

Temperaturas cardinales y velocidad de germinación en cultivares de tomate de cáscara*

Cardinal temperatures and germination rate in husk tomato cultivars

Sandra Guadalupe Calzada López, Josué Kohashi Shibata[§], Ebandro Uscanga Mortera, Antonio García Esteva y Petra Yáñez Jiménez

Postgrado en Botánica, Campus Montecillo- Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México- Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel: 95 20200. Ext. 1318. [§]Autor para correspondencia: jkohashi@colpos.mx.

Resumen

El conocimiento de las temperaturas cardinales y velocidad de germinación pueden ser útiles como criterio para la determinación de fechas y localidades de siembra de una especie dada. Dichas variables (temperatura y velocidad) se han determinado para cierto número de especies cultivadas. Sin embargo, no se encontró esta información para los cultivares de tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), no obstante que dicha especie ocupa el cuarto lugar en importancia entre las hortalizas cultivadas en México. El objetivo del presente trabajo fue determinar las temperaturas cardinales y las velocidades de germinación de las semillas de los cultivares Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de tomate de cáscara. Se descartó la presencia de latencia en estos cultivares. El presente estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados y en la Universidad Autónoma Chapingo en 2011-2012. En cámaras de germinación se pusieron a germinar semillas sobre papel filtro en cajas Petri en oscuridad y temperatura constante de 3, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 °C, el diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial con cinco repeticiones por cultivar. Se contaron y descartaron cada cinco días las semillas germinadas (radícula emergida) durante 25 días. Las temperaturas cardinales de germinación para los cultivares Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro

Abstract

Knowledge of the cardinal temperatures and germination rate may be useful as a criterion for determining planting dates and locations of a given species. These variables (temperature and rate) have been determined for a number of crops. However, this information is not available for husk tomato cultivars (*Physalis philadelphica* Lam.), even though this species ranks fourth in importance among the vegetables grown in Mexico. The aim of this study was to determine the cardinal temperatures and germination rates of seeds of Diamante, Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo husk tomato cultivars. The presence of latency in these cultivars was discarded. This study was conducted in the Postgraduate College and the Autonomous University of Chapingo in 2011-2012. In germination chambers, seeds were germinated on filter paper in Petri dishes in darkness and constant temperature of 3, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C, a completely randomized factorial experimental design with five replications per cultivar was used. The germinated seeds (emerged radicle) were counted and discarded every five days for 25 days. The cardinal temperatures for germination of Diamante, Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo cultivars were: minimum: 7-9, 9, 7, 10 °C; optimum: 25-30, 30, 30, 25-30 °C

* Recibido: marzo de 2014
Aceptado: abril de 2014

Gordo fueron: mínima: 7-9, 9, 7, 10 °C; óptima: 25-30, 30, 30, 25-30 °C respectivamente; máxima: 45 °C para todos los cultivares. Las mayores velocidades de germinación fueron: 23.4, 23.6, 21.8 y 18.7 semillas por día, respectivamente.

Palabras clave: *Physalis philadelphica* Lam., temperatura mínima, óptima y máxima, latencia.

Las temperaturas cardinales de germinación se refieren a la temperatura máxima, mínima y óptima y no necesariamente a una sola temperatura sino generalmente en cada caso a un intervalo pequeño de temperatura. Colectivamente las tres temperaturas se denominan temperaturas cardinales de germinación (Ginzo, 1980). La germinación se expresa como porcentaje de semillas germinadas de una muestra. A temperaturas menores a la mínima o mayores a la máxima, la semilla no germina. y entre la temperatura máxima y mínima, se ubican las temperaturas que Bewley y Black (1994) denominan “temperaturas de la capacidad para germinación”. En las temperaturas extremas se obtiene el menor porcentaje de germinación (Besnier, 1989). Por otro lado, entre la temperatura máxima y mínima, ocurre la temperatura óptima, en la cual se obtiene el máximo porcentaje de germinación en el menor tiempo (Hartmann y Kester, 1980; Besnier, 1989). Antes y después de la temperatura óptima, la velocidad de germinación disminuye.

