaturas cardinales de germinación

“Cardinal (del lat. *cardinalis*, principal, fundamental), adj. Se emplea en bot. con el mismo significado que en latín, como cuando nos referimos a los llamados *puntos cardinales*. Toda función vegetal está más o menos afectada por la temperatura, hasta que ésta alcanza determinado *punto o grado* no empieza a manifestarse; a medida que la temperatura crece, aumenta también la actividad funcional, hasta alcanzar un valor máximo al llegar a cierto *grado o punto*, para decrecer luego, en general, si la temperatura sigue aumentando; llega un momento en que; sometida la planta a una temperatura todavía más alta, cesa por completo aquella manifestación de su actividad al llegar a otro grado o punto termométrico, que constituye el máximo; este máximo; el óptimo (correspondiente al más alto valor de su actividad funcional) y el mínimo, son los *puntos o grados* cardinales de la planta para tal función” (Font Quer, 1985).

Con respecto a las temperaturas de germinación Edwards (1932), indica que hay un intervalo de temperatura en el cual las semillas germinan, entro de este intervalo se reconocen las siguientes temperaturas: una **mínima**, una **óptima** y una **máxima** (Fitter y Hay, 1981; Galston, 1973). La **mínima** es aquella o aquellas en las que se obtienen el menor porcentaje de germinación, por debajo de ésta las semillas no germinan (Besnier, 1989); la **óptima** la cual es la más favorable para la germinación, donde se logra obtener el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo (Hartmann y Kester, 1978; Besnier, 1989) y la **máxima** que es la temperatura más alta a la que ocurre la germinación, arriba de ésta, el embrión muere. Estas temperaturas (mínima, óptima y máxima) no se refieren necesariamente a una sola temperatura, sino que pueden referirse cada una de ellas a un intervalo (amplitud) de temperaturas (Cuadro 1).

Según Meyer y Poljakoff-Mayber (1975), existe una gama de temperaturas dentro de la cual las semillas germinan, por lo general existe una temperatura óptima, por debajo y por encima de esta la germinación se retrasa, más no se impide. La temperatura óptima puede ser considerada como aquella en la cual se alcanza el porcentaje de germinación más alto en el tiempo más corto, la temperatura mínima y máxima serán aquellas a las que se producirá la germinación más baja. A temperatura mínima la germinación puede ser tan lenta que los experimentos a menudo terminan antes de que esta pueda haber ocurrido.

Cuadro 1. Temperaturas cardinales de germinación (°C) para diferentes especies (Tomado de Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

Semilla	mínima	Óptima	Máxima
<i>Zea mays</i>	8 – 10	32 - 35	40 - 44
<i>Oryza sativa</i>	10	30 - 37	40 - 42
<i>Triticum sativum</i>	3	15 - 31	30 - 43
<i>Hordeum sativum</i>	3 – 5	19 - 27	30 - 40
<i>Secale cereale</i>	3 – 5	25 - 31	30 - 40
<i>Avena sativa</i>	3 – 5	25 - 31	30
<i>Fagopyrum esculentum</i>	3 – 5	25 - 31	35 - 45
<i>Cucumis melo</i>	16 - 19	30 - 40	45 - 50
<i>Convolvulus arvensis</i>	0.5 - 3	20 - 35	35 - 40
<i>Lepidium draba</i>	0.5 - 3	20 - 35	35 - 40
<i>Solanum carolinense</i>	20	20 - 35	35 - 40
<i>Nicotiana tabacum</i>	10	24	30

Sachs (1860) citado por Ginzo (1980) menciona la influencia de la temperatura en la germinación, señalando la existencia de tres temperaturas, a las que llamó “cardinales”, con el objeto de caracterizar los requerimientos térmicos de la germinación. Las temperaturas “máxima” y “mínima” determinan los límites dentro de los cuales es posible la germinación; en tanto que la temperatura óptima corresponde a aquella en la cual se observa el máximo porcentaje de germinación. Estas temperaturas cardinales no caracterizan rigurosamente el proceso germinativo, ya que sus valores dependen del tiempo de incubación. Cuanto mayor es éste, es mayor el desplazamiento de la temperatura óptima hacia valores más bajos, así como mayor es la escala térmica de germinación.”

Las temperaturas cardinales de germinación pueden diferir según la especie, el genotipo, las variedades de una misma especie, la edad de la semilla y su grado de madurez fisiológica (Aráoz, 2004).

Las temperaturas máxima y mínima para la germinación de las semillas no sólo regulan la distribución geográfica, sino también la estación del año en que una especie determinada aparece en una región dada (Galston, 1973).

Las temperaturas cardinales se pueden emplear para conocer los efectos de la temperatura en la germinación y la tasa de germinación de las semillas, después de un periodo de tratamiento térmico, lo que nos permite entender y predecir los efectos del medio sobre la germinación (García-Huidobro *et al.*, 1982). Los valores obtenidos del número de semillas germinadas parecen tener utilidad importante en la investigación de semillas, pero las comparaciones de germinaciones en vivero o campo con la germinación en laboratorio pueden demostrar utilidad en la práctica general (Czabator, 1962).

3 JUSTIFICACIÓN

Las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de *Physalis philadelphica* Lam. han tenido buena aceptación en el mercado de las hortalizas en los últimos años, mas no se tiene información acerca de la temperatura que se requiere para la germinación de sus semillas y su posterior trasplante, por lo que se hizo una extensa revisión de literatura acerca de las temperatura cardinales de germinación que requiere *P. Philadelphica* Lam. mas no se encontró información sobre este punto. Por esta razón se planteó la presente investigación.

Con la información anterior y partiendo del lote de semillas viables nos permitirá estimar la cantidad de semillas para la siembra y la disponibilidad de plántulas y así planear las actividades subsecuentes para el trasplante, además de que al conocer las temperaturas cardinales se podrían establecer diferentes fechas de siembra de las semillas y en el caso de la siembra por trasplante proporcionarle las condiciones especiales de temperatura, que les sean más favorables para la germinación.

Para proporcionar las mejores condiciones de temperatura para la germinación, es importante estimar otras variables como la germinación media (G50), el tiempo promedio de germinación (en días), la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día) y la germinación acumulada por intervalos de tiempo.

4 OBJETIVO

Determinar las temperaturas cardinales de germinación, germinación media (G50), velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación y la germinación acumulada por intervalos de tiempo para las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de *Physalis philadelphica* Lam.

5 HIPÓTESIS

Las temperaturas cardinales de germinación, germinación media (G50), velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación y germinación acumulada por intervalos de tiempo, es diferente para cada una de las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de *Physalis philadelphica* Lam.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del sitio experimental

El estudio se realizó en el Postgrado en Botánica, Campus Montecillo en el Colegio de Postgraduados y en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Ubicados en el municipio de Texcoco, Estado de México.

6.2 Material genético

Para este estudio se emplearon semillas de *P. philadelphica* Lam. de las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo.

6.2.1 Origen de las variedades

Diamante es un híbrido intervarietal entre la raza Puebla y Chapingo. La variedad Chapingo se obtuvo de una selección avanzada de la variedad Rendidora, las dos variedades (Peña *et al.*, 2001), fueron generadas en el programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México, (Tecozautla es una población de colectas realizadas en la zona de Tecozautla, Hidalgo en el año 2007. Cerro Gordo proviene de la población de Cerro Gordo en Salamanca Guanajuato en el año 2006)².

6.2.2 Características varietales

Las características de las cuatro variedades (Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo) de *P. philadelphica* Lam. se presentan en el Cuadro 2.

²Com. Pers. Dr. Natanael Magaña Lira. 2013. Departamento de Fitotecnia, área de Olericultura, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

Cuadro 2. Características varietales de *P. philadelphica* Lam. utilizadas en el presente estudio (Peña y Santiaguillo, 1998; García, 2011).

Variedad	Diamante	Chapingo	Tecozautla	Cerro Gordo
Hábito de crecimiento	Semierecto	Rastrero	Erecto	Rastrero
Coloración del fruto	Verde	Amarillo claro	Verde	Amarillo
Tamaño del fruto	Mediano	Grande	Mediano	Grande
Número de semillas por gram o*	737	734	703	576
Color de la semilla	Amarillo	Amarillo	Amarillo pardo	Amarillo

*datos obtenidos en la presente investigación de semillas almacenadas en condiciones de laboratorio

6.3 Determinación de la viabilidad de las semillas

Cuando se realizan pruebas de germinación, el primer paso que se debe hacer es determinar si el embrión de la semilla es viable, ya que si la semilla no germina se puede atribuir a otras causas como la latencia, la cual se puede originar por factores intrínsecos o extrínsecos a la semilla y dicha conclusión puede ser errónea.

Las semillas de tomate de cáscara pertenecen al grupo de semillas ortodoxas, las cuales son capaces de perder una gran cantidad de la humedad original y poder conservarse en almacenamiento con un bajo contenido de humedad sin perder su viabilidad.

En este caso, previo a la siembra de las semillas de las cuatro variedades de *P. philadelphica* Lam. se realizaron pruebas de viabilidad mediante la técnica del cloruro de tetrazolio descrita por Moreno (1984), empleando 100 semillas por variedad. La técnica usada se describe a continuación.

Las semillas se hidrataron durante 24 horas en agua destilada, posteriormente se cortaron longitudinalmente para exponer al embrión. Se sumergieron en cloruro de tetrazolio al 0.1% durante 3 horas, realizando después la revisión de las mismas, basándonos en la tinción del tejido vivo (Moreno, 1984).

6.4 Tratamientos y diseño experimental

Grupos de 100 semillas por variedad se distribuyeron uniformemente sobre sendos discos de papel filtro previamente humedecido con agua destilada contenidos en cajas Petri.

Cinco cajas Petri (considerada cada una como una repetición) conteniendo 100 semillas de la variedad Diamante fueron colocadas en una germinadora (Seedburo Equipment Inc.) a una temperatura constante de 3 °C en oscuridad por un periodo de 25 días, estas condiciones se consideraron como un tratamiento.

Las otras temperaturas probadas en la germinación fueron: 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 °C. Este procedimiento se repitió para las variedades Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo, de tal forma que se tuvieron cinco repeticiones y 12

tratamientos por variedad. Las semillas fueron regadas periódicamente con agua destilada.

Cada cinco días se revisaron las cajas Petri, se contaron y eliminaron las semillas germinadas, tomando como criterio de germinación a la emergencia de la radícula (germinación biológica). Dicha operación se realizó por un periodo de 25 días o antes si el cien por ciento de las semillas había germinado.

A las semillas sometidas a los tratamientos de 40 y 45 °C se les dio un tratamiento previo, sumergiéndolas durante cinco minutos en hipoclorito de sodio al 5% (solución comercial) con la finalidad de evitar la propagación de hongos, ya que estas temperaturas son propicias para ello. Posteriormente el exceso de hipoclorito de sodio se eliminó aplicando una serie de lavados con agua destilada, y la germinación a estas temperaturas se llevó a cabo en estufas de secado marca Precision Scientific Co.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por variedad. La *unidad experimental* constó de una caja Petri con 100 semillas y las unidades observacionales fueron cada una de las semillas.

6.5 Variables observadas y calculadas

Porcentaje de germinación a los 25 días de incubación: Se registró el número de semillas germinadas por cada caja Petri por cada tratamiento y por variedad.

Germinación media (G50): Se registró el número de días transcurrido desde la imbibición de las semillas hasta se alcanzó el 50% de germinación. Cuando el valor no se pudo obtener directamente, se estimó interpolando los dos días en los que se obtuvo el valor previo más cercano y el posterior al 50% de la germinación (Ellis y Roberts, 1978).

Velocidad de germinación (Maguire, 1962): Se calculó con la fórmula

$$VG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

La velocidad de germinación es una estimación del número de semillas germinadas por día.

Tiempo promedio de germinación (González–Zertuche y Orozco-Segovia, 1996):

Se calculó con la fórmula

$$T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum(n_i)}$$

Y es una estimación del tiempo en días que se requieren para que germine en teoría el 100 % de las semillas.

6.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los porcentajes de germinación y la velocidad de germinación (previa transformación a arcoseno, Kuehl, 2001), se analizaron mediante un análisis de varianza y cuando se encontró significancia se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey, con nivel de significancia $\alpha=0.05$), mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

7 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las variables estudiadas: viabilidad, latencia de semillas, temperaturas cardinales, germinación media (G50), velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación y germinación acumulada por intervalos de tiempo para cada una de las variedades estudiadas.

7.1 Viabilidad

La tinción que las semillas adquirieron después de sumergirlas durante tres horas en el cloruro de tetrazolio, nos permitió determinar si la semilla era viable o no. En general se consideró como semilla viable a aquella que presentaba coloración de un rosa claro hasta un rojo intenso y como no viable a aquella que no mostro tinción alguna (Moreno, 1984).

La prueba de viabilidad determinada mediante la prueba de cloruro de tetrazolio mostró los siguientes resultados: para la variedad Diamante 97 %, la Chapingo 89 %, la Tecozautla 90 % y para la Cerro Gordo el 86 % de viabilidad.

7.2 Latencia de semillas

González (2010), encontró que las variedades de tomate de cáscara Santa Catarina y Yoreme, presentan latencia, la cual fue eliminada mediante métodos físicos y químicos aplicados a las semillas. Los resultados de viabilidad y de porcentaje de germinación obtenidos de las semillas de las cuatro variedades estudiadas (Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo) sugieren que las semillas no presentan latencia ya que a temperaturas de 20 a 35 °C germinaron en promedio cerca de 92 % en el menor tiempo (Cuadro 3), por lo que no se requirió de tratamientos a temperaturas bajas (estratificación o “chilling”), para romper la latencia en caso de que ésta estuviera presente en las semillas. En este caso al incrementarse la temperatura, aumentó también el porcentaje de germinación (Rivera *et al.*, 1989).

Cuadro 3. Porcentaje de viabilidad y de germinación de semillas de *Physalis philadelphica* Lam. a temperatura cardinal óptima.

Variedad	Viabilidad (%)	Germinación a temperatura cardinal óptima (%)
Diamante	97	94.5
Chapingo	89	91.0
Tecozautla	90	93.0
Cerro Gordo	86	89.4

7.3 Variedad Diamante

7.3.1 Temperaturas cardinales de germinación

En la variedad Diamante se observaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de germinación obtenido en el intervalo de temperatura de 3 a 45 °C (Figura 14).

A las temperaturas de 3 y 5 °C, las semillas no germinaron. A 7, 9 y 45 °C, el porcentaje de germinación presentó los valores más bajos. La germinación inició a los 7 °C, la cual no fue significativamente diferente al porcentaje de germinación obtenido a los 9 °C, por lo que se considera al intervalo de temperatura de 7 a 9 °C como las temperaturas cardinales mínimas de germinación, mientras que a los 45 °C la consideramos como la temperatura cardinal máxima de germinación, debido a que también se observó un porcentaje de germinación mínimo (Figura 14).

En el intervalo de temperatura de los 15 a los 35 °C no se observaron diferencias estadísticas en el porcentaje de germinación para esta variedad. Sin embargo a 25 y 30 °C, la velocidad de germinación fue mayor que la de las temperaturas restantes (15, 20 y 35 °C). Por lo tanto, las temperaturas de 25 y 30 °C, se consideran como el intervalo de temperaturas cardinales óptimas de germinación (Figura14).

En resumen, para la variedad Diamante, a la temperatura cardinal mínima (7-9 °C) se obtuvo un 0.6 % de semillas germinadas, a temperatura cardinal óptima (25-30 °C) se obtuvo un promedio de 94.5 % y a la temperatura cardinal máxima (45°C) un 15.2 %.

