

*Revista Electrónica Nova Scientia*

Acondicionamiento térmico de semillas en la germinación, emergencia, vigor y etapa vegetativa de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

Termopriming on germination, seedling emergence and seedling vigour of basil seeds (*Ocimum basilicum* L.)

**Mirella Romero-Bastidas<sup>1</sup>, Alejandra Nieto-Garibay<sup>1</sup>, Luis Guillermo Hernández-Montiel<sup>1</sup>, Enrique Troyo-Diéguez<sup>1</sup>, Rogelio Ramírez-Serrano<sup>1</sup> y Bernardo Murillo-Amador<sup>1\*</sup>**

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, Baja California Sur, México.

---

**México**

\*Bernardo Murillo Amador: [bmurillo04@cibnor.mx](mailto:bmurillo04@cibnor.mx)

## Resumen

La importancia económica de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a nivel mundial, ha impulsado la búsqueda de estrategias como el acondicionamiento previo a la semilla para mejorar los índices de vigor en la planta, relacionados con un rendimiento mayor, calidad y tolerancia a algún tipo de estrés. El objetivo del presente estudio fue determinar el umbral óptimo de acondicionamiento de la semilla con diferentes gradientes de escarificación sobre las características de vigor relacionadas a variables morfométricas y fisiológicas en plántulas de albahaca durante las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo inicial. Semillas de albahaca variedad Nuffar se sometieron a tratamientos de acondicionamiento térmico mediante la exposición de calor seco, en cuatro gradientes de temperatura (40, 50, 60 y 70°C) y diferentes intervalos de tiempo (30, 60 y 90 min) y un tratamiento control (25°C), mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro y/o cinco repeticiones. Los resultados mostraron que la temperatura y los tiempos de exposición afectaron significativamente ( $p \leq 0.05$ ) las variables de tasa y porcentaje de germinación y emergencia, así como las variables morfométricas y fisiológicas de la planta. En la etapa de germinación, el tratamiento de 70°C afectó negativamente la respuesta de la planta en todas las variables evaluadas, independientemente de los tiempos de exposición, mientras que los tratamientos de 40, 50 y 60°C fueron iguales al control. En la etapa de emergencia, se observó una tendencia determinada hacia el tratamiento de 60°C por un tiempo de exposición de 60 min, el cual mejoró significativamente las características de vigor. Sin embargo, no fue así para el tratamiento de 70°C, el cual provocó disminución en las variables evaluadas. Asimismo, durante la etapa vegetativa inicial, la exposición a 60°C por 30 y 60 min mejoró significativamente las variables morfo fisiológicas de las plántulas comparado con el control y el resto de los tratamientos.

**Palabras clave:** acondicionamiento térmico; germinación; emergencia; vigor; crecimiento vegetativo inicial

*Recepción:* 27-10-2015

*Aceptación:* 14-12-2015

## Abstract

Worldwide the economic importance of basil (*Ocimum basilicum* L.) has prompted the search for strategies, such as seed conditioning in order to improve the indices of vigour of the plant with respect to improving yield, quality and tolerance to some types of stress. The aim of this study was to determine the optimal threshold conditioning of the seeds needed with different temperature gradients on the characteristics of vigour related to morphometric and physiological variables of basil seedlings during the stages of germination, emergence and early vegetative growth. Basil seeds of the Nuffar variety were subjected to thermal conditioning treatments by exposure to dry heat using four temperature gradients (40, 50, 60 and 70 °C) and different time intervals (30, 60 and 90 min), as well as a control (25 °C) treatment. A completely randomized design was carried out with factorial arrangement with four and/or five repetitions. The results showed that the temperature and exposure times significantly ( $p \leq 0.05$ ) affected rates and percentages of germination and emergence, as well as the morphometric and physiological variables of the plant. In the germination stage, the treatment of 70 °C negatively affected the plant response in all variables, regardless of exposure times, while treatments 40, 50 and 60 °C were equal to control. In the emergence stage, the 60 °C treatment with an exposure time of 60 min significantly improved the different characteristics of vigour. However, the treatment at 70 °C caused a decrease in the different variables evaluated. In addition, during the early vegetative stage, exposure to 60 °C for 30 and 60 min significantly improved morphological and physiological variables of the plants compared to the control and other treatments.