Bewley y Black (1994) indican que es importante enfatizar que cuando se consideren los efectos de la temperatura en la germinación, se debe tener cuidado en excluir la latencia. La latencia se define como la incapacidad de germinar de una semilla intacta y viable, aunque esté en las condiciones requeridas para su germinación (Amen, 1968; Moreno 1984; Varela y Arana, 2011). Las especies cultivadas por lo general no poseen latencia, ya que en el proceso de la domesticación el hombre las ha despojado de esta característica que les permite mantenerse viables hasta que las condiciones ambientales sean propicias para la germinación y el establecimiento de la plántula (Márquez *et al.*, 2013).

La velocidad de germinación expresa el número de semillas germinadas por día (Martínez *et al.*, 2010). Maguire (1962) indica que la velocidad de germinación se obtiene al mismo tiempo que se determinan los porcentajes de germinación.

El tomate de cáscara, es una de las hortalizas de importancia cultural y económica en México (Santiaguillo y Blas, 2009). Para el periodo 1990-1999 en la Región Centro de México, tuvo un crecimiento de 4.4% de superficie cosechada y 6.5%

respectively; maximum: 45 °C for all cultivars. The highest germination rates were: 23.4, 23.6, 21.8 and 18.7 seeds per day, respectively.

Keywords: *Physalis philadelphica* Lam, minimum, optimum and maximum temperature, latency.

The cardinal temperatures for germination refer to the maximum, minimum and optimum temperature and not necessarily to a single temperature but generally to a small temperature range in each case. Collectively the three temperatures are called cardinal temperatures for germination (Ginzo, 1980). Germination is expressed as percentage of germinated seeds in a sample. At temperatures below the minimum or above the maximum temperatures, the seed does not germinate and values between the maximum and minimum temperature, are called "temperatures for germination capacity" by Bewley and Black (1994). At extreme temperatures the lowest germination percentage is obtained (Besnier, 1989). On the other hand, between the maximum and minimum temperature occurs the optimum temperature, at which the maximum germination percentage is obtained in the shortest time (Hartmann and Kester, 1980; Besnier, 1989). Below and above the optimum temperature, the germination rate drops.

Bewley and Black (1994) emphasize that latency must be excluded when considering temperature effects on germination. Latency is defined as the inability of an intact and viable seed to germinate, even if it is under the required conditions for germination (Amen, 1968, Moreno 1984, Varela and Arana, 2011). Crop species usually have no latency, since man has discarded this feature through the domestication process, a feature that allows them to remain viable until environmental conditions are favorable for germination and seedlings establishment (Márquez *et al.*, 2013).

Germination rate expresses the number of germinated seeds per day (Martínez *et al.*, 2010). Maguire (1962) indicates that the germination rate is obtained as the germination percentages are determined.

Husk tomato is a vegetable of cultural and economic importance in Mexico (Santiaguillo and Blas, 2009). During 1990-1999 in the Central Region of Mexico, a 4.4% growth rate in harvested area and 6.5% in production volume was obtained (Garza, 2002). Husk tomato ranks fourth among the vegetables grown in Mexico (Santiaguillo *et al.*, 2009) and

en volumen de producción (Garza, 2002). Ocupa el cuarto lugar entre las hortalizas cultivadas en México (Santiaguillo *et al.*, 2009) y frecuentemente se siembra en almácigos o en semilleros de poliestireno y posteriormente es trasplantado a un sitio definitivo. Las temperaturas cardinales de germinación han sido determinadas principalmente en especies cultivadas como maíz, arroz, trigo, cebada, centeno, avena, tabaco (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1975), garbanzo, lenteja y soya (Covell *et al.*, 1986), cacahuete y mijo (Mohamed *et al.*, 1988), y en algunos cultivos hortícolas de trasplante como col, coliflor y jitomate (Knott, 1962). Sin embargo, no se encontró en la literatura sobre este tema, información para cultivares de tomate de cáscara.