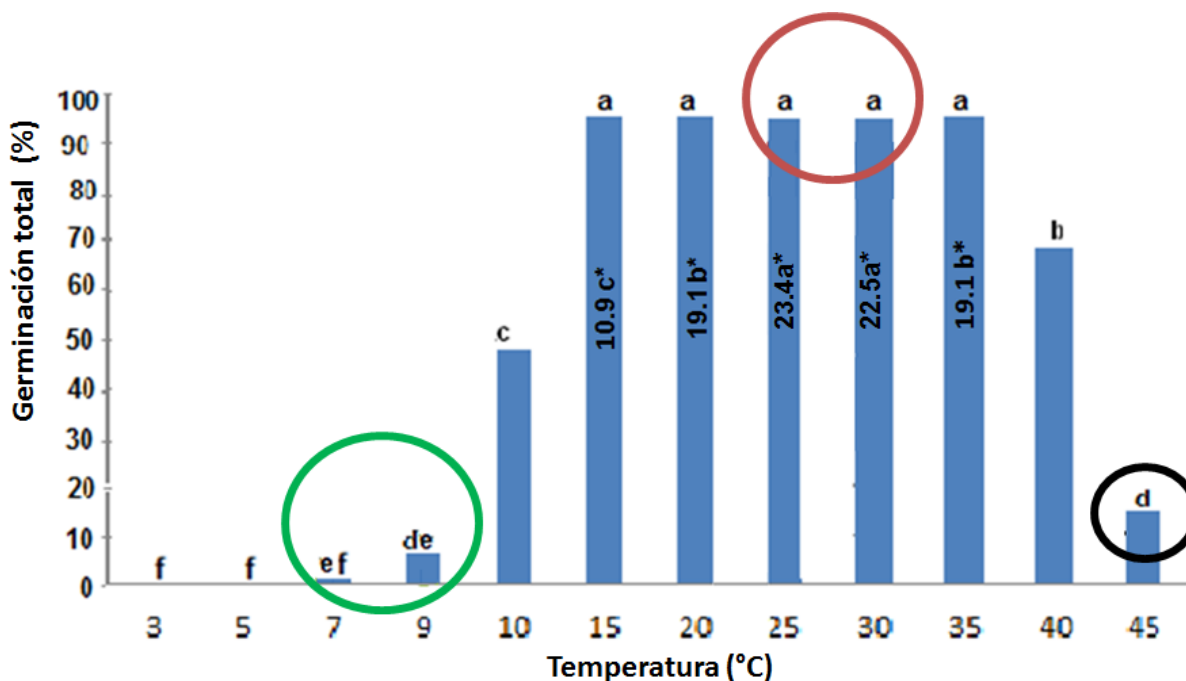


Figura 14. Porcentaje de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Diamante en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Letras diferentes sobre las barras, indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

7.3.2 Germinación media (G50)

La germinación media que corresponde al 50 % de semillas germinadas, no se manifestó a las temperaturas de 3, 5, 7, 9, y 45 °C, durante el tiempo que se llevó a cabo el experimento (25 días). La G50 se obtuvo a partir de los 10 °C al día 21 después de la imbibición de las semillas, para 15 °C ocurrió al día 5 y para las temperaturas de 20 a 35 °C, se alcanzó en promedio a los 2.6 días (Figura 15).

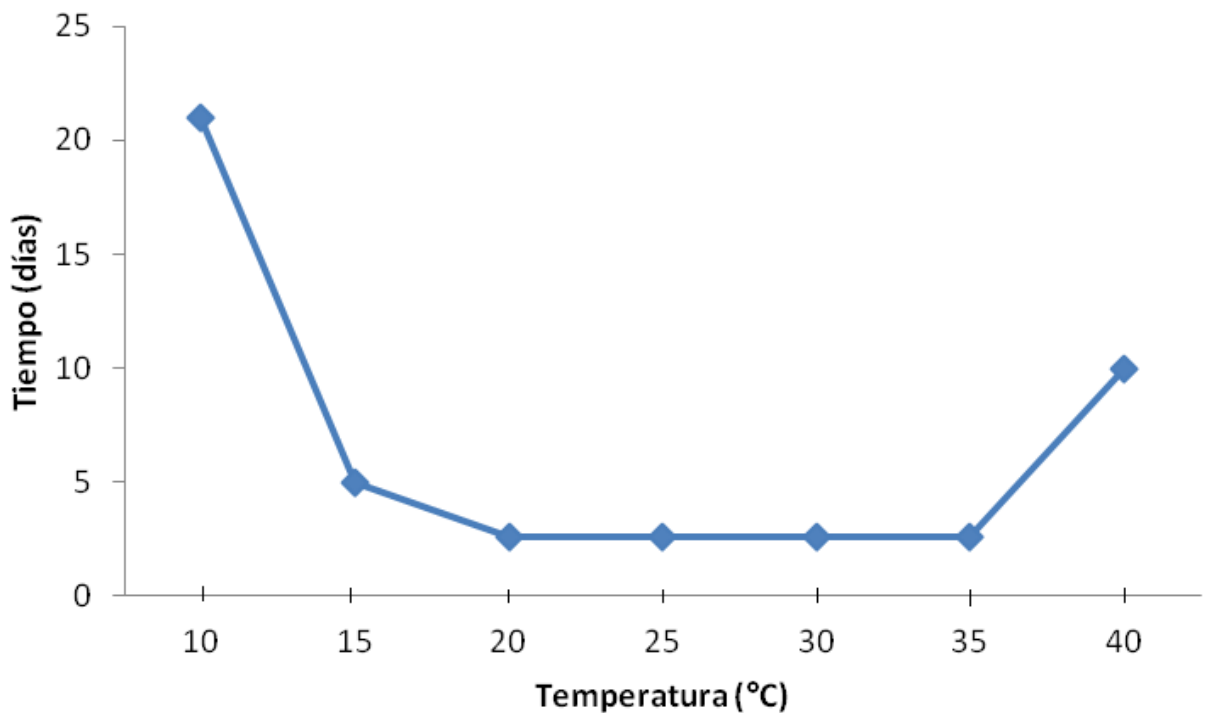


Figura 15. Germinación media (G50) para *P. philadelphica* Lam. var. Diamante.

7.3.3 Velocidad de germinación

Se observaron diferencias estadísticas significativas en la velocidad de germinación de las semillas en el intervalo de 9-45 °C (Figura 16).

La velocidad mínima de germinación se presentó a las temperaturas de 7, 9 y 45 °C, con un valor promedio de 0.12, 0.12 y 1.5 semillas germinadas por día, respectivamente (Figura 16).

Las velocidades máximas de germinación se observaron a 25 y 30 °C, con un promedio de 23 semillas germinadas por día (Figura 16).

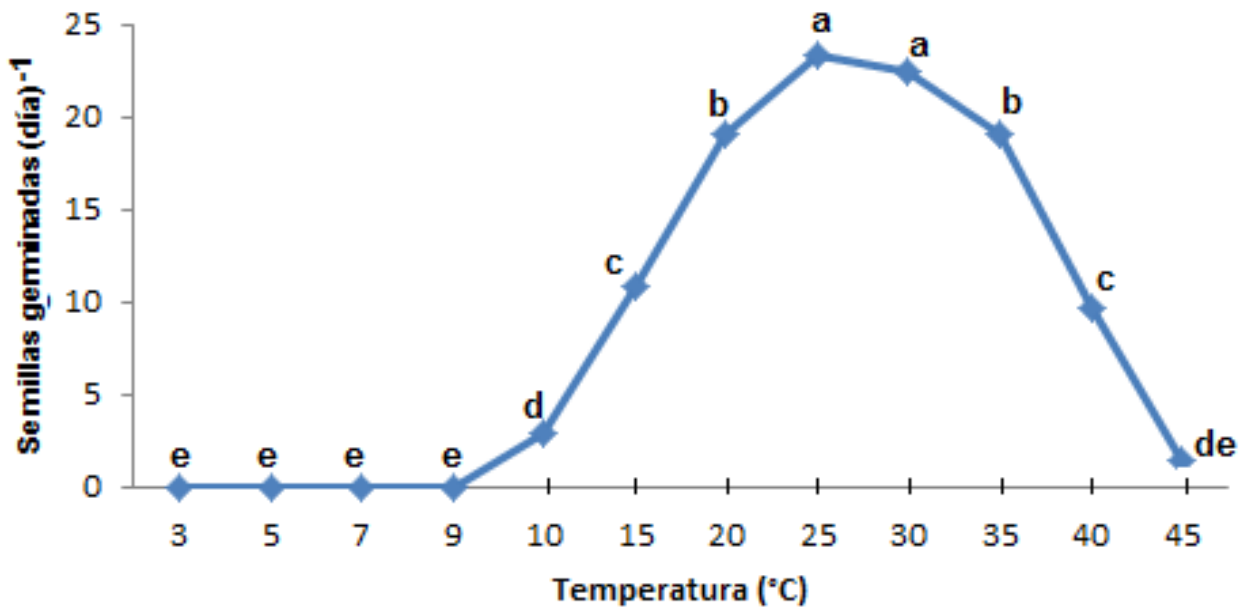


Figura 16. Velocidad de germinación para *P. philadelphia* Lam. var. Diamante. Las letras diferentes sobre la curva indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

7.3.4 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación fue variable con respecto a la temperatura a la cual germinaron las semillas.

El tiempo promedio más alto de germinación se presentó en el intervalo de la temperatura cardinal mínima (7-9 °C) cuyo valor fue de 23.8 días; mientras que, a la temperatura cardinal óptima (25-30 °C) el tiempo promedio de germinación fue de 4.6 días (Figura 17).

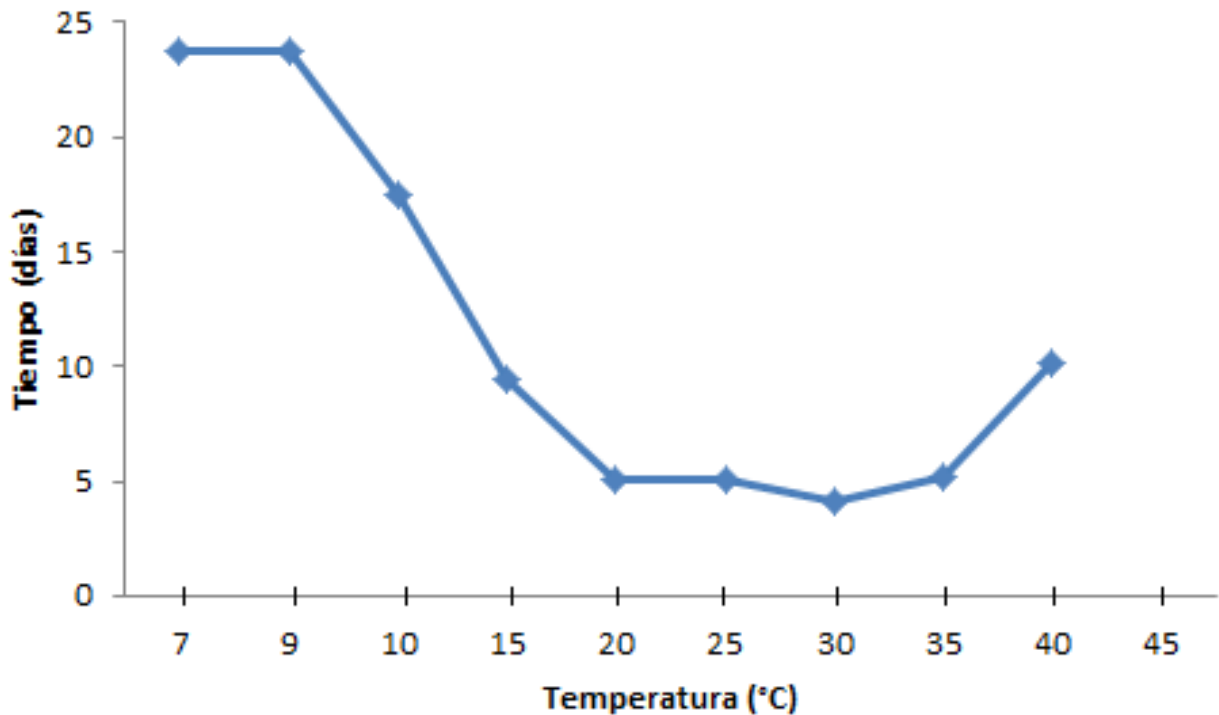


Figura 17. Tiempo promedio de germinación para *P. philadelphica* Lam. var. Diamante (Nota: a 45 °C no hay dato).

7.3.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Durante los primeros cinco días, el porcentaje de germinación acumulada más alto se observó a 20, 25, 30 y 35 °C, mientras que el porcentaje de germinación más bajo se presentó a 45 °C. A temperatura de 40 °C se observó un comportamiento intermedio de germinación (Figura 18).

Del día 6 al 10 el porcentaje de germinación acumulada se incrementó ligeramente a 25, 30 y 35 °C. Al sumar estos porcentajes y los que se alcanzaron en los primeros cinco días se obtuvo un valor muy cercano al total de semillas germinadas. Se registró un porcentaje cercano al total de germinación a 15 °C. A 20 y 25 °C se obtuvo el porcentaje de germinación máximo (96.6 y 95 %, respectivamente). Y aumento el porcentaje de germinación a 15, 40 y 45 °C (Figura 18).

Del día 11 al 15 continuó la germinación de las semillas a 40 y 45 °C, manteniendo la misma tendencia que en los intervalos de tiempo anteriores. Inició la germinación a 10 °C y a 30 °C se alcanzó el porcentaje máximo de germinación con un 94.8 % (Figura 18).

Del día 16 al 20 inicio la germinación de las semillas a 7 y 9 °C observándose el porcentaje más bajo de germinación para estas dos temperaturas. Continuó la germinación de las semillas a las temperaturas de 10 y 40 °C. Se alcanzó la máxima

acumulación de germinación de las semillas a la 15, 35 y 45 °C con un 94.8, 96.6 y un 15.2 % respectivamente (Figura 18).

Del día 21 al 25, se alcanzó la acumulación máxima de germinación a 7, 9, 10, y 40 °C, con un 0.6, 6.6, 49.8 y 68.8 % de semillas germinadas respectivamente (Figura 18).

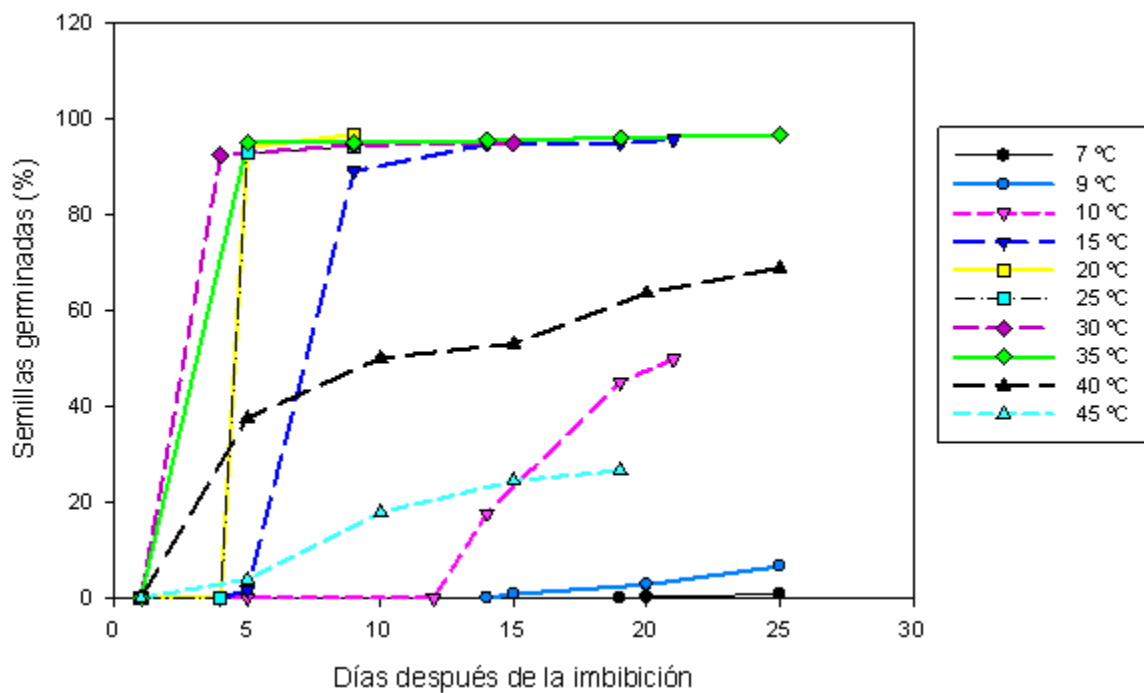


Figura 18. Germinación acumulada por intervalos de tiempo de *P. philadelphica* Lam. var. Diamante.

7.4 Variedad Chapingo

7.4.1 Temperaturas cardinales de germinación

En la variedad Chapingo se observaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de germinación, en el intervalo de temperaturas de 3 a 45 °C (Figura 19).

En el intervalo de los 3 a 7 °C, las semillas no germinaron. La germinación inició a 9 °C, a esta temperatura la germinación fue mínima, por esta razón se le consideró como la temperatura cardinal mínima de germinación, así como a 45 °C se le consideró como la temperatura cardinal máxima de germinación, debido a que también se observó un porcentaje de germinación mínimo (Figura 19).

En el intervalo de temperatura de los 15 a los 35 °C, no se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de semillas germinadas. Sin embargo, a 30 °C, la velocidad de germinación fue máxima con respecto a la registrada de 15-25 y 35 °C, por lo que a esta temperatura se le consideró como la temperatura cardinal óptima de germinación (Figura 19).

En resumen, para la variedad Chapingo a la temperatura cardinal mínima (9°C), se obtuvo un 0.2 % de semillas germinadas, a la temperatura cardinal óptima (30 °C)

germinó el 91 % y a la temperatura cardinal máxima (45 °C) germinó el 5.4 % (Figura 19).