**Key words:** thermal conditioning, germination, emergence, vigour, early vegetative growth.

## Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es uno de los principales cultivos de hierbas aromáticas de mayor importancia económica a nivel mundial (Garibaldi *et al.*, 1997, 124). La diversidad de aceites esenciales derivadas de terpenos y fenilpropanoides que poseen las hojas, reflejan una variedad de aromas y sabores que las hace atractivas a nivel comercial en el uso culinario, perfumería y productos de aromaterapia (Wyenandt *et al.*, 2010, 1416). Actualmente existen alrededor de 150 especies de albahaca distribuidas a nivel mundial con una demanda constante en el mercado internacional de Estados Unidos y la Unión Europea. Debido a lo anterior, se deben buscar estrategias que ayuden a incrementar la producción de esta especie y a su vez mejorar las características de calidad.

Estudios anteriores han determinado que uno de los procesos esenciales para incrementar el rendimiento con respecto a la cantidad y calidad, es la velocidad y uniformidad de la germinación, así como la emergencia y el desarrollo vegetativo de la planta en campo (Hacisalihoglu y Ross, 2010, 214). Estos parámetros están relacionados con el vigor, el cual a su vez, se relaciona con una resistencia mayor a los distintos factores estresantes (Bittencourt *et al.*, 2005, 319). Existen algunas técnicas que estimulan el vigor de las plantas mediante el acondicionamiento previo de la semilla para reaccionar con mayor rapidez a la exposición posterior de algún tipo de estrés (Haigh *et al.*, 1986, 660; Bittencourt *et al.*, 2005, 319). Este mecanismo de sensibilización, conocido también como “priming”, surgió como parte importante en el desarrollo óptimo de la planta (Capanoglu, 2010, 399). Su principio se basa en someter a la semilla a diferentes tratamientos que permitan la activación de eventos metabólicos pre-germinativos, para permitir la protrusión de la radícula (Selvarani y Umarani, 2011, 857). Durante la activación de estos eventos metabólicos se producen cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos que determinan un incremento en el rendimiento de la producción, en la tolerancia al estrés abiótico o en la síntesis de metabolitos secundarios en las semillas y las plantas (Randhir *et al.*, 2002, 1247). Se ha demostrado que la temperatura es uno de los factores más importantes en la activación y estimulación de procesos metabólicos de la semilla (Castillo y Santibáñez, 1987, 1; Adhikary y Tarai, 2013, 629), considerado un método relevante en los tratamientos de acondicionamiento previo a la siembra (Lee *et al.*, 1995, 10432). En algunas especies como *Triticum sativum* (Yari *et al.*, 2010, 1), *Stevia rebaudiana*, *Salvia sclarea* y *Tagetes minuta* (Kumar y Sharma, 2012, 468), así como *Corchorus olitorius* (Denton *et al.*, 2013, 98), *Juniperus macrocarpa* Sm (Pinna *et al.*, 2014, 338), se demostró que la exposición a diferentes temperaturas y tiempos, provoca un incremento en el vigor de la planta. Estos estudios revelan el efecto de la temperatura en la estimulación del

desarrollo vegetativo, garantizando un efecto en el aumento del rendimiento (Yari *et al.*, 2010, 2). Sin embargo, estudios basados en tratamientos de temperatura en semillas de albahaca para estimular el vigor de la planta son escasos. La mayoría de las investigaciones sobre acondicionamiento con calor se basan en tratamientos de agua caliente, lo que en el caso de la semilla de albahaca es algo complejo debido a que presenta una característica mucilaginoso al ser sometida a humedad (Rafe y Razavi, 2013, 556). Asimismo, los estudios que consideran la respuesta fisiológica de plantas cuyas semillas reciben tratamientos térmicos como pre-acondicionamiento son aún más escasos. Las respuestas fisiológicas de las plantas dependen de los factores climáticos y microclimáticos en el medio en que se desarrollan (Kinoshita y Seki, 2014, 1859). Así, en zonas áridas y semiáridas las temperaturas altas, tasas evaporativas y radiación son parte de las condiciones a las que se exponen las especies vegetales. En este sentido, mientras mayor es el vigor de una planta mayor será la capacidad de adaptación a estas condiciones adversas (Haigh *et al.*, 1986, 660; Bittencourt *et al.*, 2005, 319). Las estrategias fisiológicas de las plantas a estas condiciones incluyen especies de plantas aromáticas. La disminución de la pérdida de agua a través de la transpiración mediante el cierre estomático forma parte de estas estrategias para realizar los procesos metabólicos básicos (Ojeda *et al.*, 2013, 145) y de esta forma realizar los procesos metabólicos básicos.