El conocimiento de las temperaturas cardinales y de la velocidad de germinación puede ser útil como criterio en la determinación de fechas y localidades específicas de siembra, además de poder garantizar que el número de semillas para la siembra sea suficiente para obtener una población aceptable de plantas, especialmente en cultivos de trasplante. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar las temperaturas cardinales y la velocidad de germinación en los cultivares, Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo de tomate de cáscara.

El estudio se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Postgrado de Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Montecillo, Texcoco, Estado de México) y en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (Chapingo, Texcoco, Estado de México) durante 2011-2012.

Se emplearon semillas de cuatro cultivares de tomate de cáscara (*P. philadelphica* Lam.): Diamante, Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo. El cultivar Diamante es un híbrido intervarietal, precoz, de alto rendimiento, tamaño del fruto grande, se cultiva en el Bajío y Valles Altos. Chapingo, es un cultivar precoz, de alto rendimiento y se cultiva principalmente en el Bajío y Valles Altos. Diamante y Chapingo, fueron generados en el programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en el Estado de México y las semillas fueron colectadas en 2007 (Peña, 2001).

Tecozautla, es una población de colectas realizadas en la zona de Tecozautla, Hidalgo en 2007, cuyo fruto es de exportación, de tamaño grande y larga vida de anaquel; se cultiva principalmente en el Noroeste del país en los estados

is often planted in seedbeds or in polystyrene seedling trays and is then transplanted to a permanent site. The cardinal temperatures for germination have been determined mainly in crop species such as maize, rice, wheat, barley, rye, oats, tobacco (Mayer and Poljakoff - Mayber, 1975), chickpeas, lentils and soybeans (Covell *et al.*, 1986) peanut and millet (Mohamed *et al.*, 1988), and in some transplant vegetable crops as cabbage, cauliflower and tomato (Knott, 1962). However, there is no information available on this topic for husk tomato cultivars in the literature.

Knowledge of the cardinal temperatures and germination rate may be useful as a criterion in determining specific planting dates and locations, besides assuring enough seeds for planting to obtain an acceptable plant population, especially in transplant crops. Therefore, the aim of this study was to determine the cardinal temperatures and germination rate in Diamante, Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo husk tomato cultivars.

The study was conducted in the Plant Physiology laboratory of the Botany Postgraduate Section, Campus Montecillo, Postgraduate College in Agricultural Sciences (Montecillo, Texcoco, State of Mexico) and the Seed Laboratory of the Department of Plant Sciences at the Autonomous University of Chapingo (Chapingo, Texcoco, State of Mexico) during 2011-2012.

Seeds of four husk tomato cultivars (*P. philadelphica* Lam.) were used: Diamante, Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo. Diamante is an early, high performance, large fruit size intervarietal hybrid, grown in the Bajío and Valles Altos. Chapingo, is an early, high performance cultivar, grown mainly in the Bajío and Valles Altos. Diamante and Chapingo, were generated in the Autonomous University of Chapingo (UACH) husk tomato breeding program, in the State of Mexico and the seeds were collected in 2007 (Peña, 2001).

Tecozautla is a population of collections made in the Tecozautla zone, Hidalgo in 2007, whose fruit is for export, with large size and long shelf life, grown mainly in the west side of the country in the states of Sinaloa and Sonora. Cerro Gordo, comes from the Cerro Gordo town in Salamanca, Guanajuato and the collection was made in 2006, is a high performance cultivar, with mid-size fruit, grown in the Bajío, Valles Altos and the northwest of the country (Pers. Com. Drs. Aureliano Peña Lomelí and Natanael Magaña Lira).

de Sinaloa y Sonora. Cerro Gordo, proviene de la población de Cerro Gordo en Salamanca, Guanajuato y la colecta se realizó en 2006, es un cultivar de alto rendimiento, su fruto es de tamaño mediano y se cultiva en el Bajío, Valles Altos y en el Noroeste del país- (Com. Pers. Dres. Aureliano Peña Lomelí y Natanael Magaña Lira).