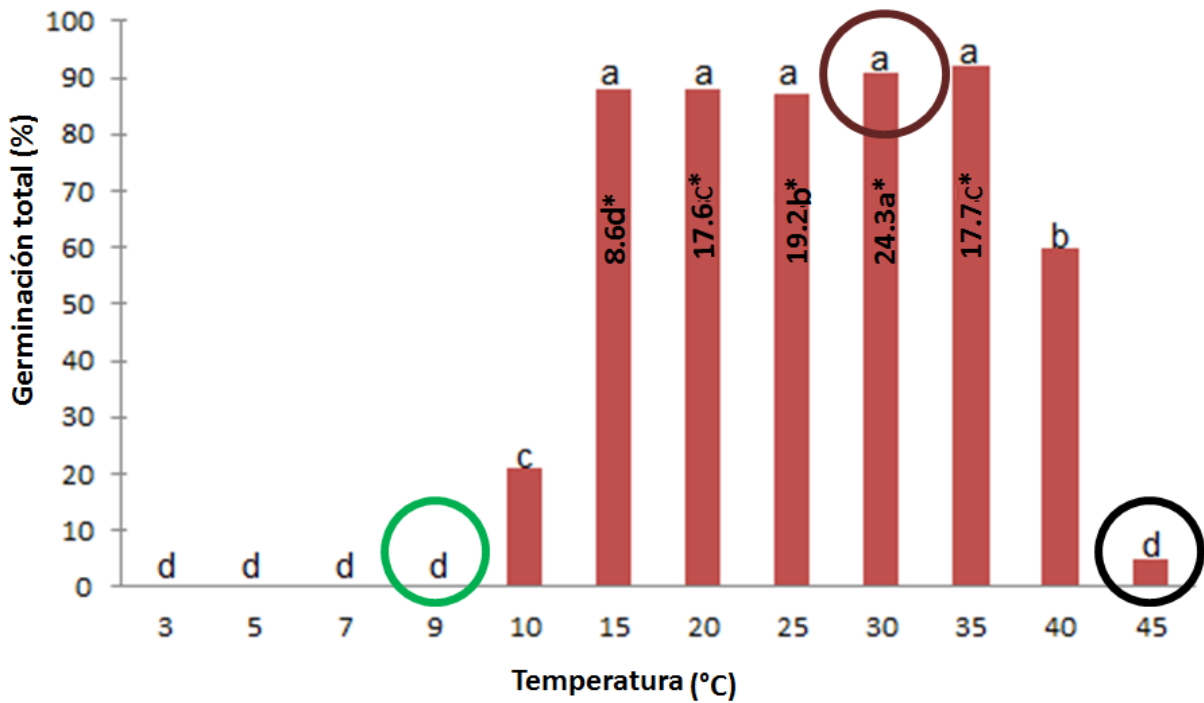


Figura 19. Porcentaje de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Chapingo, en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Letras diferentes sobre las barras, indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

7.4.2 Germinación media (G50)

La germinación media, que corresponde al 50 % de semillas germinadas no se alcanzó a las temperaturas de 3, 5, 7, 9, 10, y 45 °C, durante los 25 días que duró el experimento. La G50 se obtuvo a partir de 15 °C en un tiempo de 9 días después de la imbibición de las semillas, para el intervalo de 20 a 35 °C en promedio a los 3 días y a 40 °C la germinación media se manifestó a los 15 días (Figura 20).

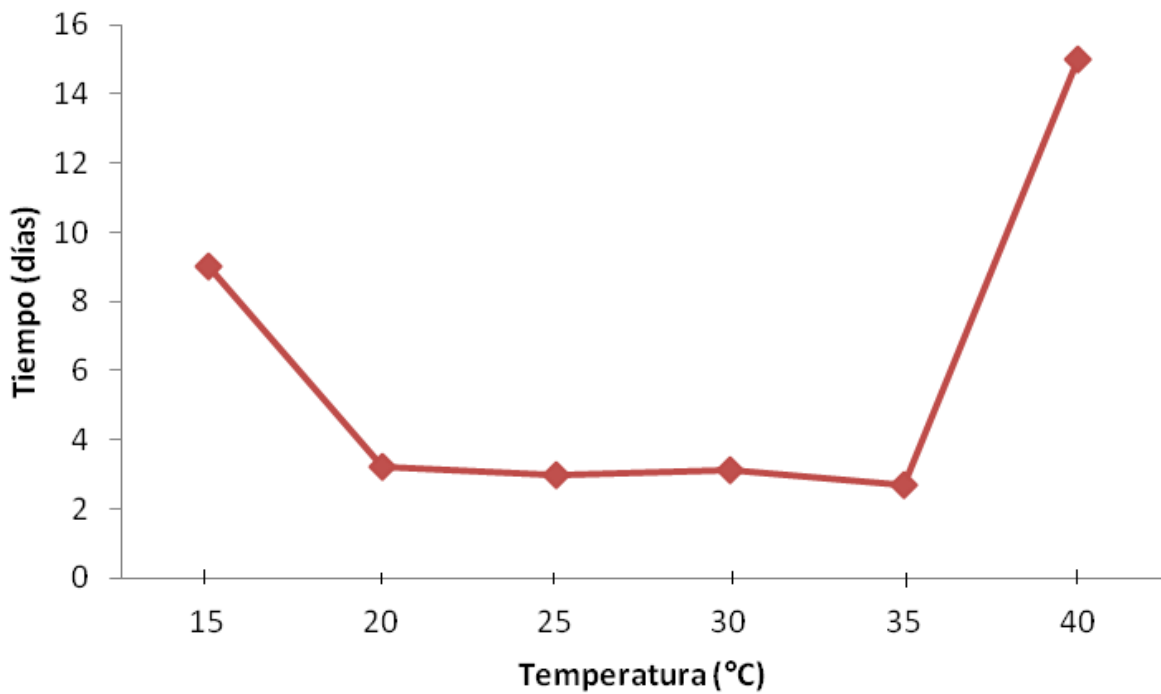


Figura 20. Germinación media (G50) de *P. philadelphica* Lam. var. Chapingo.

7.4.3 Velocidad de germinación

Existen diferencias estadísticas en la velocidad de germinación de las semillas a las temperaturas evaluadas. Las velocidades mínimas de germinación se observaron a los 9,10 y 45 °C, con un 0.04,1.2 y 0.65 semillas germinadas por día respectivamente. La velocidad máxima de germinación ocurrió a los 30 °C con 23.6 semillas germinadas por día (Figura 21).

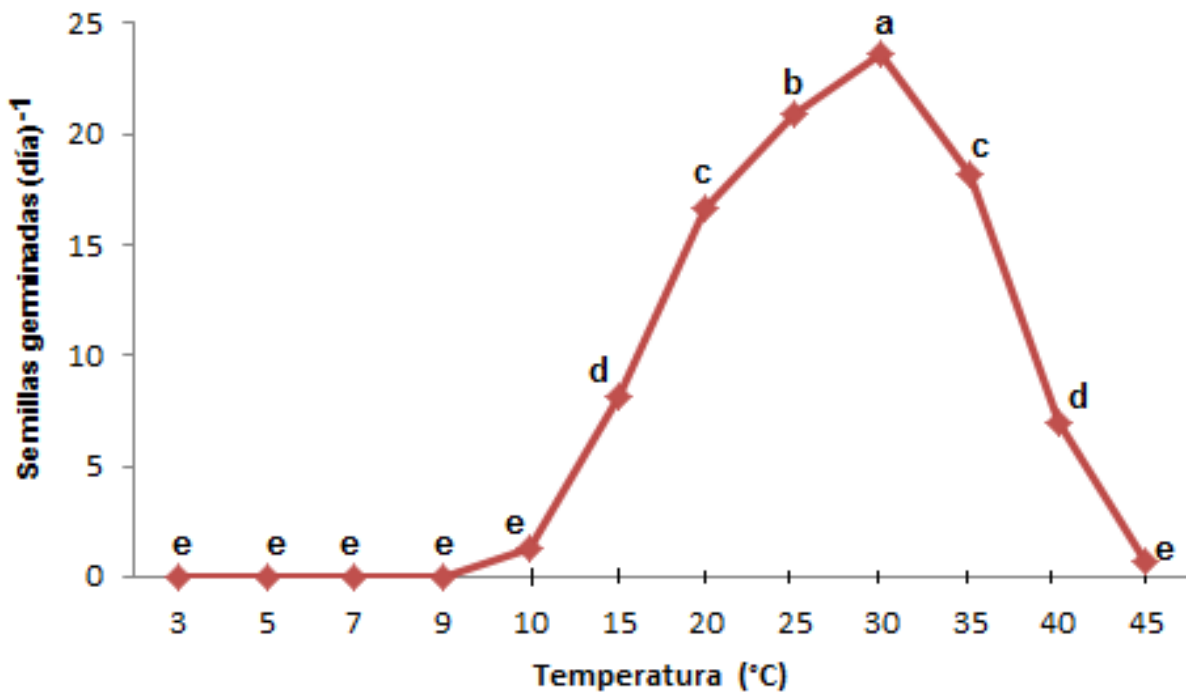


Figura 21. Velocidad de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Chapingo. Letras diferentes sobre la curva indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

7.4.4 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación fue variable con respecto a la temperatura. El valor más alto se registró en el intervalo de 7-9 °C, en promedio se requirieron 25 días, a 15, 40 y 45 °C, el tiempo promedio fue de 11 días, y de 20 a 30 °C se requirió de 4.9 días (Figura 22).

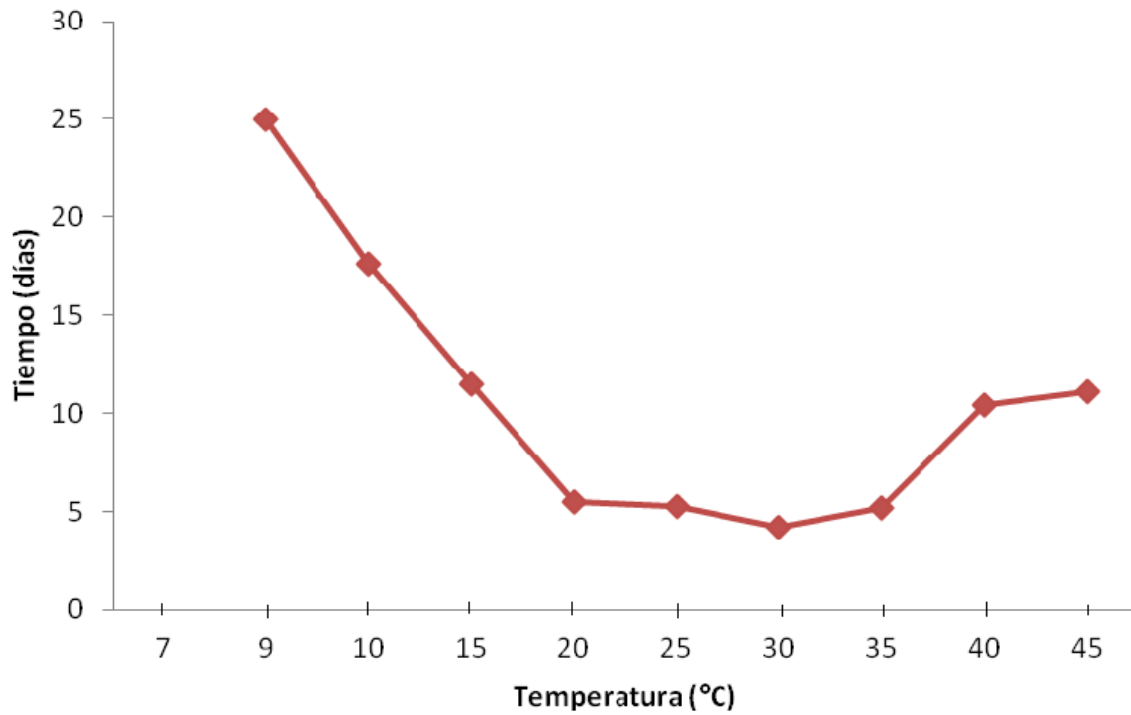


Figura 22. Tiempo promedio de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Chapingo.

7.4.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Durante los primeros cinco días, el porcentaje de germinación acumulada más alto se observó en las temperaturas de 20, 25, 30 y 35 °C; mientras que el porcentaje de germinación más bajo se presentó a 9, 40 y 45 °C (Figura 23).

Del día 6 al 10 se presentó un ligero aumento en la germinación acumulada para las temperaturas de 20, 25, 30 y 35 °C, mientras que el incremento fue más pronunciado para 15 y 40 °C. En este periodo a los 25 y 30 °C se alcanzó el máximo porcentaje de germinación. Por otro lado, dio inicio la germinación de las semillas a 10 °C (Figura 23).

En el periodo de los 11 a los 15 días, a la temperatura de 10, 15 y 40 °C, continuó la misma tendencia de germinación que en el intervalo anterior y se alcanzó la germinación máxima para 20 °C (87.8 %).

Del día 16 al 20 continuó la misma tendencia de germinación para las temperaturas de 10, 15 y 40 °C que en el intervalo anterior y se alcanzó la máxima acumulación de la germinación (5.4 %) para la temperatura de 45 °C (Figura 23).

Del día 21 al 25, inició y finalizó la germinación para la temperatura de 9 °C observándose el porcentaje de germinación acumulada más bajo (0.02 %). Además,

se alcanzó el máximo porcentaje de germinación acumulada para las temperaturas de 10, 15, 35 y 40 °C, con un 21.2, 87.8, 92.2 y 60.4 %, respectivamente.

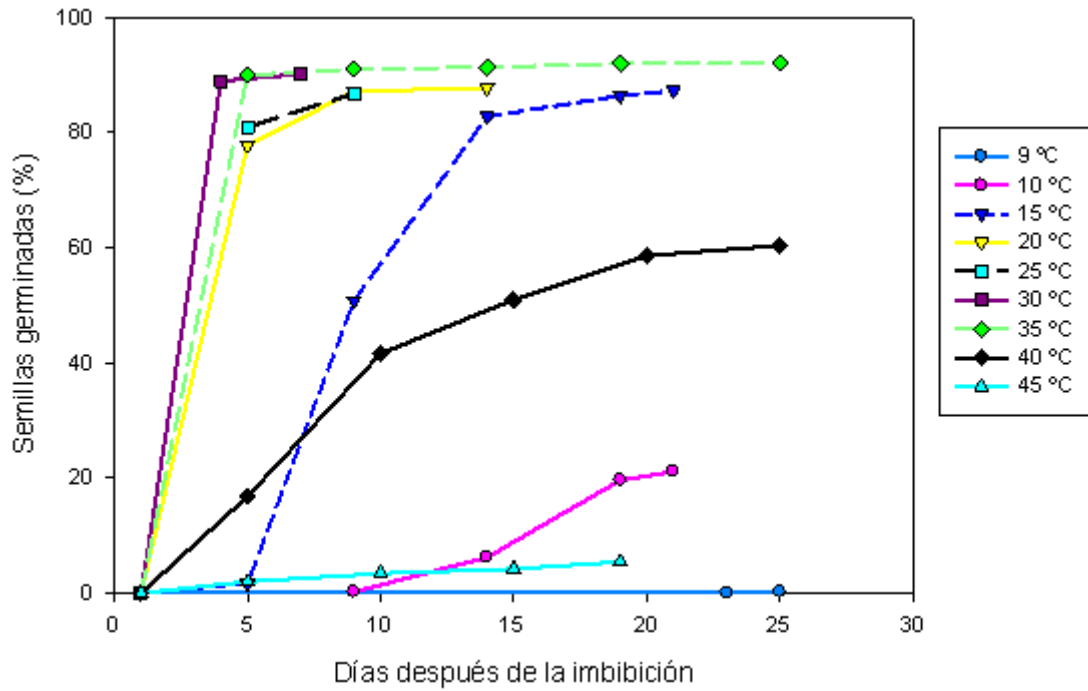


Figura 23. Germinación acumulada por intervalos de tiempo de *P. philadelphica* Lam. var. Chapingo.

7.5 Variedad Tecozautla

7.5.1 Temperaturas cardinales de germinación

En la variedad Tecozautla, se observaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de germinación, en el intervalo de temperaturas de los 3 a los 45 °C (Figura 24).

En el intervalo de temperatura de los 3 a 5 °C, las semillas no germinaron. La germinación inició a los 7 °C. No se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de germinación a 7, 9 y 10 °C, por lo tanto, a este intervalo de temperaturas se le consideró como las temperaturas cardinales mínimas de germinación. Así como a 45 °C se le consideró como la temperatura cardinal máxima de germinación debido a que también se observó un porcentaje mínimo de germinación (Figura 24).

A la temperatura de 30 y 35 °C se presentaron los valores máximos del porcentaje de germinación. Sin embargo, la velocidad máxima de germinación se registró a 30 °C, por lo que a esta temperatura se le consideró como la temperatura cardinal óptima de germinación (Figura 24).

En resumen para la variedad Tecozautla a la temperatura cardinal mínima (7-10 °C) se obtuvo un 0.4 % de semillas germinadas, a temperatura cardinal óptima (30 °C) se

obtuvo un promedio de 93 % y a la temperatura cardinal máxima (45 °C) germinó el 3.4 % (Figura 24).