Basado en las premisas anteriores, la hipótesis del presente estudio es que el pre-acondicionamiento térmico en semilla de albahaca mejorará los índices de vigor propuestos por Abdul y Anderson (1970, 31), Parera y Cantliffe (1991, 942), Hampton *et al.* (2000, 861), Bitá y Gerats (2013, 18) que involucra un incremento en el porcentaje y tasa de germinación y emergencia, en el crecimiento y producción de biomasa de plántulas en la etapa temprana de crecimiento, como consecuencia de diferentes estrategias fisiológicas, en comparación con plantas cuyas semillas no fueron pre-acondicionadas. El objetivo del presente estudio fue determinar el umbral óptimo de acondicionamiento de la semilla con diferentes gradientes de escarificación sobre las características de vigor relacionadas a variables morfológicas y fisiológicas en plántulas de albahaca durante las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo inicial.

## Método

**Área de estudio.** El estudio se realizó en el laboratorio de fisiotecnia vegetal y en el campo experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), ubicado

a 17 km al Noroeste de La Paz, Baja California Sur, México (24°08'LN 110°24'LO). El área se caracteriza por tener un clima Bw (h') hw (e) considerado como semiárido y de vegetación xerofita (García, 2004, 98), con temperaturas medias anuales de 24.7°C con máximas en verano de 35°C y mínimas de 17°C, con precipitación promedio anual de 334.7 mm (CONAGUA, 2014, 27).

**Material genético.** Se utilizaron semillas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) de la variedad Nufar, las cuales se obtuvieron de la compañía Vis Seed® Company Inc. (Arcadia, CA, USA).

**Tratamientos.** Las semillas de albahaca se trataron con temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C a diferentes tiempos de exposición de 30, 60 y 90 min, lo cual se realizó en un horno de secado (Shel-Lab® modelo FX-5, serie-1000203). Se utilizó un grupo control comparativo de semillas sin tratamiento térmico, que consistió en mantener las semillas a temperatura ambiente del laboratorio (25°C) durante los mismos tiempos de exposición (ISTA, 1996, 299).

**Germinación.** Las semillas tratadas se colocaron en cajas Petri de 150 × 15 mm, que contenían como sustrato un papel filtro Whatman No. 2 humedecido previamente. Se colocaron 50 semillas en cada caja Petri, correspondiendo una repetición por caja. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones. El factor 1 fueron las temperaturas, con cuatro niveles (40, 50, 60 y 70°C) y el factor 2 fueron los tiempos de exposición de las semillas a las diferentes temperaturas, con tres niveles (30, 60 y 90 min) y un control (25°C). Las cajas con las semillas se depositaron en cámara de germinación (Lumistell®, modelo IES-OS) en condiciones controladas de temperatura (25±1°C), humedad constante (80%) y fotoperiodo de 12 horas de luz/oscuridad (14,168 luxes). La tasa y el porcentaje de germinación se cuantificaron mediante conteos diarios de las semillas, considerando como semilla germinada la que presentaba 3 mm de longitud en su radícula. La tasa de germinación (M) se calculó de acuerdo con la ecuación de Maguire (1962, 176):

$M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{30}/t_{30}$ ; donde  $n_1, n_2, \dots, n_{30}$ , son el número de semillas germinadas en los tiempos "t" (hasta los 30 días). El porcentaje de germinación (PG) se calculó con la ecuación:  $PG = n_i/N \times 100$ , donde "ni" es el número de semillas germinadas y "N" el total de semillas sembradas. El registro de la germinación se realizó durante 15 días y a este tiempo, se seleccionaron al azar 10 plántulas de cada tratamiento a las cuales se les midió longitud de raíz y tallo (cm) utilizando un analizador de imágenes (WinRhizo®, Regent Instruments Inc.).

El peso fresco y seco (g) de raíz y parte aérea se determinó con balanza analítica (Mettler Toledo<sup>®</sup>, modelo AG204). Para obtener el peso seco de los tejidos, estos se introdujeron en bolsas de papel y luego a un horno de flujo laminar a 70°C hasta conseguir peso constante. Con los valores de % de germinación, peso seco y longitud de plántula, se calcularon los índices de vigor I y II, acorde con Abdul y Anderson (1970, 31), con las siguientes ecuaciones:

Índice de vigor I = germinación (%) × longitud de la planta (cm).

Índice de vigor II = germinación (%) × peso seco de la planta (g).