Para determinar las temperaturas cardinales, se obtuvieron los datos del porcentaje de germinación y la velocidad de germinación. Para ello se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial donde los factores fueron los cultivares y las temperaturas. La combinación de los cuatro cultivares y las doce temperaturas resultó en cuarenta y ocho tratamientos (Cuadro 1). Para cada tratamiento se emplearon cinco repeticiones. La unidad experimental constó de una caja Petri con cien semillas. Se colocaron grupos de cien semillas por cultivar sobre discos de papel filtro Whatman No. 43 dentro de sendas cajas Petri de vidrio de 9 cm de diámetro. Las cajas Petri conteniendo las semillas fueron colocadas dentro de una germinadora (Seedburo Equipment Inc.) de 242 dm³ de capacidad, excepto para las temperaturas de 40 y 45 °C en las cuales se empleó una estufa (Thelco) con 90 dm³ de capacidad. Las temperaturas de germinación fueron constantes de acuerdo al tratamiento y en oscuridad. Se realizaron riegos con agua destilada cuando fue necesario.

In order to determine the cardinal temperatures, data from the germination percentage and germination rate were obtained. For this, a completely randomized factorial design was used where the factors were cultivars and temperatures. The combination of the four cultivars and twelve temperatures resulted in forty-eight treatments (Table 1). For each treatment five replicates were used. The experimental unit consisted of a Petri dish with a hundred seeds. Groups of a hundred seeds per cultivar were placed on Whatman No. 43 filter paper disks within glass Petri dishes 9 cm in diameter. The Petri dishes containing seeds were placed in a germinator (Seedburo Equipment Inc.) of 242 dm³ capacity, except for temperatures 40 and 45 °C in which an oven (Thelco) with 90 dm³ capacity was used. Germination temperatures were constant according to treatment and in darkness. Irrigations with distilled water were performed if necessary.

Every five days, the Petri plates were checked, and germinated seeds were counted and removed, using biological germination as criterion, when the radicle protrudes (approximate size of 3-5 mm). This operation was performed for a period of 25 days or suspended sooner if one hundred percent of the seeds had germinated. From these data the total percentage and germination rate were

Cuadro 1. Cultivares de tomate de cáscara y temperaturas bajo estudio generando un total de 48 tratamientos.
Table 1. Husk tomato cultivars and temperatures under study generating a total of 48 treatments.

Cultivar	Temperatura °C												
Diamante	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45	
Chapingo	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45	
Tecozautla	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45	
Cerro Gordo	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45	

Cada cinco días se revisaron las cajas Petri, se contaron y eliminaron las semillas germinadas, tomando como criterio la germinación biológica, que es cuando emerge la radícula (tamaño aproximado de 3 a 5 mm). Dicha operación se realizó por un periodo de 25 días o se suspendió antes si el cien por ciento de las semillas ya había germinado. Con dichos datos se obtuvieron el porcentaje total y la velocidad de germinación. Las semillas empleadas para los ensayos de germinación a 40 y 45 °C se desinfectaron previamente con una solución comercial de hipoclorito de sodio al 5% (Cloralex®), debido a

obtained. Seeds used for germination tests at 40 and 45 °C were previously disinfected with a commercial solution of sodium hypochlorite at 5% (Cloralex®), because fungi were observed in preliminary tests only at these temperatures, thus at other temperatures, seeds required no disinfection.

For germination rate the formula proposed by Maguire (1962) was used, which expresses germination rate as the number of germinated seeds per day:

que en ensayos preliminares se observó la presencia de hongos sólo a estas temperaturas, por lo que en las otras temperaturas, no fue necesaria la desinfección de las semillas.

Para obtener la velocidad de germinación se usó la fórmula propuesta por Maguire (1962), la cual expresa la velocidad de germinación como el número de semillas germinadas por día:

$$VG = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Días al primer conteo}} + \dots + \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Días al conteo final}}$$

Donde:

VG= velocidad de germinación (sumatoria del número de semillas germinadas por día).

Número de semillas germinadas (en el día del conteo).

Días al primer conteo y días al conteo final (a partir del inicio del ensayo).