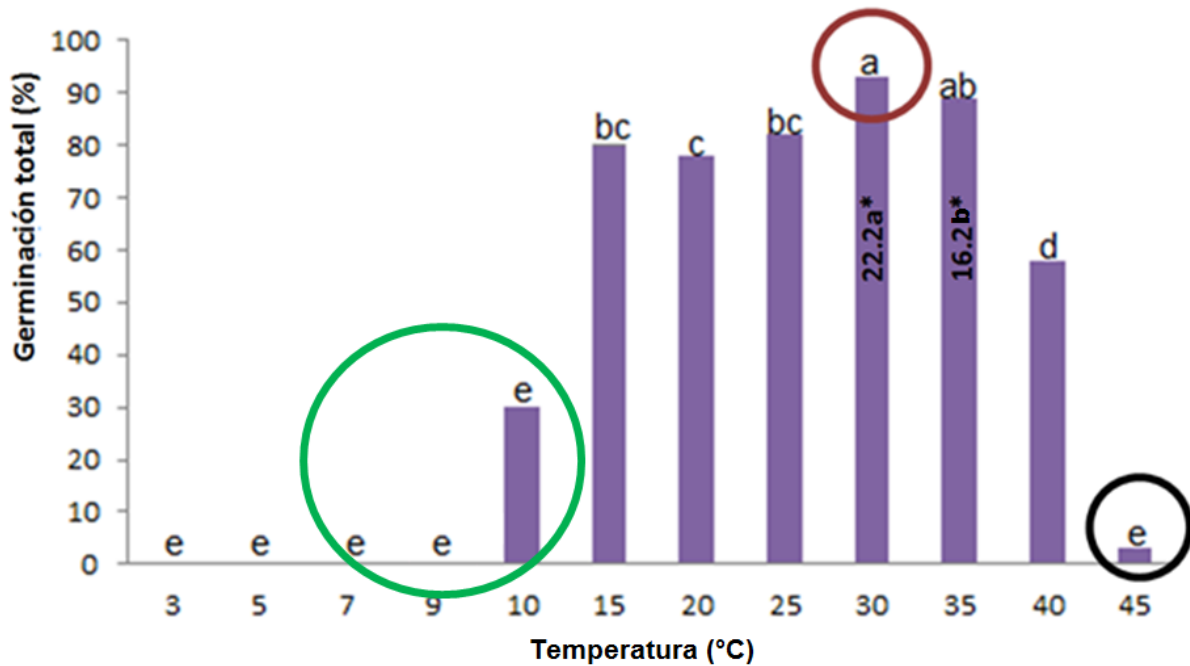


Figura 24. Porcentaje de germinación de *P. philadelphica* Lam. Var. Tecozautla en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

7.5.2 Germinación media (G50)

La germinación media que corresponde al 50 % de semillas germinadas, no se alcanzó a temperaturas de 3, 5, 7, 9 y 45 °C, durante el tiempo en que se realizó el experimento (25 días). La G50 se expresó a 15 °C a los 12 días después de la imbibición de las semillas, para el intervalo de temperaturas de los 20 a los 35 °C ocurrió en promedio a los 3.7 días y para la temperatura de 40 °C se alcanzó a los 12.8 días después de la imbibición de las semillas (Figura 25).

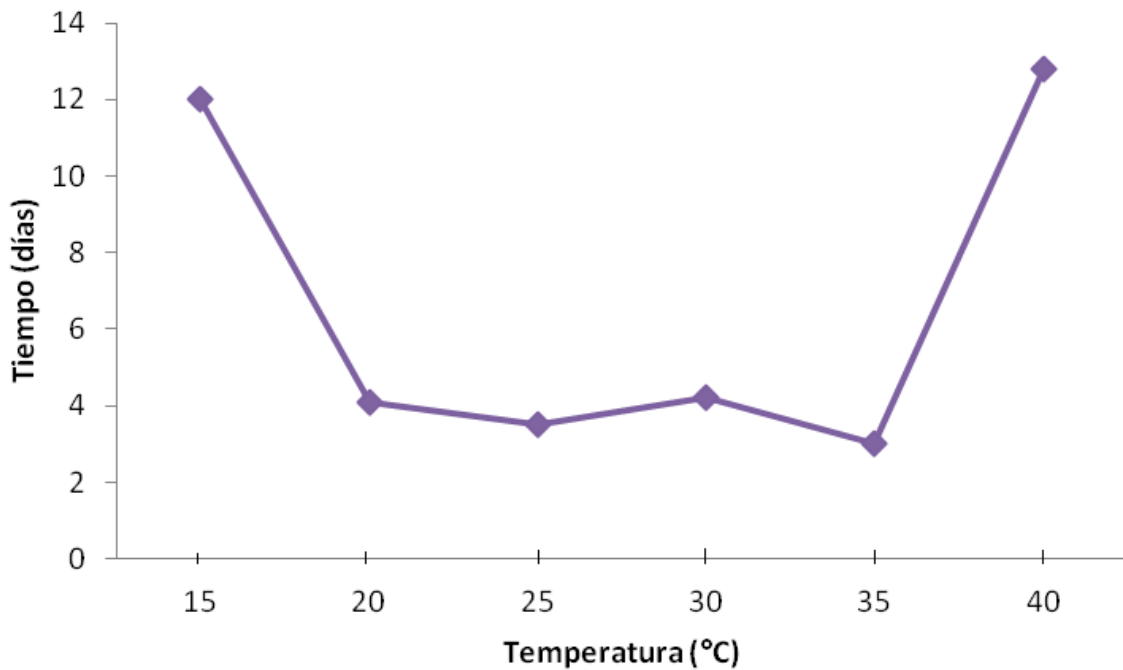


Figura 25. Germinación media (G50) de *P. philadelphica* Lam. var. Tecozautla.

7.5.3 Velocidad de germinación

Se observaron diferencias estadísticas significativas en la velocidad de germinación de las semillas en las temperaturas evaluadas. Las velocidades mínimas de germinación se registraron a 7, 9, 10 y 45 °C con un valor promedio de 0.04, 0.2, 1.8 y 0.4 semillas germinadas por día respectivamente (Figura 26). La velocidad máxima de germinación se presentó a los 30 °C con 21.8 semillas germinadas por día (Figura 26).

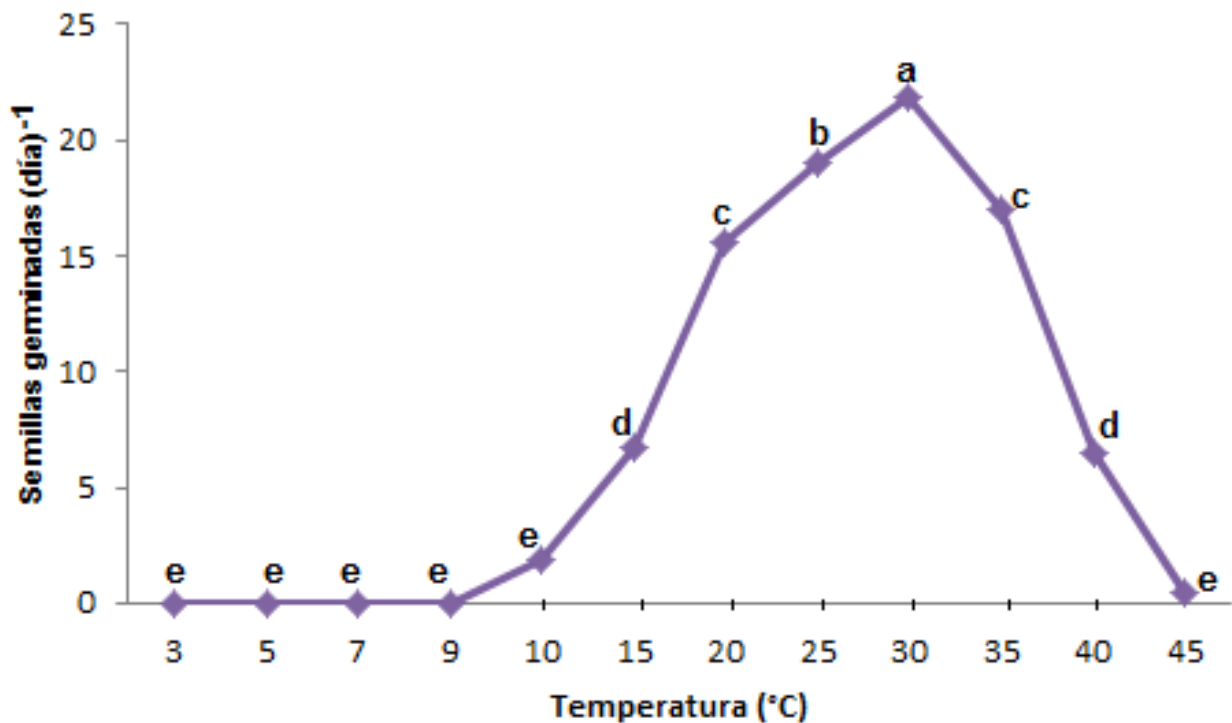


Figura 26. Velocidad de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Tecozautla. Las letras diferentes sobre la curva indican diferencia significativa ($\alpha=0.05$).

7.5.4 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación fue variable dependiendo de la temperatura. El valor mas alto se obtuvo a la temperatura de 9 °C al día 25. A 10 y 15 °C, el tiempo promedio de germinación ocurrió a los 16.2 y 12.9 días respectivamente. En el intervalo de 20 a 35 °C, en promedio ocurrio a los 5.2 días y para las temperaturas de 40 y 45 °C el tiempo promedio fue de 10.4 días (Figura 27).

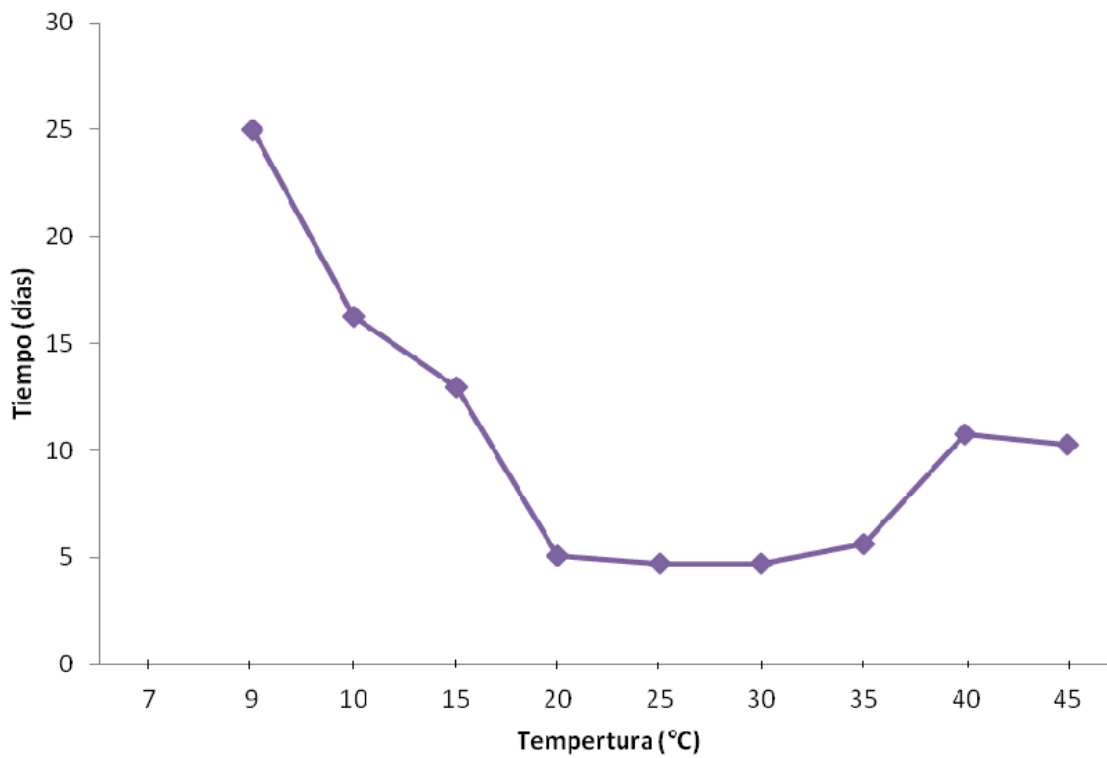


Figura 27. Tiempo promedio de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Tecozautla.

7.5.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Durante los primeros cinco días, la máxima germinación acumulada se observó en las temperaturas de 20, 25, 30 y 35 °C; mientras que la germinación acumulada más baja se presentó en las temperaturas de 40 y 45 °C (Figura 28).

Del día 6 al 10 se observó un ligero incremento en el porcentaje de germinación acumulada 20, 25, 30 y 35 °C. En este periodo inició la germinación a 15 °C. (Figura 28).

Del día 11 al 15 no hubo mucha diferencia en el incremento en la acumulación del porcentaje de germinación a 20, 25, 30 y 35 °C; mientras que a 10 y 15 °C el incremento en la acumulación de la germinación fue más evidente. A 25 °C se observó la máxima germinación acumulada con un 82 % de semillas germinadas (Figura 28).

Del día 16 al 20 inició la germinación a 7 y 9 °C, en este periodo de tiempo hubo un ligero incremento en el número de semillas germinadas a 45 °C. Se cuantificó el máximo porcentaje de germinación acumulada para las temperaturas de 20, 30 y 45 °C, con un 77.6, 93 y 3.4 %, respectivamente (Figura 28).

En el intervalo del día 21 al 25, se obtuvo el máximo porcentaje de germinación acumulada para 7, 9, 10, 15 y 40 °C con un 0.2, 0.4, 21.2, 79.8 y 58.4 %, respectivamente.

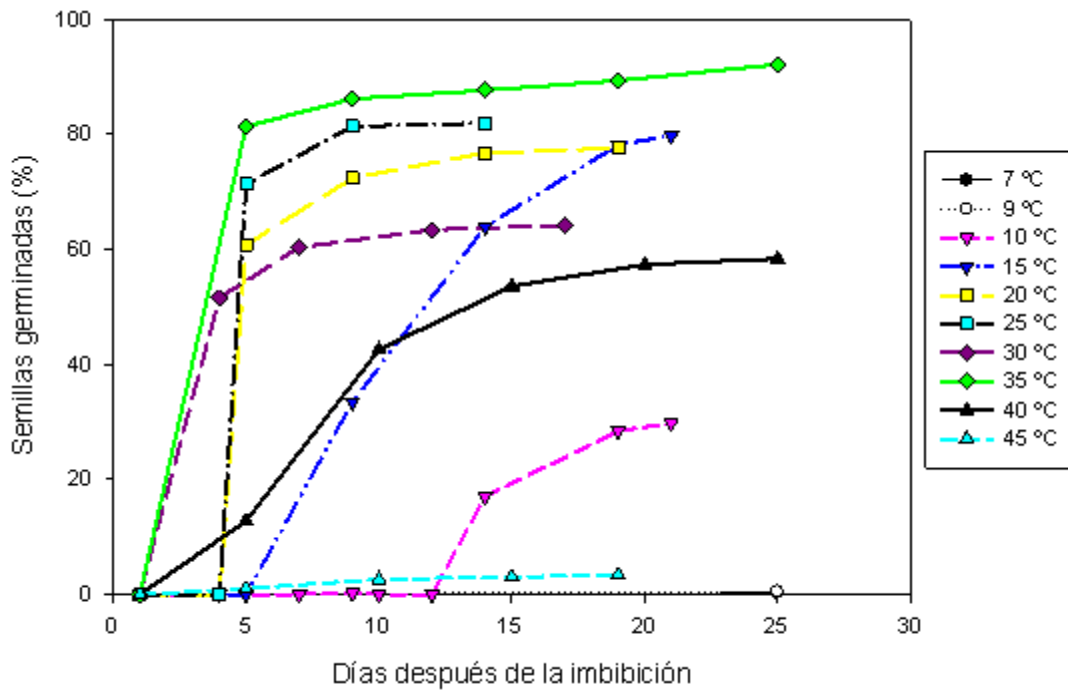


Figura 28. Germinación acumulada por intervalos de tiempo de *P. philadelphica* Lam. var. Tecozautla.

7.6 Variedad Cerro Gordo

7.6.1 Temperaturas cardinales de germinación

En la variedad Cerro Gordo, se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de germinación de los 3 a 45 °C (Figura 29).

En el intervalo de 3 a 9 °C, las semillas no germinaron. La germinación inició a 10 °C, temperatura a la cual se registró el mínimo porcentaje de germinación, al igual que se registró a 45 °C, por esta razón estas temperaturas se consideraron como las temperaturas cardinales mínima y máxima de germinación, respectivamente (Figura 29).

En el intervalo de 20 a 35 °C, no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de semillas germinadas, sin embargo, en la velocidad de germinación si hubo diferencias estadísticas significativas en el intervalo de 25 a 30 °C, por lo que a este intervalo se le consideró como las temperaturas cardinales óptima de germinación (Figura 29).

En resumen, en la variedad Cerro Gordo a la temperatura cardinal mínima (10 °C), se obtuvo un 3.2 % de semillas germinadas; a las temperaturas cardinales óptimas (25-30 °C) germinó el 88 % y a la temperatura cardinal máxima (45 °C) germinó un 0.48 % de las semillas (Figura 29).