Así mismo, con los valores obtenidos de peso fresco y seco de parte aérea de la plántula y de la raíz, se calcularon los índices de peso fresco y seco para determinar la proporción de desarrollo de la planta, acorde con Nieto (2009, 405), mediante las siguientes ecuaciones:

Índice de peso fresco = peso fresco de parte aérea / peso fresco de raíz (g).

Índice de peso seco = peso seco de parte aérea / peso seco de raíz (g).

**Emergencia.** Este experimento se realizó en una malla sombra, modelo 1610 PME CR, 16×10 hilos cm<sup>-2</sup> con agujeros de 0.4 × 0.8 mm, color cristal, con 40% de sombreo, de monofilamento de polietileno estabilizado. Las semillas tratadas, se colocaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato comercial (Sunshine<sup>®</sup>), aplicando riego diariamente para mantener la humedad a capacidad de campo. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones. El factor 1 fueron las temperaturas, con cuatro niveles (40, 50, 60 y 70°C) y el factor 2 fueron los tiempos de exposición de las semillas a las diferentes temperaturas, con tres niveles (30, 60 y 90 min) y un control (25°C). Las temperaturas máxima, mínima y media dentro de la malla sombra fueron 40, 19 y 26.5° C, respectivamente, mientras que la humedad relativa promedio fue de 66.06%. El porcentaje y la tasa de emergencia se calcularon con las mismas ecuaciones para tasa y porcentaje de germinación. Se consideró como plántula emergida cuando la superficie del sustrato se rompió por la presión ejercida por la plántula en crecimiento. El registro de la emergencia se realizó durante 21 días y este día, se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición de cada tratamiento y se les determinó peso fresco y seco (g) de parte aérea y de raíz, así como los índices de vigor propuestos por Abdul y Anderson (1970, 31) y los índices de peso fresco y seco, propuestos por Nieto *et al.* (2009, 405).

**Crecimiento vegetativo inicial.** Este experimento se realizó dentro de la misma malla sombra donde se realizó el experimento de emergencia. Las semillas tratadas se colocaron en charolas

de poliestireno de 200 cavidades con sustrato comercial (Sunshine®), aplicando riego diariamente para mantener la humedad a capacidad de campo. Una vez que las plántulas alcanzaron una altura de 15 cm, se trasplantaron en macetas de plástico con capacidad de 500 g con el mismo sustrato comercial. Se aplicaron dos riegos por semana y una fertilización por mes (1 mL planta<sup>-1</sup>), utilizando como solución nutritiva un producto comercial (Triple 17) cuyo contenido es 17-17-17 de N, P y K, respectivamente. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial con cinco repeticiones. El factor 1 fueron las temperaturas, con cuatro niveles (40, 50, 60 y 70°C) y el factor 2 fueron los tiempos de exposición de las semillas a las diferentes temperaturas, con tres niveles (30, 60 y 90 min) y un control (25°C). Se utilizó una planta por maceta. Las temperaturas máxima, mínima y media dentro de malla sombra fueron 33.50, 8.90 y 22.70°C, respectivamente, mientras que la humedad relativa promedio fue de 65.86%. Sesenta días después de la siembra (DDS) se midió longitud de tallo y raíz (cm), área foliar (cm<sup>2</sup>) con un medidor LiCor®, modelo Li-3100C, peso fresco y seco (g) de raíces, tallo y hojas y se determinaron los índices de peso fresco y seco de la planta. Las variables fisiológicas se registraron a los 50 y 60 días después de la siembra con un analizador portátil de gas infrarrojo (IRGA) y un sistema de fotosíntesis portátil LCpro-SD con una cámara de amplificación de la hoja (ADC®, Hoddesdon, Herts, UK). Se registró tasa fotosintética (A,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiración (E,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), temperatura de la hoja (°C), conductividad estomática ( $\text{g mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y contenido subestomático de carbono (Ci,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ). Estas mediciones se realizaron a las 11:00 horas en la tercera hoja inferior del meristemo apical de cada planta, en hoja completamente turgente y sana, la cual posteriormente se cosechó para cuantificar la clorofila a, b y total mediante la metodología de Bruinsma (1963, 241), utilizando un espectrofotómetro (Beckman® Coulter, modelo 800). El promedio de la radiación fotosintéticamente activa durante el periodo de crecimiento de las plantas y duración del experimento fue de  $378.49 \pm 83.92 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La concentración de CO<sub>2</sub> fue de  $391.12 \pm 2.07 \mu\text{mol mol}^{-2}$ . El promedio de la temperatura de la hoja durante las mediciones de las variables fisiológicas fue de  $33.96 \pm 0.67^\circ\text{C}$ .