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar. Los porcentajes de germinación, previa transformación a arcoseno (Kuehl, 2001), se les realizaron análisis de varianza dentro de cultivares y dentro de temperaturas, mediante el programa Statistical Analysis System y cuando se encontraron diferencias significativas, se llevaron a cabo pruebas de comparación de medias de Tukey, $p \leq 0.05$ (SAS, 2002). Para la velocidad de germinación se llevaron a cabo los mismos análisis estadísticos sin la transformación de datos.

En el presente estudio se descartó la presencia de latencia en las semillas debido a que son cultivares que se siembran comercialmente y que han tenido un proceso de mejoramiento genético. Adicionalmente, se realizó la prueba de viabilidad con cloruro de tetrazolio al 0.1% y se observó que el porcentaje de viabilidad y germinación fueron similares en los cuatro cultivares (Cuadro 2).

En cuanto a las temperaturas cardinales, no hubo diferencias entre cultivares en la temperatura máxima, y sí las hubo en la mínima y óptima. Las temperaturas cardinales mínimas oscilaron entre 7 y 10 °C ya que a 3 y 5 °C no hubo germinación en ninguno de los cultivares. La temperatura óptima de germinación para Diamante y Cerro Gordo fue de 25 a 30 °C y para Chapingo y Tecozautla de 30 °C (Cuadro 3 y Figura 1). Los porcentajes más altos de germinación se presentaron en el intervalo de 15 a 35 °C (Cuadro 4).

$$VG = \frac{\text{Number of seeds germinated}}{\text{Days to first count}} + \dots + \frac{\text{Number of seeds germinated}}{\text{Days to final count}}$$

Where:

GR= germination rate (sum of the number of germinated seeds per day).

Number of germinated seeds (day count).

Days to first count and days to final count (from trial start).

Data were analyzed in a completely randomized design. Analysis of variance was carried out on the germination percentages, after arcsine transformation (Kuehl, 2001), within cultivars and within temperatures by the Statistical Analysis System software then Tukey means comparison tests, $p \leq 0.05$ (SAS, 2002) were performed when significant differences were found. The same statistical analysis without data transformation were carried out for germination rate.

In the present study the presence of seed latency was discarded because they are commercially planted cultivars and have undergone a breeding process. Additionally, the viability test with 0.1% tetrazolium chloride was conducted and showing similar viability and germination percentages in the four cultivars (Table 2).

Cuadro 2. Porcentajes de viabilidad y germinación de cultivares de tomate de cáscara a 25 °C.

Table 2. Viability and germination percentages of husk tomato cultivars at 25 °C.

Cultivar	Viabilidad (%)	Germinación (%)
Diamante	97.0	94.5
Chapingo	89.0	91.0
Tecozautla	90.0	93.0
Cerro Gordo	96.0	89.4

As for the cardinal temperatures, there were no differences between cultivars in the maximum temperature, but there were for the minimum and optimum. Minimum cardinal temperatures ranged between 7 and 10 °C since at 3 and 5 °C no cultivars germinated. The optimum germination temperature for Diamante and Cerro Gordo was 25-30 °C

Cuadro 3. Temperaturas cardinales y porcentaje máximo de germinación en cultivares de tomate de cáscara.
Table 3. Cardinal temperatures and maximum germination percentage in husk tomato cultivars.

Cultivar	Temperatura °C			(%) máximo de germinación
	Máxima	Mínima	Óptima	
Diamante	45	7-9	25-30	96.6 (35) ¹
Chapingo	45	9	30	92.2 (35)
Tecozautla	45	7	30	92.7 (30)
Cerro Gordo	45	10	25-30	89.4 (25)

¹El número entre paréntesis indica la temperatura (°C) a la cual se obtuvo el máximo porcentaje de germinación. Cabe mencionar, que no es la temperatura cardinal óptima debido a que no toma en cuenta la velocidad máxima de germinación.