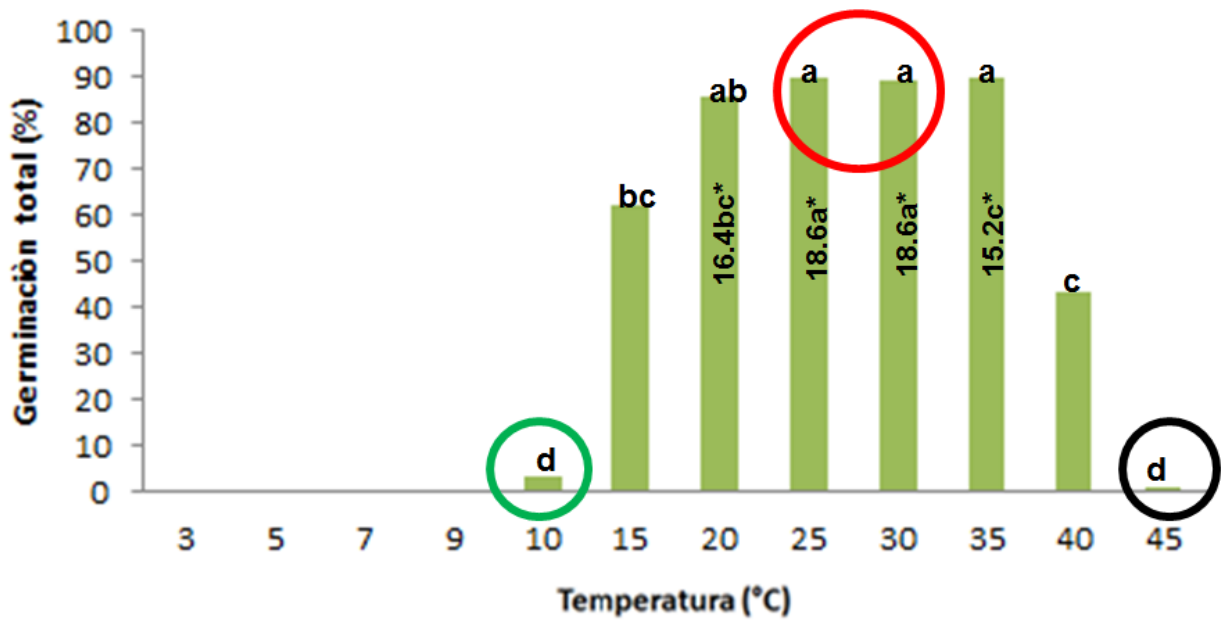


Figura 29. Porcentaje de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Cerro Gordo en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro). Los números dentro de las barras indican la velocidad de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

7.6.2 Germinación media (G50)

La germinación media no se alcanzó en las temperaturas de 3, 5, 7, 9, 10, 40 y 45 °C, durante el tiempo que duró el experimento (25 días). La G50 se manifestó a partir de los 15 °C, en un tiempo de 19.5 días después de la imbibición, a 20 °C en 3.1 días, a 25 °C a los 7 días, a 30 °C a los 10.1 días y a 35 °C a los 4 días después de la imbibición (Figura 30).

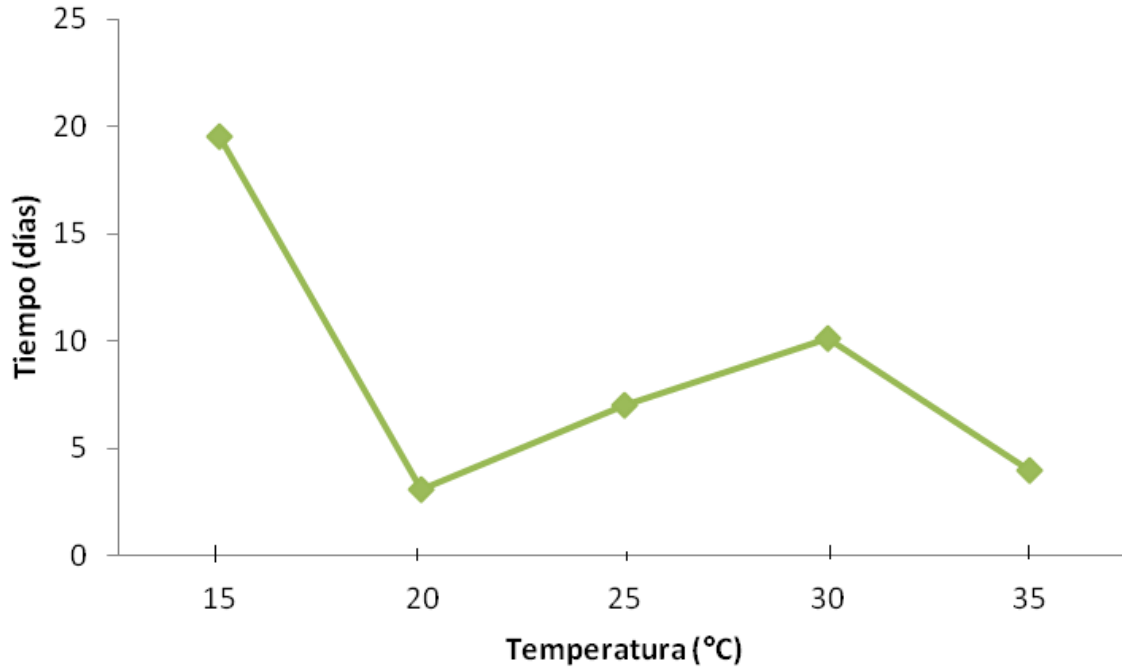


Figura 30. Germinación media (G50) para *P. philadelphica* Lam. var. Cerro Gordo.

7.6.3 Velocidad de germinación

Existen diferencias significativas en la velocidad de germinación de las semillas a las temperaturas evaluadas. La velocidad mínima de germinación se observó a los 10 °C con un 0.1 semillas germinadas por día, a 15 °C germinaron 3 semillas por día. La velocidad máxima de germinación se observó a los 20, 25 y 30 °C, con un promedio de 18.6 semillas germinadas por día (Figura 31).

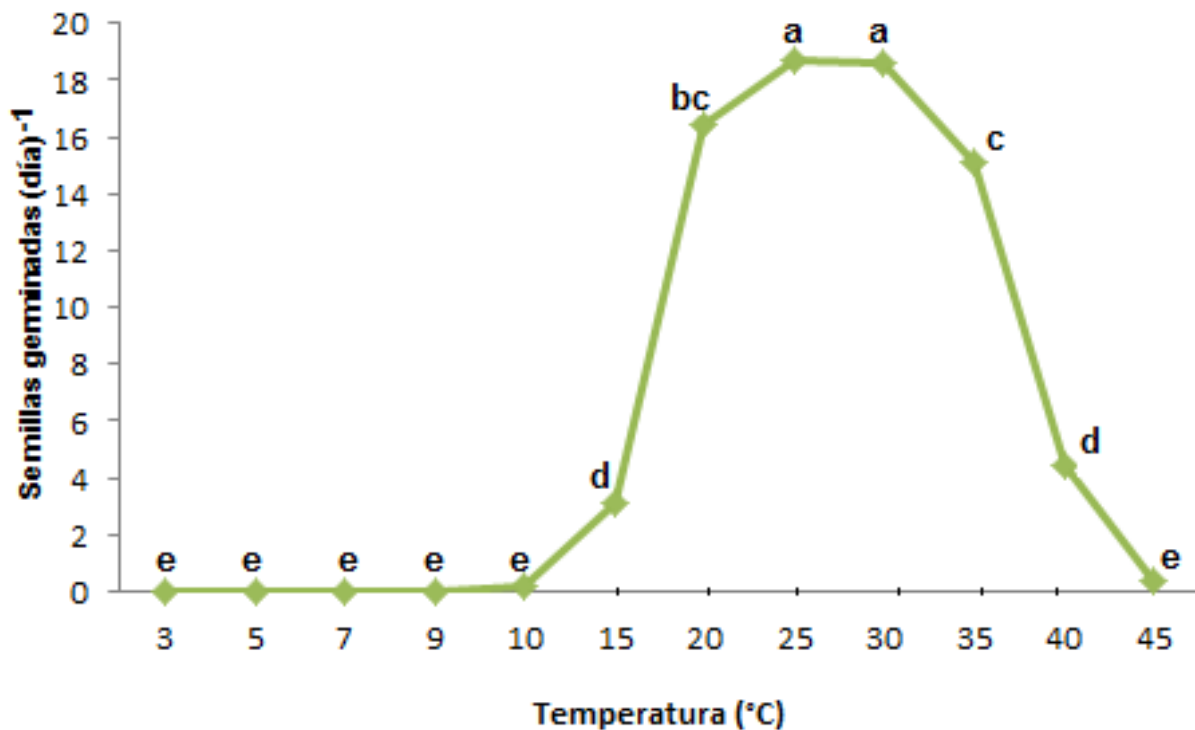


Figura 31. Velocidad de germinación para *P. philadelphica* Lam.var. Cerro Gordo. Las letras diferentes sobre la curva indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

7.6.4 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación fue variable dependiendo de la temperatura. El mayor tiempo se registró a 10 y 15 °C en las que se requirió de 20.8 y 19 días respectivamente, y el menor tiempo fue a 20 °C, en el cual se requirieron 5.6 días, a 30 y 35 °C el promedio fue de 6 días, mientras que a 40 °C fue de 13.7 días y para 45 °C, fue de 6.6 días (Figura 32).

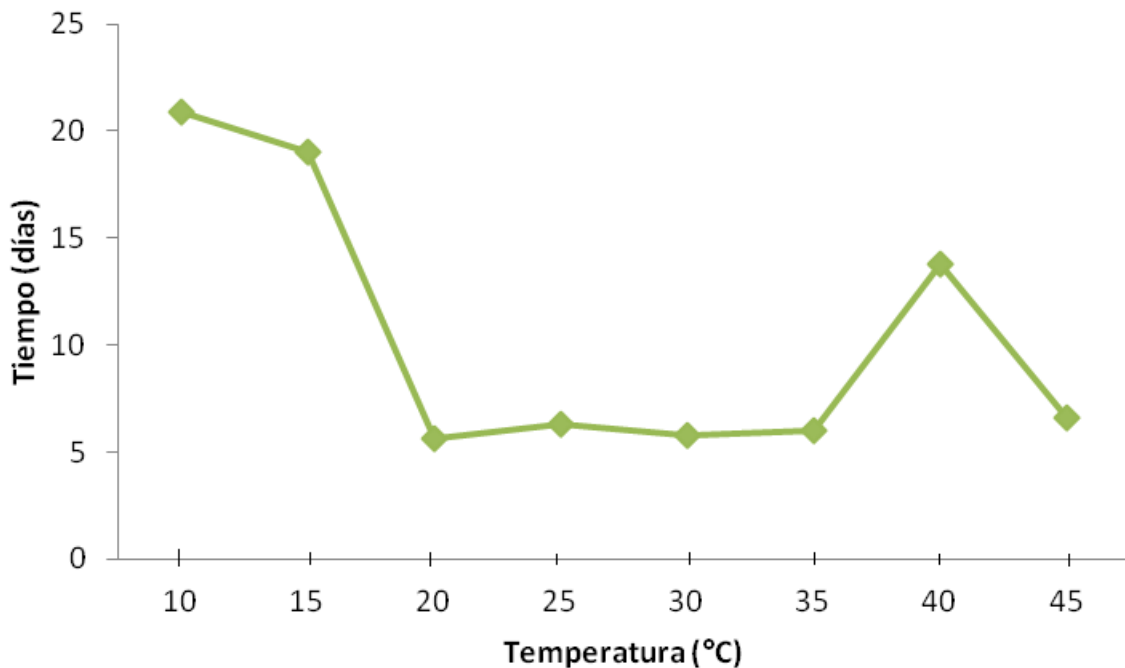


Figura 32. Tiempo promedio de germinación de *P. philadelphica* Lam. var. Cerro Gordo.

7.6.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Durante los primeros cinco días, la máxima germinación acumulada se observó a 20, 30 y 35 °C; mientras que el porcentaje de germinación acumulada más bajo se presentó a 10 y 45 °C (Figura 33)

En el periodo del día 6 al 10 se incrementó ligeramente el porcentaje de germinación a 20, 40 y 45 °C, mientras que a 25 °C se observó un notable aumento de la germinación (Figura 33).

Del día 11 al 15, inició la germinación de las semillas a 10 y 15 °C Se observó un ligero incremento de la germinación a 20, 25, 30 y 35 °C; y para 40 °C, la germinación aumentó considerablemente (Figura 33).

Del día 16 al 20 la germinación acumulada aumentó notablemente a 15 °C y se alcanzó el porcentaje máximo de germinación a 25 °C con 78.4 % y 30 °C con un 88.8 % de las semillas germinadas (Figura 33).

En el periodo del día 21 al 25, se obtuvo la máxima germinación acumulada para las temperaturas de 10, 15, 20, 35 y 40 °C con un 3.2, 61.6, 85.8, 89.2 y 43.2 %, respectivamente (Figura 33).

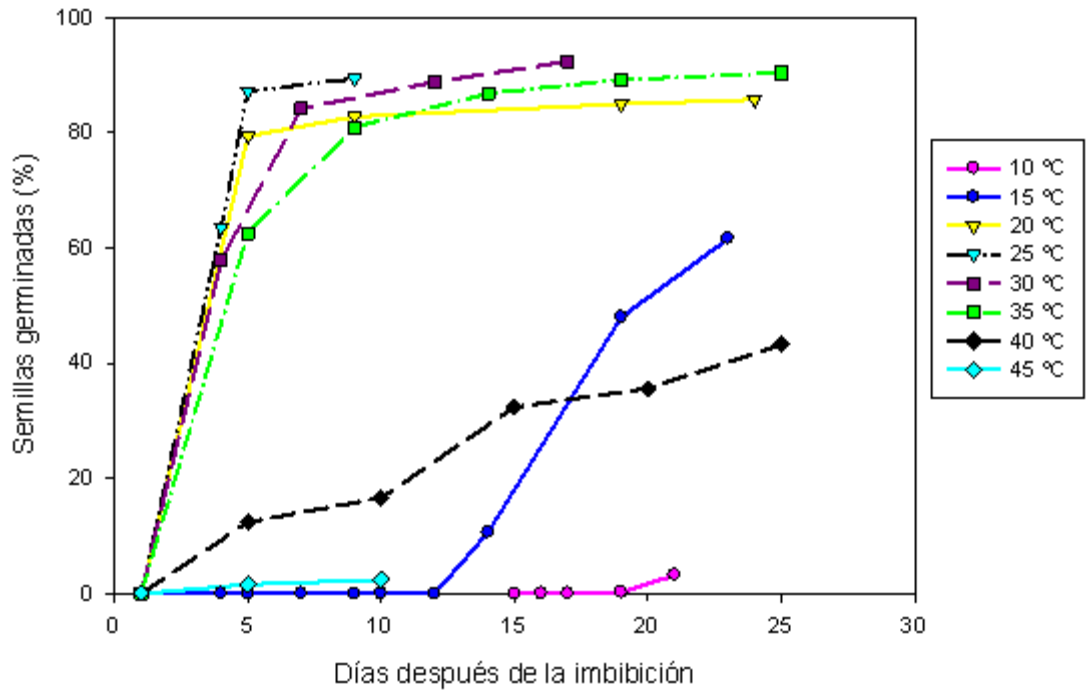


Figura 33. Germinación acumulada de *P. philadelphica* Lam. var. Cerro Gordo.

7.7 Comparación entre variedades

7.7.1 Temperaturas cardinales de germinación

En el Cuadro 4 se hace una comparación de las temperaturas cardinales de germinación entre las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de *P. philadelphica* Lam.

Cuadro 4. Temperaturas cardinales de germinación entre variedades

Variedad	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Diamante	7-9	25-30	45
Chapingo	9	30	45
Tecozautla	7-10	30	45
Cerro Gordo	10	25-30	45

La temperatura cardinal mínima de germinación para la variedad Diamante se registró en el intervalo de 7 a 9 °C, para Chapingo a 9 °C, para Tecozautla en el intervalo de 7 a 10°C y para la variedad Cerro Gordo a 10 °C.

La temperatura cardinal óptima de germinación para la variedad Diamante y Cerro Gordo fue de 25-30 °C, para Chapingo y Tecozautla a 30 °C, lo que indica que las variedades Diamante y Cerro Gordo tienen un intervalo de temperatura cardinal óptima de germinación más amplio comparado con la temperatura cardinal óptima

para Chapingo y Tecozautla. La temperatura cardinal máxima para las cuatro variedades se estimó a los 45 °C.

7.7.2 Germinación media (G50)

La germinación media, no se alcanzó para ninguna variedad de los 3 a los 9 °C. La G50 se expresó entre el límite de 10 °C a los 40 °C en la variedad Diamante; mientras que este parámetro se alcanzó en límite de los 15 a los 40 °C para las variedades Chapingo y Tecozautla, y en la variedad Cerro Gordo en límite de 15 a los 35 °C (Cuadro 5).

Cuadro 5. Límites de temperatura entre los cuales se expresó la germinación media para las cuatro variedades de *P. philadelphica* Lam.