**Análisis estadístico.** Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). En todas las variables, los valores promedio se consideraron diferentes estadísticamente cuando  $p \leq 0.05$ . Los valores de porcentaje de germinación y emergencia se transformaron mediante arcoseno (Little y Hills, 1989, 270; Steel y Torrie, 1995, 622). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft®, Inc., 2011, 1098).

## Resultados

**Porcentaje y tasa de germinación.** Para porcentaje de germinación, se encontraron diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=78.90$ ;  $p\leq 0.0001$ ), pero no para tiempos de exposición ( $F_{2,45}=1.50$ ;  $p\geq 0.23$ ) ni la interacción de temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=0.591$ ;  $p\geq 0.77$ ). Entre temperaturas, el porcentaje de germinación mayor se presentó en semillas tratadas con 50°C y estadísticamente iguales, en orden decreciente las semillas con tratamiento de 25° (control) > 60 > 40°C, mientras que el porcentaje menor se presentó en semillas tratadas con 70°C (Tabla 1). Para tiempos de exposición, aunque no se presentaron diferencias estadísticas, se observó que el porcentaje de germinación fue mayor en semillas expuestas a 90 min, seguido por las expuestas a 30 min y con menor porcentaje las de 60 min (Tabla 2). La interacción de los factores no mostró una tendencia clara en cuanto a la respuesta de la semilla a los tratamientos de acondicionamiento térmico a diferentes tiempos de exposición; sin embargo, se observó que los porcentajes de germinación mayores se presentaron en semillas tratadas con 50°C a 30 y 90 min, respectivamente, mientras que éstos disminuyeron significativamente en semillas tratadas con 70°C, expuestas a 30, 60 y 90 min (Tabla 3). La tasa de germinación mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=254.66$ ;  $p\leq 0.00001$ ), pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=2.47$ ;  $p\geq 0.095$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=0.52$ ;  $p\geq 0.830$ ). En la tabla 1 se observa que entre temperaturas, se exhibieron valores similares en la tasa de germinación de semillas tratadas con 25 (control), 40, 50 y 60°C, observándose en este último una diferencia numérica mayor. En el caso de semillas tratadas con 70°C, se observó una marcada diferencia entre los tratamientos anteriores, al provocar una disminución cercana al 50%. Entre tiempos de exposición, aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó que semillas expuestas a 90 min, mostraron un ligero incremento en la tasa de germinación, a diferencia de las expuestas a los 30 y 60 min (Tabla 2). El análisis de la interacción temperaturas  $\times$  tiempos, a pesar de no existir diferencias significativas, el efecto de prolongar el tiempo de exposición de las semillas a 90 min y aumentar a cierto grado la temperatura, se apreciaron cambios relevantes en la tasa de germinación en semillas tratadas con 40, 50 y 60°C, mientras que en las tratadas con 70°C, tanto en 30 como en 60 y 90 min, disminuyeron considerablemente la tasa de germinación (Tabla 3).

**Peso fresco y seco de parte aérea.** El peso fresco de parte aérea presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.69$ ;  $p\leq 0.00085$ ), pero no en el factor tiempo ( $F_{2,45}=0.50$ ;  $p\geq 0.60$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,45}=2.04$ ;

$p \geq 0.062$ ). En el factor temperatura, el peso fresco de parte aérea fue mayor en las plántulas cuya semilla se sometió a 40°C, seguido en orden decreciente por 60°C, 25 (control) y 50°C, observándose que éste disminuyó considerablemente en 70°C (Tabla 1). Durante los tres tiempos de exposición se presentaron valores similares; sin embargo, el tiempo de exposición de 90 min incrementó ligeramente el valor de esta variable (Tabla 2). Para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición, el peso fresco de parte aérea fue mayor en las plántulas de semillas relacionadas al grupo control (25°C) seguido de las tratadas a 40°C y 90 min de exposición (Tabla 3). El peso seco de parte aérea mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=4.09$ ;  $p \leq 0.006$ ) y tiempos de exposición ( $F_{2,45}=3.31$ ;  $p \leq 0.04530$ ), pero no en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=1.39$ ;  $p \geq 0.22$ ). El análisis del factor temperatura mostró que las plántulas cuyas semillas del grupo control (25°C) mostraron peso seco de parte aérea mayor, mientras que el valor más bajo se presentó en aquellas plántulas de semilla sometida a un tratamiento térmico de 60°C (Tabla 1). Para tiempos de exposición se observó que el peso seco fue mayor en plántulas cuya semilla se sometió a 60 y 90 min, mientras que el valor inferior fue en 30 min (Tabla 2). Para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición, las plántulas procedentes de semillas expuestas con 25°C (control) y 50°C a los 60 min de exposición mostraron valores superiores en esta variable (Tabla 3).