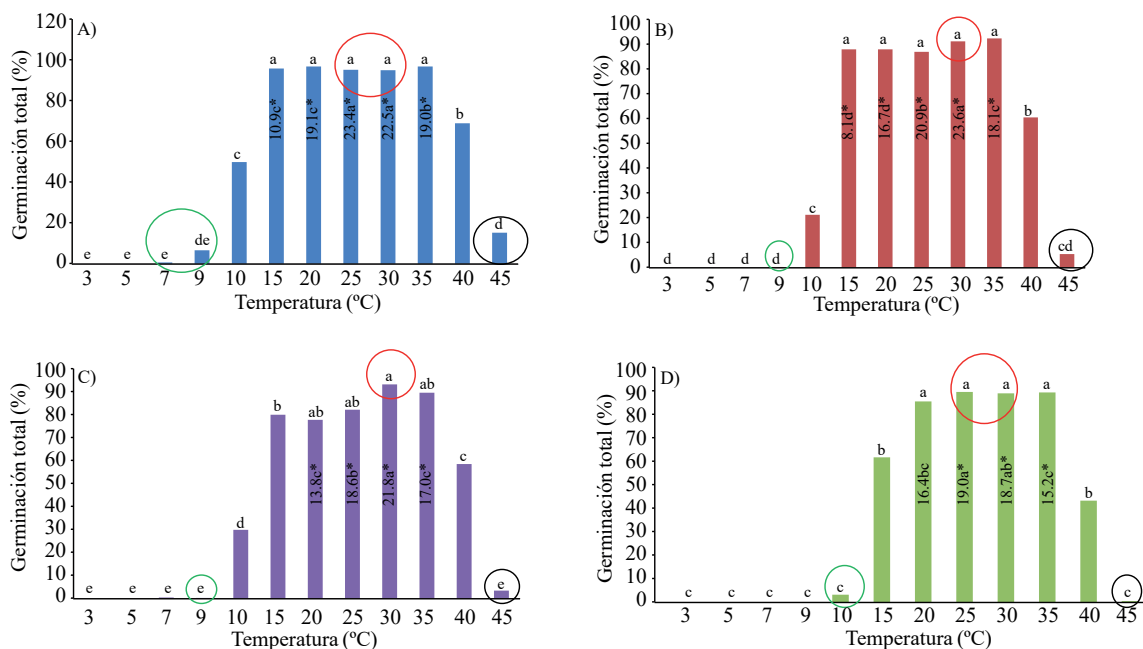


Figura 1. Porcentaje de germinación de *P. philadelphica* Lam. en el intervalo de 3 a 45 °C en un periodo de 25 días. A) cv. Diamante; B) cv. Chapingo; C) cv. Tecozautla; y D) cv. Cerro Gordo. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$). Los números dentro de las barras corresponden a las velocidades de germinación (número de semillas germinadas por día)*. Los círculos indican las temperaturas cardinales de germinación mínima (verde), óptima (rojo) y máxima (negro).

Figure 1. Germination percentage of *P. philadelphica* Lam. in the range from 3 to 45 °C over a period of 25 days. A) cv. Diamante; B) cv. Chapingo; C) cv. Tecozautla; and D) cv. Cerro Gordo. Different letters above bars indicate significant differences ($\alpha = 0.05$). Numbers inside the bars correspond to germination rates (number of germinated seeds per day)*. Circles indicate the minimum (green), optimum (red) and maximum (black) cardinal temperatures for germination.

Cuadro 4. Porcentajes de germinación en cuatro cultivares de tomate de cáscara a temperaturas de 7 a 45 °C.
Table 4. Germination percentages in four husk tomato cultivars at temperatures from 7 to 45 °C.

Cultivar	Temperatura °C									
	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45
Diamante	0.6a	3.8a	10.0a	95.2a	96.6a	95.0a	94.8a	96.6a	66.8a	5.3a
Chapingo	0.0a	0.2b	4.2a	87.4ab	82.6b	86.8ab	91.4a	92.2ab	60.4a	1.1ab
Tecozautla	0.1a	0.2b	10.0a	79.8b	81.6b	83.8b	92.7a	89.4b	58.4a	0.7ab
Cerro Gordo	0.0a	0.0b	0.6a	61.6c	81.6b	89.4ab	92.4a	89.2b	43.2a	0.5b

Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$). El mayor porcentaje de germinación se alcanzó para Diamante y Chapingo a los 5 días, para Tecozautla a los 4.2 y Cerro Gordo a los 4.9 días.