Variedad	Germinación media (G50)	
	Temperatura (°C)	
	Límite inferior	Límite superior
Diamante	10	40
Chapingo	15	40
Tecozautla	15	40
Cerro Gordo	15	35

En la variedad Diamante se observó el intervalo mas amplio de temperatura a la cual se expresa la G50, respecto a las variedades Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo.

7.7.3 Velocidad de germinación

Los valores más bajos observados en la velocidad de germinación (menor número de semillas germinadas por día) fueron a la temperatura de 7 °C para la variedad Diamante y Tecozautla, a 9 °C para Chapingo y a 10 °C para Cerro Gordo, así como a 45 °C en las cuatro variedades. Los valores más altos (mayor número de semillas germinadas por día) se obtuvieron en el intervalo de 25 a 30 °C en las variedades Diamante y Cerro Gordo; y a 30 °C para las variedades Chapingo y Tecozautla (Cuadro 6).

Cuadro 6. Velocidad de germinación en las cuatro variedades de *P. hiladelphica* Lam.

Variedad	Número de semillas germinadas por día									
	Temperatura (°C)									
	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45
Diamante	0.03	0.06	2.9	10.9	19.1	23.4	22.5	19.1	9.7	1.5
Chapingo	-	0.04	1.2	8.1	16.6	20.9	23.6	18.2	6.9	0.7
Tecozautla	0.04	0.01	1.8	6.7	13.8	19.0	21.8	17.0	6.5	0.4
Cerro Gordo	-	-	0.2	3.1	16.4	18.7	18.6	15.2	4.4	0.4

7.7.4 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación (en días), a partir de la imbibición de las semillas hasta alcanzar el total de semillas germinadas fue diferente dependiendo de la temperatura a la cual se sometieron las semillas (Cuadro 7).

Para la variedad Diamante, el mayor número de días que se registraron fue en el intervalo de temperatura de 7-9 °C, en el que se requirieron de 23.7 días, a 10 °C 14.4 días, a 15 °C 9.4 días, en el intervalo de 20 a 35 °C en promedio de 4.8 días y a 40 °C 10.1 días, tiempo registrado a partir de la imbibición de las semillas (Cuadro 7).

En la variedad Chapingo a 7 y 9 °C se registraron 25 días, a 10 °C 17.4 días, a 15 °C 11.4 días, en el intervalo de 20 a 35 °C un promedio de 5 días y a 40 y 45 °C un promedio de 10.7 días (Cuadro 7).

En la variedad Tecozautla a 9 °C se requirieron 25 días, a 10 °C 16.2 días, a 15 °C 12.9 días, en el intervalo de 20 a 35 °C en promedio 5.3 días y a 40 y 45 °C un promedio de 10.4 días (Cuadro 7).

Para la variedad Cerro Gordo a 10 °C se requirió de 20.9 días, a 15 °C 19 días, en el intervalo de 20 a 35 °C un promedio de 5.8 días, a 40 °C 13.7 días y a 45 °C 6.6 días (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tiempo promedio de germinación (en días) para las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de *P. philadelphica* Lam

Variedad	Tiempo promedio de germinación (Días)									
	Temperatura (°C)									
	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45
Diamante	23.7	23.7	17.4	9.4	5.3	5	4	5.2	10.1	+
Chapingo	25	25	17.6	11.4	5.4	5.2	4.1	5.2	10.4	11.1
Tecozautla	-	25	16.2	12.9	5	5.8	4.9	5.6	10.7	10.2
Cerro Gordo	-	-	20.9	19	5.6	6.2	5.7	6	13.7	6.6

+ Dato perdido

7.7.5 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Para este punto se hizo una comparación de la germinación acumulada solamente entre las temperaturas de 25 y 30 °C, por ser aquellas en las que se alcanzó el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo. Estas temperaturas se tratarán de manera separada.

La mejor variedad a la temperatura de 25 °C es Diamante, ya que se acumuló el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo, seguida de la variedad Chapingo, Tecozautla y por último Cerro Gordo (Figura 35).

La mejor variedad a la temperatura de 30 °C es Diamante, ya que a dicha temperatura se acumuló el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo, seguida de la variedad Chapingo, Cerro Gordo y por último la variedad Tecozautla (Figura 36).

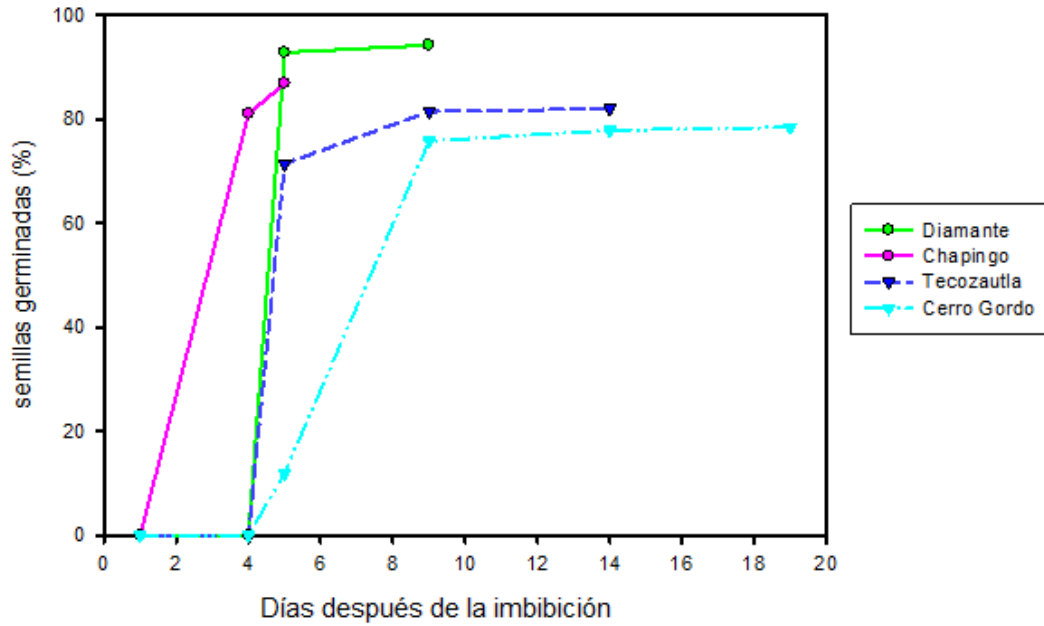


Figura 34. Germinación acumulada de *P. philadelphica* Lam. para las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo a 25 °C.

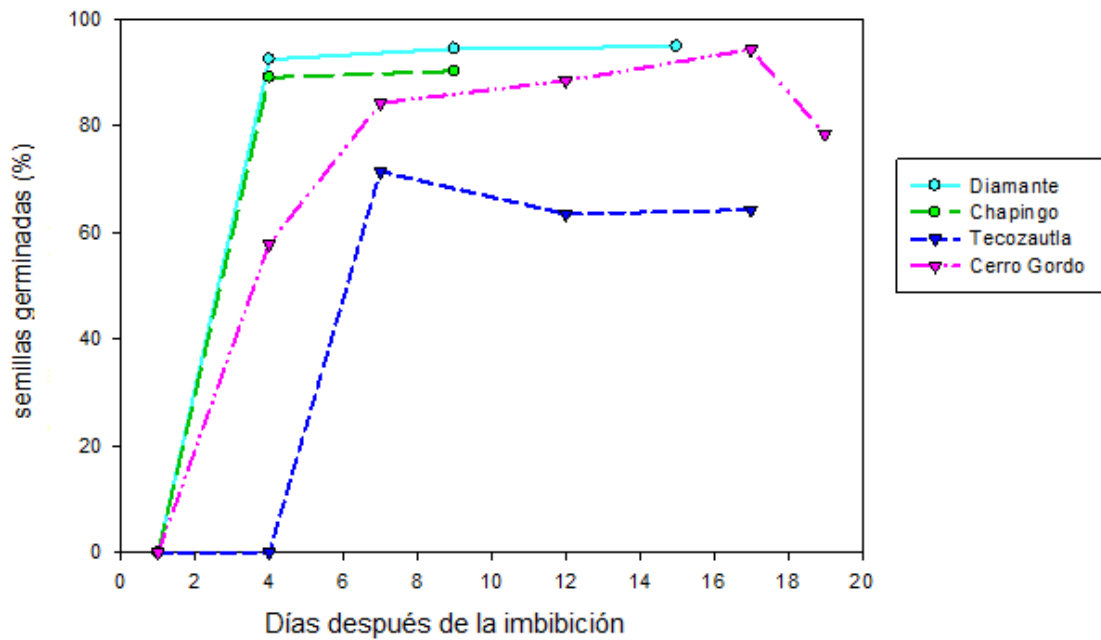


Figura 35. Germinación acumulada de *P. philadelphica* Lam. para las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo a 30 °C.

8 DISCUSIÓN

8.1 Viabilidad de semillas

En general, la viabilidad se define como calidad de viable. Viable (del *fr. viable*, de *vie*, vida) organismos robustos que tienen vida (RAE, 1970). Particularmente, “la viabilidad de semillas” se denomina a la capacidad de las semillas de germinar en condiciones favorables para la germinación (Basu, 1995). Ligado a este concepto está el de longevidad que se define como el periodo de vida (Font Quer, 1985); y a la característica de longevo (del latín *longaevus*: de *longus*, largo y *aevum*, tiempo, edad), muy anciano o de larga vida (RAE, 1970). En la agricultura estos conceptos son muy importantes para determinar la densidad de siembra de los cultivos y para estudios de germinación.

Las semillas ortodoxas son aquellas cuya longevidad se extiende debido a una reducción gradual del contenido de humedad (Roberts, 1973). Este es el caso de las semillas de *Physalis philadelphica* Lam., la cual se espera que bajo condiciones controladas, su longevidad sea de varios años. Existe una longevidad fisiológica y una longevidad ecológica. La longevidad fisiológica es la que se logra en los bancos de germoplasma donde las condiciones ambientales están controladas. Por otro lado, la longevidad ecológica es la que ocurre en la naturaleza donde las semillas están sujetas a condiciones cambiantes de temperatura, humedad, CO₂, O₂, luz y al ataque de patógenos e insectos. Dicha longevidad se espera que sea corta. Una condición intermedia tiene lugar en semillas almacenadas en recipientes (frascos, sobres, etc.),

en condiciones de laboratorio, es decir sin recurrir a un control de temperatura constante, como en el caso del trabajo realizado con *Amaranthus* (Uscanga, *et al.*, 2007). En el caso de las semillas empleadas en este estudio, se conservaron en condiciones de laboratorio razón por la cual al iniciar el experimento se esperaba que tuvieran un alto porcentaje de viabilidad, esto se confirmó mediante la prueba de viabilidad por la técnica de cloruro de tetrazolio (Moreno, 1984).

8.2 Latencia de semillas

Latencia de semillas se denomina a la incapacidad de una semilla viable de germinar bajo condiciones favorables para la germinación (Basu, 1995). Según González (2010), las semillas de algunas variedades de *P. philadelphica* Lam. son semillas latentes, lo cual es causa de un porcentaje bajo de germinación, la latencia se rompe cuando las semillas son sometidas a temperaturas bajas (estratificación o “chilling”).

En el caso de las variedades de *Physalis philadelphica* Lam. empleadas en este estudio no se observó latencia, en caso de que esta hubieran estado presente, se pudo haber perdido durante el tiempo de almacenamiento. Otra razón podría ser que las semillas usadas en este estudio son semillas de variedades mejoradas, las cuales se ponen a germinar en charolas germinadoras colocando de 3 a 4 semillas por celda, cuando la primer semilla germina y llega a plántula, se trasplanta para su posterior desarrollo y crecimiento, las plántulas que emergen más tarde son desechadas, esta es una manera de eliminar de forma indirecta las semillas que presenten latencia, de

esta manera se van seleccionando las plantas que proporcionen frutos con semillas libres de latencia o en su defecto si esta llegara a existir, sea eliminada generación tras generación, hasta llegar a obtener semillas libres de latencia³. Se hace esta afirmación debido a que el porcentaje de germinación a temperatura de 20 a 35 °C fue muy cercano al porcentaje de viabilidad (91 vs. 92).

8.3 Temperaturas cardinales de germinación

La germinación de las semillas puede estar regulada tanto por características genotípicas como ambientales, siendo la temperatura uno de los factores que más influyen en la respuesta a la germinación de las semillas como lo mencionan Puricelli *et al.* (2005), quienes señalan que el proceso de germinación depende fundamentalmente de la temperatura. Maldonado *et al.* (2002), indican que las temperaturas cardinales están limitadas a un intervalo estrecho de condiciones ambientales. Bewley y Black (1994), indican que las semillas tienen la capacidad para germinar en un intervalo de temperatura definido que es característico para cada especie, la temperatura influye también tanto en el deterioro, como en la latencia de las semillas.

³ Com. Pers. Dr. Natanael Magaña Lira. 2013. Departamento de Fitotecnia, área de Olericultura, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

La relación que existe entre la germinación y la temperatura, se hace evidente cuando la temperatura aumenta y la velocidad de germinación aumenta, hasta que se llega a un intervalo óptimo de germinación, antes y después de este intervalo la velocidad de germinación disminuye. Según Galston (1973), esto se debe a que, en un principio, las reacciones químicas suelen intensificarse al aumentar la temperatura, pero cuando la temperatura se eleva aún más, comienzan a adquirir importancia otras reacciones, entre éstas se cuentan la desnaturalización de las proteínas (Salisbury y Ross, 1994) con su consiguiente inactivación y muerte del embrión.

No se encontró en literatura revisada alguna investigación en la cual se comparen **variedades de esta especie** en cuanto a sus temperaturas cardinales de germinación. En esta investigación se determinó que la temperatura cardinal óptima de las variedades Diamante y Cerro Gordo fue en el intervalo 25-30 °C, en Chapingo y Tecozautla a 30 °C. La temperatura cardinal máxima de germinación para las cuatro variedades (Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo) fue a 45 °C. La temperatura cardinal mínima difiere entre variedades: 7-9, 9, 7-10 y 10 °C, para Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo respectivamente. Esto es algo similar a lo reportado por Kumar *et al.* (2011), quienes trabajaron con *Andrographis paniculata* Wall. Ex. Nees (planta herbácea a la que se le atribuyen propiedades medicinales), y mencionan que las temperaturas cardinales de germinación de las semillas difieren entre variedades.

Estas temperaturas son muy similares a las reportadas para *Lycopersicon chilense* (Solanaceae) por Maldonado *et al.* (2002), quienes indican que la temperatura óptima de germinación para esta Solanaceae está en el intervalo de los 15 a los 25 °C, la germinación comenzó a los 8.4 °C (temperatura mínima) y a partir de los 35 °C la germinación disminuyó (temperatura máxima).

Covell *et al.* (1986), consignaron para el garbanzo (*Cicer arietinum* L.), lenteja (*Lens culinaris*) y Soya (*Glycine max.* (L.) Merr), respectivamente las siguientes temperaturas cardinales de germinación: mínima 0, 2.5 y 4 °C; óptima 31.8-33, 24-24.4 y 34.5 °C; máxima 48-60.8, 31.8-34.4 y 46.8-55.2 °C (Cuadro 8).

Cuadro 8. Temperaturas cardinales de germinación (°C) reportadas por Covell *et al.* (1986).

Especie	Temperatura		
	Mínima	Óptima	Máxima
Garbanzo	0	31.8-33	48-60.8
Lenteja	2.5	24-24.4	31.8-34.4
Soya	4	34.5	46.8-55.2

Durán *et al.* (2011); reporta que la mayoría de las semillas presentan problemas cuando se exponen a más de 42 °C, lo que favorece a la desnaturalización de las proteínas afectando a las membranas celulares. Sin embargo los resultados de Covell *et al.* (1986), muestran que en garbanzo y soya, los valores de temperatura máxima

son mayores de 46 °C, lo que indica que estas especies son resistentes a temperaturas más altas comparándolas con las variedades de *P. philadelphica* Lam.

8.4 Germinación media (G50)

La germinación media no se expresó a temperaturas bajas (3-9 °C), ni a las temperaturas altas consideradas en este estudio (45 °C). Durán *et al.* (2002), mencionaron que *Lycopersicon Chilense* (Solanaceae) requirió de 15 °C como mínimo para obtener la germinación media, lo cual coincide con los valores encontrados en el presente trabajo para las variedades Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo; mientras que en la variedad Diamante dicha variable se observó a 10 °C. Sin embargo, los mismos autores mencionan que la temperatura máxima a la cual se expresó la G50 fue a 45 °C; mientras que en las variedades Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro gordo se expresó a temperaturas más bajas que la reportada para *Lycopersicon Chilense*.

8.5 Velocidad de germinación

Es importante mencionar que las velocidades de germinación máximas se cumplen sólo para ciertos intervalos de temperaturas por lo regular coinciden con las temperaturas cardinales óptimas de germinación, lo que hace evidente otra vez que la temperatura está estrechamente relacionada con el número de semillas germinadas

por día. A temperaturas menores y mayores a este intervalo la velocidad de germinación aminora considerablemente.