**Peso fresco y seco de raíz.** El peso fresco de raíz presentó diferencias significativas en la temperatura ( $F_{4,45}=66.44$ ;  $p \leq 0.0000$ ) y en la interacción temperatura  $\times$  tiempo ( $F_{8,45}=2.78$ ;  $p \leq 0.013$ ), pero no en el factor tiempo ( $F_{2,45}=1.24$ ;  $p \geq 0.297$ ). Para el factor temperatura, las plántulas cuya semilla se sometió a 70°C provocaron una disminución significativa en esta variable; sin embargo, se incrementó en 40°C (Tabla 1). Para el factor tiempos de exposición, a pesar de que no hubo diferencias significativas, el peso fresco de raíz de las plántulas de semillas tratadas por 90 min, presentaron un ligero incremento, comparadas con las que se sometieron a 30 y 60 min (Tabla 2). La interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición mostró que el peso fresco de raíz fue superior en las plántulas cuya semilla se sometió a 40°C a 30 y 90 min (Tabla 3). El peso seco de raíz presentó diferencias significativas para temperaturas ( $F_{4,45}=94.14$ ;  $p \leq 0.00001$ ) y para tiempos de exposición ( $F_{2,45}=3.27$ ;  $p \leq 0.046$ ), pero no para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=2.06$ ;  $p \geq 0.06$ ). Para temperaturas, las plántulas de semilla a 25°C (control) presentaron los valores más altos, mientras que en 70°C se observó el valor inferior (Tabla 1). Para tiempos de exposición, los valores fueron superiores los mostraron las plántulas de semilla sometida a 60 y 90 min (Tabla 2). En la interacción temperaturas  $\times$  tiempos, se observó que numéricamente el peso seco de raíz fue superior en aquellas plántulas de semilla tratada con 25°C (control) (Tabla 3).

**Longitud de plántula y raíz.** La longitud de plántula mostró diferencias significativas en el factor temperaturas ( $F_{4,45}=87.08$ ;  $p\leq 0.00001$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,45}=2.70$ ;  $p\leq 0.016$ ), pero no para el factor tiempo ( $F_{2,45}=0.55$ ;  $p\geq 0.58$ ). Respecto a la temperatura, la longitud mayor se presentó en las plántulas de semilla tratada con 60°C mientras que la menor fue en 70°C (Tabla 1). Aunque para el factor tiempo no se presentaron diferencias significativas para esta variable, la tabla 2 muestra que el tiempo de 30 min provocó un aumento ligero en esta variable en aquellas plántulas cuya semilla se expuso por ese tiempo, respecto a los tiempos de 60 y 90 min. El análisis de la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición, mostró que la semilla sometida a 60°C y 30 min, provocó un incremento en la longitud de las plántulas (Tabla 3). La longitud de raíz presentó diferencias significativas en el factor temperatura ( $F_{4,45}=44.72$ ;  $p\leq 0.00001$ ), mientras que en tiempos ( $F_{2,45}=1.89$ ;  $p\geq 0.16$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=1.59$ ;  $p\geq 0.1523$ ), las diferencias no fueron significativas. Para el factor temperaturas, la longitud de raíz fue mayor en las plántulas cuya semilla se sometió a 60°C y el valor inferior en aquellas plántulas de semilla tratada a 70°C (Tabla 1). Para tiempos de exposición, aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó una longitud mayor en las plántulas de semilla expuesta durante 60 min (Tabla 2). Para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición, la longitud de raíz fue mayor en las plántulas de semilla tratada con 60°C y 30 min de exposición, mientras que los valores menores se presentaron en las plántulas de semilla sometida a 70°C en los tres tiempos de exposición (Tabla 3).