Las temperaturas cardinales mínimas de los cultivares fueron de 3 a 5 °C superiores a las mínimas para col y coliflor reportadas por Knott (1962). El mismo autor consigna para jitomate una mínima de 10 °C y una máxima de 35 °C la cual es menor que la del tomate de cáscara. Lo anterior ejemplifica el hecho de que las temperaturas cardinales mínima y máxima no son dependientes entre sí.

Respecto a la velocidad de germinación, fue igual entre cultivares a temperaturas de 7, 9 y 45 °C. De 10 a 40 °C se observaron diferencias entre cultivares. La velocidad de Diamante fue superior a Chapingo, Tecozautla y Cerro Gordo. A 30 y 35 °C la velocidad de germinación de Diamante y Chapingo fue igual entre ellos, superando a Tecozautla y Cerro Gordo. Esto muestra la diferencia en la respuesta de los cultivares a la temperatura. Es importante hacer notar que de acuerdo con los datos del presente estudio, el porcentaje máximo de germinación puede ocurrir a temperatura óptima como lo indica la definición, por ejemplo en el cultivar Tecozautla. Sin embargo, dicho porcentaje puede desplazarse por debajo de la temperatura óptima o por arriba de dicha temperatura como en Diamante y Chapingo (Cuadro 5 y Figura 1).

and 30 °C for Chapingo y Tecozautla (Table 3 and Figure 1). The highest germination percentages occurred in the range of 15-35 °C (Table 4).

The minimum cardinal temperatures of cultivars were 3-5 °C above the minimum for cabbage and cauliflower reported by Knott (1962). This author indicates 10 °C minimum and 35 °C maximum for tomato, lower than those of husk tomato. This illustrates the fact that the minimum and maximum cardinal temperatures are not interdependent.

Germination rate was the same among cultivars at temperatures of 7, 9 and 45 °C. From 10 to 40 °C differences were observed among cultivars. The rate in Diamante was higher than in Chapingo, Tecozautla and Cerro Gordo. At 30 and 35 °C the germination rate was equal for Diamante and Chapingo exceeding Tecozautla and Cerro Gordo. This shows the difference in cultivars response to temperature. According to data from this study, it is remarkable that the maximum germination percentage can occur at optimum temperature as indicated

Cuadro 5. Velocidad de germinación (número de semillas germinadas día⁻¹) en cultivares de tomate de cáscara a temperaturas de 7 a 45 °C.

Table 5. Germination rate (number of germinated seeds day⁻¹) in husk tomato cultivars at temperatures from 7 to 45 °C.

Cultivar	Temperatura °C									
	7	9	10	15	20	25	30	35	40	45
Diamante	0.01 ^a	0.03 ^a	2.92 ^a	10.89 ^a	19.09 ^a	23.40 ^a	22.50 ^{ab}	19.08 ^a	9.70 ^a	1.50 ^a
Chapingo	0.00 ^a	0.00 ^a	1.23 ^c	8.14 ^b	16.70 ^b	20.89 ^b	23.64 ^a	18.17 ^{ab}	6.70 ^{ab}	0.65 ^a
Tecozautla	0.01 ^a	0.02 ^a	1.82 ^b	6.71 ^c	13.80 ^c	18.67 ^b	21.83 ^b	17.00 ^{bc}	6.50 ^{ab}	0.40 ^a
Cerro Gordo	0.00 ^a	0.00 ^a	0.15 ^d	3.12 ^d	16.40 ^b	19.02 ^b	18.70 ^c	15.16 ^c	4.50 ^b	0.40 ^a

Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

Se detectaron diferencias entre los cultivares en las temperaturas cardinales mínimas y en las óptimas, así como en el porcentaje máximo de germinación. Las diferencias en la velocidad de germinación se detectaron solamente en temperaturas comprendidas entre 10 y 40 °C. A diferencia de Chapingo y Cerro Gordo, los cultivares Diamante y Tecozautla son susceptibles de sembrarse en fecha más temprana debido a su menor temperatura cardinal mínima de germinación.

by the definition, for example in the Tecozautla cultivar. However, this percentage can move below or above the optimum temperature as in Diamante and Chapingo (Table 5 and Figure 1).