La velocidad de germinación fue diferente entre tratamientos, como lo indican Narbona *et al.* (2003), quienes estudiaron la germinación de las semillas de madroño (*Arbutus unedo* L.), a temperaturas mínimas, óptimas y máximas, dichos autores observaron que la velocidad de germinación del madroño fue menor a temperaturas mínimas y máximas en las que se requirió de un mayor número de días para la germinación de las semillas, comparada con la velocidad de germinación a temperatura óptima en la que germinó el mayor número de semillas en el menor tiempo, esto también ocurrió en la germinación de las semillas de *P. philadelphica* Lam. En donde la mayor velocidad de germinación se presenta sólo para ciertos intervalos de temperaturas, coincidiendo por lo regular con las temperaturas cardinales óptimas de germinación, en las que se redujo considerablemente el número de días necesarios para que germinara el mayor número de semillas. A temperaturas menores y mayores a este intervalo la velocidad de germinación aminora considerablemente requiriendo de mayor número de días para la germinación del mayor número de semillas. Lo que hace evidente otra vez que la temperatura está estrechamente relacionada con el número de semillas germinadas por día.

8.6 Tiempo promedio de germinación

El tiempo promedio de germinación también llamado por Alzugaray *et al.* (2006) como “prueba de vigor”, es dependiente de la temperatura a la cual se sometieron las semillas. Para las cuatro variedades de *P. philadelphica* Lam. el menor tiempo promedio de germinación se observó en las temperaturas cardinales óptimas y a temperaturas cercanas a éstas. A temperaturas bajas el tiempo promedio de germinación es mayor comparado con el tiempo requerido a temperaturas óptimas, Alzugaray *et al.* (2006), mencionan que esto es de esperarse ya que el proceso de imbibición del agua a la semilla y la posterior síntesis de sustancias están reguladas por la temperatura, así como el tiempo promedio de germinación, dando como resultado una disminución significativa de la germinación por efecto de las temperaturas baja. Y a temperaturas altas en este caso (45 °C) disminuyó notablemente la germinación debido a que ocurrió daño en las semillas ocasionado por calor.

El tiempo promedio de germinación para la variedad Diamante en el intervalo de temperatura de los 7 a los 9 °C fue de 23.7 días; para la variedad Chapingo en el mismo intervalo de los 7 a los 9 °C se requiere de 25 días, 1.3 días más que lo requerido para la variedad Diamante; para la variedad Tecozautla a la temperatura de 9 °C también se requiere de 25 días y para la variedad Cerro Gordo a la temperatura de 10 °C se requiere de 20. 8 días para que en teoría germine el cien por ciento de las semillas.

El menor tiempo promedio de germinación que requieren las semillas para su germinación es muy similar para las variedades Diamante, Chapingo y Tecozautla, en promedio se requieren de 4.3 días. Para la variedad Cerro Gordo se requiere de un tiempo mayor al de las tres variedades anteriores ya que se estimó a los y 5.7 días. A 45 °C, que fue la temperatura más alta a la que estuvieron expuestas las semillas, el tiempo promedio aumentó considerablemente para la variedad Diamante en comparación con las tres variedades restantes. A temperaturas altas (40-45 °C) el tiempo de germinación se asemeja en las variedades Diamante, Chapingo y Tecozautla en promedio se requiere de 10.5 días para que germine en teoría el 100 por ciento de las semillas, en la variedad Cerro Gordo se necesitan 13.7 y 6.6 días respectivamente.

8.7 Germinación acumulada por intervalos de tiempo

Las curvas de germinación acumulada por intervalos de tiempo para las cuatro variedades permiten visualizar de manera cualitativa cómo se desarrolló el proceso de germinación durante los 25 días que duró el ensayo, así como la influencia de la temperatura durante el proceso de germinación, además de hacer más notorios los tratamientos en los que se alcanzó el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo. Las semillas de las cuatro variedades de tomate de cáscara comenzaron a germinar a **temperaturas óptimas** en los primeros cinco días a partir del inicio del ensayo, disminuyendo el número de semillas en los días posteriores hasta alcanzar el número total de semillas germinadas por variedad. A temperaturas anteriores y

posteriores a estas la germinación requirió de más tiempo para alcanzar el máximo de germinación.

La diferencia en temperaturas, tiempo y velocidad de germinación podrían atribuirse a los requerimientos ambientales de las semillas. En el caso de las variedades Diamante y Chapingo la temperatura promedio del lugar de donde provienen las plantas madre que dieron origen a estas variedades es de aproximadamente 16 °C, de Tecozautla es de aproximadamente 19 °C y de Cerro Gordo aproximadamente 20 °C, temperaturas relativamente cercanas a las temperaturas óptimas de germinación.

9 CONCLUSIÓN

Las temperaturas cardinales de germinación fueron diferentes entre variedades. Las temperaturas cardinales mínimas de germinación fueron en orden descendente, 10 °C para Cerro Gordo, 9 °C para Chapingo, 7- 9 °C para Diamante y 7 para Tecozautla. Las temperaturas cardinales óptimas de germinación fueron en orden descendente, 30 °C para Chapingo y Tecozautla, 25-30 para Diamante y Cerro Gordo. La temperatura cardinal máxima de germinación fue de 45 °C para las cuatro variedades.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, M. C. 1991. Determinación del periodo crítico de competencia entre la maleza y el cultivo de tomate de cáscara. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. 61 p.
- Alzugaray, C., N. Carnevale, A. Salinas y R. Pioli. 2006. Calidad de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. *Revistas de Ciencias Forestales* Revista de Ciencias Forestales – Quebracho N° 13.
- Araóz, S.; O. Del Longo y O. Karlin. 2004. Germinación de Semillas de *Zizyphus mistol* Grisebach II. Respuesta a diferentes temperaturas y luz. Instituto Argentino de Zonas Áridas. Mendoza, Argentina. *Multenquina*, 13: 45-50
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 1993. *Fisiología y Bioquímica de Plantas*. Ed. Mc. Graw-Hill Interamericana. Madrid, España. 581 p.
- Baskin, C. y J. Baskin. 2001. *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. United States of America. 666 p.
- Basu, R. N. 1995. Seed viability pp. 1-44. *In: Seed Quality: Basic mechanisms and agricultural implications*. Basra, A.S. (Ed.). The Haworth Press, Inc. New York.
- Bautista Martínez, Nestor y Claudio Chavarín Palacio (Editores). 2007. *Producción de tomate de cáscara (monografía)*. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco, Estado de México. 150 p.
- Berrie, A. M. En Wilkins, Malcom B. 1985. *Advanced Plant Physiology*. Chapter 19. Pitman Publishing Inc. Great Britain. 514 p.

- Besnier Romer, Fernando. 1989. Semillas, Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Bewley, J. D. and Michael Black. 1994. Seeds, Physiology of Development and Germination. Ed. Plenum. 2nd Ed. New York. U. S. A. 445 p.
- Bewley, J. Derek, Frederick D. Hempel, Sheila McCormick y Patricia Zambrosky. En Buchanan Bob, Whilhem Gruissem y Jones L. Russell. 2000. Biochemistry. The American Society of Plant Physiologist. United States of America. 1367 p.
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal, AGT Editores, S. A. Tercera reimpresión. México, D. F. 784 p.
- Bradford, Kent J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*. 50: 248-260.
- Cárdenas Chávez, I. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Côme, D. 1968. En Gonzales-Zertuche L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*, *Bol. Soc. Bot. México* 58: 15 -30.
- Covell, S.; R. H. Ellis; E. H. Roberts and R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *Journal of Experimental Botany* 37(178):705-715.
- Czabator, F. J. 1966. Germination index: and index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8:386-389.

- Devlin, R. 1982. Fisiología vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. Cuarta edición. Barcelona, España. 517 p.
- Duffus, M. y J. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. Ed. AGT. México. 188 p.
- Durán Puga, Noé, José A. Ruiz Corral, Diego R. González Eguiarte, Gregorio Núñez Hernández, Francisco J. Padilla Ramírez, Sergio H. Contreras Rodríguez. 2011. Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2(3):347-457.
- Edwards, Thomas I. 1932. Temperature Relations of Seed Germination. The Quarterly Review of Biology, Vol. 7, No. 4. pp. 428-443.
- Ellis, R. H. y E. H. Roberts. 1978. Towards a relational basis for testing seed quality. In Habbleshwaite. P. D. Ed. Seed Production. Butterworth, London. pp: 605–636.
- Fitter, A. H. y F. K. Hay. 1981. Environmental Physiology of Plants. Academic Press Inc. Great Britain. pp: 171-174.
- Font Quer, P. 1985. Diccionario de Botánica. Editorial Labor S. A. Barcelona, España. 1244 p.
- Galston, A. W. 1973. Principios de fisiología vegetal. Aguilar S.A. Ediciones. Madrid, España. 485 p.
- García Hernández, Evelia. 2011. Eficiencia Fisiológica de Variedades de Tomate de Cáscara con Diferentes Hábitos de Crecimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Estado de México.
- García-Agustín, Pilar y Eduardo Primo-Millo. 1996. En Azcón-Bieto J. y Talón M., Fisiología y Bioquímica Vegetal. Capítulo 20 Germinación de las semillas. Ed. Interamericana, McGraw-Hill. Madrid, España. 581 p.

- García-Huidobro, J., J. L. Monteith y G. R. Squire. 1982. Time, temperature and germination of pearl Millet (*Pennisetum tyoides* S. & H.). Journal of Experimental Botany, Vol. 33, No, 133. pp. 288-296.
- Ginzo, H. En Sívori E., E. Montaldi y O. Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Capitulo XIX, Fisiología de la germinación. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 p.
- González, José. 2010. "Rompimiento de la latencia en semillas de tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.). Tesis de Ingeniería. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*, Bol. Soc. Bot. México 58: 15 -30.
- Hartman, Hutson T. y D. Kester. 1978. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Séptima edición. Compañía Editorial Continental, S. A. México. 810 p.
- Hernández, L. F. y P. J. Paoloni. 1998. Germinación y emergencia de cuatro híbridos de girasol (*Helianthus annuus*) con diferente contenido lipídico en relación con la Temperatura. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 13 (3).
- Heydecker, W. 1973. Seed Ecology. London Butterworth's. First published. England. pp. 411-432.
- Justice, O. L. 1972. Essentials of seed testing. *In: Seed Biology: Insects and Seed Collection, Storage, Testing and Certification. V. 3 (Physiological Ecology).* T. T. Kozlowski (ed.). Academic Press, Inc. United States of America. 422 p.

- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Thomson Learning. 2da. edición. México, D. F. 665 p.
- Kumar, B., S. Verma y H. Singh. 2011. Effect of temperature on seed germination parameters in Kalmeg (*Andrographis paniculata* Wall. ex Nees.). *Industrial Crops and Products* 34: 1241– 1244.
- Leopold, A. C. and Paul E. Kriedemann. 1975. *Plant growth and development*. Ed. Mc. Graw-Hill. 2nd ed. United Kingdom. 545 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop science* 2(2):176 – 177.
- Maldonado, C.; E. Pujado y F. A. Squeo. 2002. El efecto de la disponibilidad de agua durante el crecimiento de *Lycopersicon chilense* sobre la capacidad de sus semillas para germinar a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl. *Revista Chilena de Historia Natural* 75:651-660.
- Martínez, D. M. 1998. Revisión de *Physalis* section *Epeteiorhiza* (Solanaceae). *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 69 (2):71-117.
- Mayer, A.M. and A. Poljakoff-Mayber. 1975. *The germination of seeds*. Division of plant physiology. Volume 5. 2nd edition. Pergamon Press., Great Britain. 192 p.
- Mohr, H. y P. Schopfer. 1995. *Plant Physiology*. Ed. Springer-Verlag, Berlín, Alemania. 629 p.
- Moreno, G. E. 1984. *Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas*. Instituto de Biología, UNAM. México. 380 p.

- Narbona, E; M. Arista y P. Ortiz. 2003. Germinación de las semillas del madroño (*Arbutus unedo* L.). Acta Botánica Malacitana 28: 73-78.
- Orduña Mercado, O. 1989. Germinación del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- PENITT (Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnologías) de la cadena productiva de tomate verde en el estado de Puebla. 2003. 237 p.
- Peña Lomelí, A., N. Magaña Lira, S. Montes Hernández, J. Martínez Sánchez, J. F. Santiaguillo Hernández, O. Grimaldo Juárez, y A. Contreras Rodríguez. 2011. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.).SNICS-SAGARPA. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. México. 90 p.
- Peña, A. y J. Santiaguillo. 1998. Variabilidad Genética de Tomate de Cáscara en México. Boletín Técnico, No. 2. Programa nacional de Investigación en Olericultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.
- Piedrahita, E. 1997. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de roble (*Tabebuia rosea* Bertold DC.). Rev. Fac. Nac. De Agronomía. Medellín. 40 (1): 45-61.
- Poulsen, Karen, M. 1999. Técnicas para la escarificación de semillas forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. - Turrialba C. R.: CATIE-PROSEFOR. Danida Forest Seed Centre. (Serie técnica. Manual técnico. CATIE, No. 36). 60 p.

- Puricelli, E; G. Orioli. y M. Sabbatini. 2005. Efecto de la temperatura sobre la germinación de *Anoda cristata*. Revista de investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Numero VII. Argentina.
- RAE (Real Academia Española). 1970. Diccionario de la lengua Española. Editorial Espasa-Calpe, S.A. Madrid, España. 1424 p.
- Rivera Madrid, R.; Garza Caligaris, L. E.; Rincón E. 1989. Algunos aspectos de la ecofisiología de la germinación en *Physalis philadelphica*. Acta Botánica Mexicana, 7:33-41. Pp: 33-41.
- Roberts, E. H. 1988. Temperature and seed germination en Long S. P. and F. I. Woodward. Ed. Plants and temperature. Cambridge, U. K: Society for Experimental Biology. pp: 109-132.
- Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. and Technol. 1:409-512.
- Ruiz Corral, J.; H. Flores López, J. Ramírez Díaz y D. González Eguiarte. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. Agrociencia. Volumen 36:569- 577.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p. (Edición digital: INECOL 2010)
- Salisbury, F. B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S. A. de C. V. México. 759 p.

- Santiaguillo J., E. Cedillo y J. Cuevas 2010. Distribución geográfica de *Physalis* spp. En México. Publicaciones de la red de tomate de cáscara Universidad Autónoma Chapingo; Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación; Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos.
- Santiaguillo, J. y S. Blas. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola* 43:81-86.
- Santiaguillo, H.; J. O. Vargas P.; O. Grimaldo J.; J. Sánchez M. y N. Magaña L. 2009. Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*) en México. Publicaciones de la Red de Tomate de Cáscara. Folleto Técnico Número 2. Septiembre 2009. México. 31 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. Version 9.00. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera) 2012. <http://www.siap.gob.mx/> consultado 04-01-2013
- Steward, F. C. 1968. Growth and Organization in Plants. Addison Wiley Reading, Mass. 564 pp.
- Trudgill, D. L., A. Honek, D Li y N.M. Van Straalen 2005. Thermal time – concepts and utility. *Annals of Applied Biology* (2005), 146:1–14.
- Uscanga-Mortera, E., A. García-Esteva, F. Zavala-Estrada, P. Yañez-Jiménez, J. Kohashi-Shibata. 2007. La edad de la semilla de *Amaranthus* sp. afecta su viabilidad y germinación. En: Martínez Díaz, Gerardo, Francisco López Lugo, Enrique Rosales Robles y Germán Bojórquez. Memorias del XXVIII Congreso

de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza, A.C. del 12 al 16 de noviembre del 2007. Mazatlán, Sin., México. 172 p.

- Vargas, O., M. Martínez y P. Dávila. 2003. La familia Solanaceae en Jalisco. El género *Physalis*. Colección flora de Jalisco No. 16. Universidad de Guadalajara, Jalisco.
- Wilkins, Malcom B. 1969. Physiology of Plant Growth and Development. Ed. McGraw-Hill. Great Britain. 514 p.