**Índice de peso fresco y seco.** El índice de peso fresco presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.93$ ;  $p\leq 0.0006$ ) y para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,45}=2.77$ ;  $p\leq 0.013$ ), mientras que para el factor tiempos de exposición, no se presentaron diferencias significativas ( $F_{2,45}=2.57$ ;  $p\geq 0.087$ ). Considerando las temperaturas, el índice de peso fresco fue mayor en plántulas cuya semilla se sometió a 70°C, mientras que en el resto de temperaturas, esta variable presentó valores similares (Tabla 1). En el factor tiempos de exposición, aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó que las plántulas de semilla expuesta por 30 min, mostraron índice de peso fresco mayor (Tabla 2). En la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición, las plántulas de semilla tratada con 70°C y 30 min, mostraron un índice de peso fresco mayor (Tabla 3). El índice de peso seco de igual manera presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.92$ ;  $p\leq 0.0006$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,45}=2.50$ ;  $p\leq 0.024$ ), pero no mostró diferencias en el factor tiempos de exposición ( $F_{2,45}=3.028$ ;  $p\geq 0.058$ ). El análisis entre

temperaturas muestra que esta variable fue superior en aquellas plántulas cuya semilla fue tratada con 70°C, con valores estadísticamente iguales en el resto de las temperaturas (Tabla 1). Para tiempos de exposición, aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó un incremento de esta variable en las plántulas procedentes de semilla tratada durante 60 min (Tabla 2). En la interacción de los factores en estudio, esta variable mostró valores superiores en plántulas de semilla tratada con 70°C y 60 min (Tabla 3).

**Índice de vigor I y II.** El índice de vigor I presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=135.34$ ;  $p\leq 0.00001$ ) y entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=2.51$ ;  $p\leq 0.023$ ) pero no para tiempos de exposición ( $F_{2,45}=0.216$ ;  $p\geq 0.80$ ). El índice de vigor I fue menor en las plántulas de semilla tratada con 70°C, mientras que en las plántulas de semilla expuesta a 60°C, este índice se incrementó (Tabla 1). Para tiempos de exposición, se observó que el índice de vigor I mostró valor superior en plántulas de semilla expuesta a 30 min (Tabla 2). En la interacción, se observó que el índice de vigor I lo mostraron las plántulas de semilla tratada a 60°C y 30 min, mientras que los valores inferiores se presentaron en plántulas cuya semilla fue tratada con 70°C y 30 min y 60°C y 90 min (Tabla 3). El índice de vigor II mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=27.98$ ;  $p\leq 0.00001$ ) y entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=4.42$ ;  $p\leq 0.01$ ), pero no en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=1.54$ ;  $p\geq 0.17$ ). El índice de vigor II fue mayor en plántulas de semilla con 25°C (control), seguido en orden descendente por plántulas procedentes de semilla tratada con 50, 40, 60 y 70°C (Tabla 1). Para tiempos de exposición, este índice fue superior en plántulas cuya semilla fue tratada durante 60 y 90 min (Tabla 2). Para la interacción de los factores el índice de vigor II fue superior en las plántulas de semilla con 25°C (control) (Tabla 3).

Tabla 1. Acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de germinación.

Temp. (°C)	Germinación (%)	Tasa de germinación	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
Control	82.50a	19.53a	0.114b	0.009a	0.072a	0.008a	10.99a	8.99a	1.62b	1.13b	905.74a	1.58a
40	81.66a	19.72a	0.127a	0.006b	0.079a	0.004b	11.07a	8.69a	1.59b	1.48b	905.59a	0.91b
50	85.00a	19.60a	0.110b	0.008b	0.071a	0.004b	11.04a	8.46a	1.57b	1.7b	937.27a	1.08b
60	82.00a	19.75a	0.119b	0.005b	0.070a	0.004b	12.31a	10.05a	1.68b	1.37b	1007.77a	0.84b
70	46.33b	5.34b	0.07c	0.008b	0.005b	0.0009c	2.18b	0.95b	5.57a	3.57a	108.05b	0.46c

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control= 25°C.

Tabla 2. Tiempos de exposición al acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de germinación.

Tiempo (min)	Germinación (%)	Tasa de germinación	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
30	75.60a	17.05a	0.110a	0.006b	0.0572a	0.0038b	9.81a	7.31a	3.34a	1.88a	780.906a	0.834b
60	73.60a	16.22a	0.102a	0.008a	0.0588a	0.0045a	9.39a	8.06a	2.34a	2.38a	759.62a	1.014a
90	77.20a	17.1a	0.111a	0.008a	0.0634a	0.0045a	9.35a	6.91a	1.54a	1.29a	778.14a	1.078a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

Tabla 3. Interacción del acondicionamiento térmico  $\times$  tiempos de exposición en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de germinación.