Conclusions

Differences were detected among cultivars in the minimum and optimum cardinal temperatures as well as in the maximum germination percentage. Differences in

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgar a la primera autora la beca para la realización de sus estudios de Maestría en el Postgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Al Dr. Aureliano Peña Lomelí por proporcionar la semilla para la realización de esta investigación y a la Dra. María Teresa Colinas León por facilitar el uso de las germinadoras en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Literatura citada

- Amen, R. D. 1968. A model of seed dormancy. *Bot. Rev.* 34:1-31
- Besnier, R. F. 1989. Semillas, biología y tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Bewley, J. D. and Black, M. 1994. Seeds, physiology of development and germination. Ed. Plenum. 2nd edition. New York. U. S. A. 445 p.
- Covell, S.; Ellis, R. H.; Roberts, E. H. and Summerfield, R. J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *J. Exp. Bot.* 37(178):705-715.
- Garza, L. J. Ma. 2002. Tomate verde: factores que determinan los niveles de productividad y rentabilidad en la Región Centro de México. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Reporte de Investigación 61. México. 54 p.
- Ginzo, H. 1980. Fisiología vegetal. *In: Sívori, E.; Montaldi, E. y Caso, O.* (Ed). Fisiología de la germinación. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 p.
- Hartmann, H. T. y Kester, D. E. 1980. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Trad. al español de la edición en inglés por Ambrosio, A. M. Compañía Editorial Continental, S. A. México. 810 p.
- Knott, J. E. 1962. Handbook for vegetable growers. Wiley, J. and Sons, Inc. New York. 245 p.
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Thomson Learning. 2^a. (Ed.). México, D. F. 665 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2 (2):176-177.
- germination rate were found only in temperatures between 10 and 40 °C. Unlike Chapingo and Cerro Gordo, Diamante and Tecozautla cultivars are susceptible to be planted on an earlier date due to their lower minimum cardinal temperature for germination.

End of the English version



- Márquez, G. J.; Collazo, O. M.; Martínez, G. M.; Orozco, S. A. y Vázquez, S. S. (Eds.). 2013. Biología de angiospermas. UNAM. Facultad de Ciencias. Coordinación de la Investigación Científica. 602 p.
- Martínez, S. J.; Virgen, V. J.; Peña, O. M. y Santiago, R. A. 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(3): 289-304.
- Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. 1975. The germination of seeds. Division of plant physiology. Volume 5. 2nd (Ed.). Pergamon Press. Great Britain. 192 p.
- Mohamed, H. A.; Clark, J. A. and Ong, C. K. 1988. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. I.- Germination characteristics of groundnut (*Arachis hypogaeae* L.) and Pearl millet (*Penisetum typhoides* S. & H.). *J. Exp. Bot.* 39(205):1121-1128.
- Moreno, G. E. 1984. Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México (UNAM). México. 380 p.
- Peña, L. A. 2001. Situación actual y perspectiva de la producción y mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en México. *In: Primer simposio Nacional. Técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras Solanáceas.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila. 10 p.
- Santiaguillo, H. J. y Blas, S. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Rev. Geog. Agríc.* 43:81-86.
- Santiaguillo, H. J.; Vargas, P. O.; Grimaldo, J. O.; Sánchez, M. J. y Magaña, L. N. 2009. Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*) en México. Publicaciones de la Red de Tomate de Cáscara. Folleto técnico Núm. 2. Septiembre 2009. México. 31 p.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2002. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS. Institute. Cary, NC, USA.
- Varela, A. S. y Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie Técnica: "sistemas forestales integrados". Sección silvicultura en vivero, cuadernillo Núm. 3. Área Forestal-INTAEEA. Bariloche, Argentina. 10 p.