11 ANEXOS

11.1 Temperaturas cardinales de germinación

fecha de inicio: 16-11-11

fecha de término: 07-12-11

Temperatura: 3°C

Variedad

Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo
5	0	0	0	0
10	0	0	0	0
15	0	0	0	0
20	0	0	0	0
25	0	0	0	0

fecha de inicio: 16-11-11

fecha de término: 07-12-11

Temperatura: 5°C

Variedad

Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo
5	0	0	0	0
10	0	0	0	0
15	0	0	0	0
20	0	0	0	0
25	0	0	0	0

Fecha de inicio: 04-04-12

Fecha de término: 30-04-12

Temperatura: 7 °C

Variedad

Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo
5	0	0	0	0
10	0	0	0	0
15	0	0	0	0
20	0.2	0	0	0
25	0.6	0.2	0	0

Fecha de inicio: 04-04-12				
Fecha de término: 30-04-12				
Temperatura: 9 °C				
Variedad				
Día Rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo
5	0	0	0	0
10	1	0	0	0
15	0.8	0	0	0
20	2	0	0	0
25	3.8	0.	0.2	0

Fecha de inicio: 16 - 11 - 2011				
Fecha de término: 07 - 12 - 2011				
Temperatura: 10 °C				
Variedad				
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo
5	0	0	0	0
9	0	0.2	0	0
14	17.6	6	17	0
19	27.4	13.4	11.4	0.2
21	4.8	1.6	1.4	3

Fecha de inicio: 27 - 06 -12				
Fecha de término:20-07-12				
Temperatura 15 °C				
Variedad				
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro gordo
5	1.6	0	0	0
9	87.4	50.8	33.4	0
14	5.6	32	30.6	10.6
19	0.2	3.6	14.2	37.4
23	0.8	1.4	1.6	13.6

fecha de inicio: 13-02-12					
Fecha de revisión 09-03-12					
Temperatura 20 °C					
Variedad					
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo	
5	94	77.8	60.8	79.4	
9	2.6	9.4	11.6	3.4	
14	0	0.6	4.4	0	
19	0	0	0.8	2.2	
24	0	0	0	0.8	

Fecha de inicio: 17 - 01 - 12					
Fecha de revisión : 10 - 02 -12					
Temperatura: 25 °C					
Variedad					
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro Gordo	
5	92.8	81	71.4	12	
9	1.4	5.8	10	63.8	
14	0	0	0.6	2	
19	0	0	0	0.6	
24	0	0	0	0	

Fecha de inicio: 26 - 08 - 2011					
Fecha de término: 09 - 09 - 2011					
Temperatura: 30 °C					
Variedad					
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecoautla	Cerro gordo	
4	92.4	89	51.6	57.8	
7	2	1.2	8.8	26.4	
12	0.4	0.8	3	4.6	
17	0	0.4	0.8	3.6	

Fecha de inicio: 16 - 11 - 2011				
Fecha de término: 07 - 12 - 2011				
Temperatura: 35 °C				
Variedad				
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecozautla	Cerro Gordo
5	95	90	81.4	62.6
9	0	1	4.8	18.4
14	0.4	0.4	1.4	5.8
19	0.6	0.6	1.8	2.4
25	0.6	0.2	0	1.2

Fecha de inicio: 16 - 11 - 2011				
Fecha de término: 07 - 12 - 2011				
Temperatura: 40 °C				
Variedad				
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecozautla	Cerro Gordo
5	37.2	16.8	12.8	12.4
10	12.8	24.8	29.8	4.2
15	3	9.4	11	15.8
20	10.6	7.6	3.8	3.2
25	5.2	1.8	1	7.6

fecha de inicio: 16 - 03 - 12				
fecha de término: 10-04-12				
Temperatura: 45 °C				
Variedad				
Día rev.	Diamante	Chapingo	Tecozautla	Cerro Gordo
5	3.8	2	1	1.6
10	14	1.4	1.6	0.8
15	6.6	0.8	0.4	0
20	2.2	1.2	0.4	0
25	0	0	0	0

11.2 Índice de velocidad de germinación

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 7 °C

Diamante						
Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0.06	0.05	0.04	0.15
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Chapingo						
Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Tecozautla						
Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0.04	0.04
4	0	0	0	0	0.04	0.04
5	0	0	0	0	0	0

Cerro Gordo						
Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 9 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 10	Día 16	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0.0625	0	0	0.0625
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Chapingo

Caja	Día 5	Día 10	Día 16	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0.04	0.04

Tecoautla

Caja	Día 5	Día 10	Día 16	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0.04	0.04
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 10	Día 16	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 10 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 21	Total
1	0	0	2.28571429	0.78947368	0.14285714	3.21804511
2	0	0	1.42857143	1.52631579	0.23809524	3.19298246
3	0	0	1.35714286	1.42105263	0.28571429	3.06390977
4	0	0	0	1.84210526	0.33333333	2.1754386
5	0	0	1.21428571	1.63157895	0.14285714	2.9887218

Chapingo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 21	Total
1	0	0	0.28571429	0.78947368	0	1.07518797
2	0	0	0.35714286	0.84210526	0.0952381	1.29448622
3	0	0	0.35714286	0.36842105	0.19047619	0.9160401
4	0	0	0.35714286	0.73684211	0.04761905	1.14160401
5	0	0.1	0.78571429	0.78947368	0.04761905	1.72280702

Tecozautla

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 21	Total
1	0	0	1.07142857	1.05263158	0	2.12406015
2	0	0	1.14285714	0.52631579	0	1.66917293
3	0	0	1.28571429	0.15789474	0	1.44360902
4	0	0	1.21428571	0.63157895	0.04761905	1.89348371
5	0	0	1.35714286	0.63157895	0	1.9887218

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 21	Total
1	0	0	0	0	0.19047619	0.19047619
2	0	0	0	0	0.23809524	0.23809524
3	0	0	0	0	0.14285714	0.14285714
4	0	0	0	0.05263158	0.04761905	0.10025063
5	0	0	0	0	0.0952381	0.0952381

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 15 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 23	Total
1	0.4	9.33333333	0.14285714	0	0	9.87619048
2	0.4	10.33333333	0.28571429	0.05263158	0	11.0716792
3	0.2	10.44444444	0.07142857	0	0	10.715873
4	0.6	9.33333333	1.85714286	0	0.17391304	11.9643892
5	0	9.11111111	1.71428571	0	0	10.8253968

Chapingo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 23	Total
1	0	6.44444444	1.92857143	0.21052632	0.04347826	8.62702045
2	0	4.33333333	2.92857143	0.10526316	0.04347826	7.41064618
3	0	3.66666667	3	0.15789474	0.08695652	6.91151793
4	0	7.77777778	1.85714286	0.10526316	0.04347826	9.78366205
5	0	5.77777778	1.71428571	0.36842105	0.08695652	7.94744107

Tecoautla

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 23	Total
1	0	4.33333333	2.07142857	0.84210526	0.04347826	7.29034543
2	0	4.11111111	1.42857143	0.89473684	0.13043478	6.56485416
3	0	3.11111111	2.21428571	0.84210526	0.04347826	6.21098035
4	0	3.44444444	2.21428571	0.47368421	0.08695652	6.21937089
5	0	3.55555556	3	0.68421053	0.04347826	7.28324434

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 23	Total
1	0	0	0.5	1.94736842	0.65217391	3.09954233
2	0	0	0.78571429	2.36842105	0.30434783	3.45848316
3	0	0	0.64285714	2.21052632	0.52173913	3.37512259
4	0	0	0.85714286	2	0.47826087	3.33540373
5	0	0	1	1.31578947	0	2.31578947

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 20 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	17.8	0.55555556	0	0	0	18.35555556
2	18.6	0.22222222	0	0	0	18.82222222
3	19.8	0.11111111	0	0	0	19.91111111
4	19.2	0.22222222	0	0	0	19.42222222
5	18.6	0.33333333	0	0	0	18.93333333

0

Chapingo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	16.6	0.88888889	0.2	0	0	17.68888889
2	13.8	0.88888889	0	0	0	14.68888889
3	14.6	1.33333333	0	0	0	15.93333333
4	15.6	1.44444444	0	0	0	17.04444444
5	17.2	0.66666667	0	0	0	17.86666667

0

Tecoautla

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	13	1.22222222	0.35714286	0.05263158	0	14.6319967
2	13.2	1.44444444	0.21428571	0	0	14.8587302
3	11.2	1.33333333	0.42857143	0.10526316	0	13.0671679
4	12.4	1.22222222	0.28571429	0	0	13.9079365
5	11	1.22222222	0.28571429	0.05263158	0	12.5605681

0

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	17	0.33333333	0	0.05263158	0.04166667	17.4276316
2	14.8	0.22222222	0	0.10526316	0.04166667	15.169152
3	15.8	0.11111111	0	0.15789474	0.04166667	16.1106725
4	15.4	0.88888889	0	0.21052632	0	16.4994152
5	16.4	0.33333333	0	0.05263158	0.04166667	16.8276316

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 25 °C

Diamante

Caja	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	23	0.11111111	0	0	0	23.11111111
2	23.25	0.33333333	0	0	0	23.58333333
3	23.25	0.22222222	0	0	0	23.47222222
4	23	0	0	0	0	23
5	23.5	0.11111111	0	0	0	23.61111111

Chapingo

Caja	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	18.5	0.77777778	0	0	0	19.27777778
2	20	0	0	0	0	20
3	21.5	0.66666667	0	0	0	22.16666667
4	19.75	1.22222222	0	0	0	20.97222222
5	21.5	0.55555556	0	0	0	22.05555556

Tecoautla

Caja	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	16.25	1	0	0	0	17.25
2	20.25	0.88888889	0	0	0	21.13888889
3	18.5	1.55555556	0.07142857	0	0	20.1269841
4	16.5	1	0.07142857	0	0	17.5714286
5	17.85	1.11111111	0.07142857	0	0	19.0325397

Cerro Gordo

Caja	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Total
1	18.75	1.77777778	0.14285714	0	0	20.6706349
2	15.75	1.88888889	0.21428571	0	0	17.8531746
3	13	4.11111111	0.14285714	0	0	17.2539683
4	15	3.44444444	0.14285714	0	0	18.5873016
5	17	1.88888889	0.14285714	0	0	19.031746

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 30 °C

Diamante

Caja	Día 4	Día 7	Día 12	Día 15	Día 17	Total
1	22.75	0	0.16666667	0	0	22.9166667
2	22.25	0.28571429	0	0	0	22.5357143
3	22.5	0.28571429	0.08333333	0	0	22.8690476
4	22	0.28571429	0	0	0	22.2857143
5	21.75	0	0.08333333	0	0	21.8333333

Chapingo

Caja	Día 4	Día 7	Día 12	Día 15	Día 17	Total
1	22.75	1.42857143	0.16666667	0	0	24.3452381
2	22.25	1.57142857	0	0	0	23.8214286
3	22.5	0.71428571	0.41666667	0	0	23.6309524
4	22	1.57142857	0	0	0	23.5714286
5	21.75	1	0.08333333	0	0	22.8333333

Tecoautla

Caja	Día 4	Día 7	Día 12	Día 15	Día 17	Total
1	21.75	0.42857143	0	0.06666667	0	22.2452381
2	20.5	0.85714286	0.08333333	0.13333333	0	21.5738095
3	20.25	1.85714286	0.08333333	0.2	0	22.3904762
4	20	0.57142857	0.25	0.26666667	0	21.0880952
5	21.25	0.17647059	0.08333333	0.33333333	0	21.8431373

Cerro Gordo

Caja	Día 4	Día 7	Día 12	Día 15	Día 17	Total
1	13.75	3.85714286	0.83333333	0	0	18.4404762
2	16.25	3.85714286	0.25	0	0	20.3571429
3	13.5	4.28571429	0.25	0	0	18.0357143
4	14.75	3.42857143	0.33333333	0	0	18.5119048
5	14	3.42857143	0.25	0	0	17.6785714

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 35 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 25	Total
1	19.4	0	0	0.05263158	0.04	19.4926316
2	19.2	0	0	0	0	19.2
3	18.8	0	0.07142857	0.05263158	0.04	18.9640602
4	18.8	0	0.07142857	0.05263158	0.04	18.9640602
5	18.8	0	0	0	0	18.8

0

Chapingo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 25	Total
1	17.6	0	0	0.10526316	0.04	17.7452632
2	18.2	0	0.07142857	0	0	18.2714286
3	18.2	0.44444444	0	0	0	18.6444444
4	19	0.11111111	0.07142857	0	0	19.1825397
5	17	0	0	0.05263158	0	17.0526316

0

Tecozautla

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 25	Total
1	14.4	1.33333333	0.21428571	0.26315789	0	16.2107769
2	16	0.55555556	0	0.10526316	0	16.6608187
3	16.2	0	0.07142857	0	0	16.2714286
4	17.6	0.22222222	0.07142857	0.10526316	0	17.998914
5	17.2	0.55555556	0.14285714	0	0	17.8984127

0

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 9	Día 14	Día 19	Día 25	Total
1	13.6	1.33333333	0.71428571	0.21052632	0	15.8581454
2	7.4	4	0.64285714	0.10526316	0	12.1481203
3	13.6	1.33333333	0.35714286	0.10526316	0.12	15.5157393
4	13	2.33333333	0.35714286	0.10526316	0.04	15.8357393
5	15	1.22222222	0	0.10526316	0.08	16.4074854

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 40 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	8.6	1.6	0.33333333	0.45	0.12	11.1033333
2	7.8	0.3	0.13333333	0.3	0	8.53333333
3	6.4	1.4	0.2	0.5	0	8.5
4	5.4	0.5	0.13333333	1.05	0.92	8.00333333
5	9	2.6	0.2	0.35	0	12.15

Chapingo

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	4	1.2	0.53333333	0.5	0.04	6.27333333
2	8	2	0.53333333	0.25	0	10.7833333
3	2.8	5.4	0.8	0.45	0.08	9.53
4	1.8	2	0.86666667	0.45	0	5.11666667
5	0.2	1.8	0.4	0.25	0.24	2.89

Tecoautla

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	4.4	2.6	0.73333333	0.25	0.04	8.02333333
2	4.2	3.1	0.86666667	0.2	0.04	8.40666667
3	0.4	2.8	0.8	0.15	0.04	4.19
4	2.4	3.1	0.73333333	0.25	0.04	6.52333333
5	1.4	3.3	0.53333333	0.1	0.04	5.37333333

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0.2	0.7	2.53333333	0.25	0.8	4.48333333
2	3.4	0.4	2.06666667	0.2	0.16	6.22666667
3	5	1	0.66666667	0.15	0.24	7.05666667
4	3.2	0	0	0.25	0	3.45
5	0.6	0	0	0.1	0.32	1.02

INDICE DE VELOCIDAD DE GERMINACION 45 °C

Diamante

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0.8	0.7	0.6	0.3	0	2.4
2	1.2	0.6	0.66666667	0.1	0	2.56666667
3	0	0.7	0.46666667	0.15	0	1.31666667
4	0.8	0.2	0	0	0	1
5	0	0.2	0	0	0	0.2

Chapingo

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	1.2	0.4	0.26666667	0.15	0	2.01666667
2	0.2	0.1	0	0.1	0	0.4
3	0	0.2	0	0.05	0	0.25
4	0.4	0	0	0	0	0.4
5	0.2	0	0	0	0	0.2

Tecozautla

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0.5	0	0.05	0	0.55
2	0.2	0.2	0	0.05	0	0.45
3	0.4	0.1	0	0	0	0.5
4	0	0	0.13333333	0	0	0.13333333
5	0.4	0	0	0	0	0.4

Cerro Gordo

Caja	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Total
1	0	0	0	0	0	0
2	0.6	0.2	0	0	0	0.8
3	0.4	0.2	0	0	0	0.6
4	0.4	0	0	0	0	0.4
5	0.2	0	0	0	0	0.2

11.3 Germinación acumulada

Variedad Diamante			
Temperatura (°C)	Tiempo (días)	% Semillas	
	Inicio	20	0.2
7	Final	25	0.8
	Inicio	10	1
9	Final	25	6.6
	Inicio	14	17.6
10	Final	21	49.8
	Inicio	5	1.6
15	Final	23	95.6
	Inicio	5	94
20	Final	9	96.6
	Inicio	5	92.8
25	Final	9	44.2
	Inicio	4	92.4
30	Final	12	94.8
	Inicio	5	95
35	Final	25	96.6
	Inicio	5	37.2
40	Final	25	68.8
	Inicio	5	3.8
45	Final	19	26.6

Variedad Chapingo			
Temperatura (°C)	Tiempo (días)	% Semillas	
	Inicio	25	0.2
9	Final	25	0.2
	Inicio	9	0.2
10	Final	21	21.2
	Inicio	9	50.8
15	Final	23	87.3
	Inicio	5	77.8
20	Final	14	87.7
	Inicio	5	81
25	Final	9	86.8
	Inicio	5	90
30	Final	25	92.2
	Inicio	5	90
35	Final	25	92.2
	Inicio	5	16.8
40	Final	25	60.4
	Inicio	5	2
45	Final	19	5.4

Variedad Tecozautla			
Temperatura(°C)	Tiempo (días)	% Semillas	
	Inicio	25	0.2
7	Final	25	0.2
	Inicio	25	0.4
9	Final	25	0.4
	Inicio	14	17
10	Final	21	29.8
	Inicio	9	33.4
15	Final	23	79.8
	Inicio	5	60.8
20	Final	19	77.6
	Inicio	5	71.4
25	Final	14	82
	Inicio	4	51.6
30	Final	17	64.2
	Inicio	5	81.4
35	Final	19	89.4
	Inicio	5	12.8
40	Final	25	58.4
	Inicio	5	1
45	Final	19	3.4

Variedad Cerro Gordo			
Temperatura(°C)	Tiempo (días)	% Semillas	
10	Inicio	19	0.2
	Final	21	3.2
15	Inicio	14	10.6
	Final	23	61.6
20	Inicio	5	79.4
	Final	23	85.5
25	Inicio	5	12
	Final	19	78.4
30	Inicio	4	57.4
	Final	17	94.2
35	Inicio	5	62.6
	Final	25	90.4
	Inicio	5	12.4
40	Final	25	43.2
	Inicio	5	1.6
45	Final	10	2.4