Temp. (°C)	Tiempo (min)	Germinación (%)	Tasa de germinación	Peso			Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
				fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)						
Control	30	81.00a	19.46a	0.089a	0.007a	0.060a	9.98a	8.42a	1.48b	1.05bc	810.77b	1.25a
	60	83.00a	19.73a	0.111a	0.010a	0.063a	10.81a	9.06a	1.77b	1.16bc	893.06ab	1.68a
	90	83.50a	19.42a	0.144a	0.011a	0.094a	12.20a	9.51a	1.61b	1.20bc	1013.41ab	1.82a
40	30	79.50a	19.61a	0.127a	0.006a	0.085a	11.50a	8.40a	1.49b	1.40bc	913.92ab	0.93a
	60	81.50a	19.17a	0.126a	0.006a	0.070a	10.54a	9.63a	1.78b	1.57bc	863.01ab	0.83a
	90	84.00a	20.38a	0.129a	0.006a	0.084a	11.18a	8.05a	1.52b	1.48bc	939.85ab	0.97a
50	30	87.00a	20.31a	0.106a	0.006a	0.064a	10.13a	7.09a	1.65b	1.66bc	881.37ab	0.92a
	60	81.50a	18.77a	0.116a	0.011a	0.083a	12.63a	10.60a	1.42b	1.98abc	1032.56ab	1.28a
	90	86.50a	19.74a	0.110a	0.007a	0.066a	10.36a	7.69a	1.65b	1.46bc	897.89ab	1.05a
60	30	81.00a	19.79a	0.118a	0.003a	0.070a	13.77a	11.81a	1.69b	0.88c	1114.01a	0.57a
	60	81.50a	19.22a	0.117a	0.006a	0.073a	11.69a	10.00a	1.61b	1.70bc	953.50ab	0.90a
	90	83.50a	20.25a	0.122a	0.007a	0.069a	11.49a	8.35a	1.76b	1.55bc	955.81ab	1.05a
70	30	49.50a	6.08a	0.114a	0.008a	0.007a	3.70b	0.87a	10.40a	4.41ab	184.46c	0.50a
	60	41.00a	4.25a	0.042a	0.008a	0.005a	1.31b	1.03a	5.15ab	5.50a	55.97c	0.38a
	90	48.50a	5.71a	0.054a	0.009a	0.004a	0.0008a	1.55b	0.95a	1.16b	0.80c	83.74c

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

**Porcentaje y tasa de emergencia.** Porcentaje de emergencia mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=80.43$ ;  $p\leq 0.00001$ ) pero no para tiempos de exposición ( $F_{2,45}=0.44$ ;  $p\geq 0.64$ ) ni para la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=1.23$ ;  $p\geq 0.29$ ). Las semillas tratadas con 60°C y 25°C (control) mostraron porcentaje de germinación mayor, pero éste disminuyó en semillas tratadas con 70°C (Tabla 4). Para tiempos de exposición, esta variable mostró un valor superior en semillas expuestas a 90 min (Tabla 5). En la interacción de los factores, esta variable fue superior en semillas tratadas con 60°C y 90 min, mientras que en semillas con tratamiento de 70°C a 30, 60 y 90 min de exposición, mostró valores inferiores (Tabla 6). Tasa de emergencia presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=93.53$ ;  $p\leq 0.00001$ ), pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=2.00$ ;  $p\geq 0.14651$ ) ni entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=0.94$ ;  $p\geq 0.49$ ). La tasa fue mayor en semillas tratadas con 60°C, seguido de las semillas sometidas al tratamiento control (25°C), disminuyendo significativamente en semillas tratadas con 70°C (Tabla 4). Para tiempos de exposición, las semillas expuestas a 60 min mostraron una tasa mayor, la cual disminuyó en semillas expuestas a 30 min (Tabla 5). Para la interacción de los factores, la tasa se incrementó en semillas tratadas con 60° y 90 min de exposición, mostrando valores menores las semillas tratadas con 70°C en los tres tiempos de exposición (Tabla 6).

**Peso fresco y seco de parte aérea.** El peso fresco de parte aérea presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=6.76$ ;  $p\leq 0.0002$ ), pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=2.99$ ;  $p\geq 0.059$ ) ni entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=2.03$ ;  $p\geq 0.063$ ). El análisis del factor temperaturas, mostró que el peso fresco de parte aérea fue mayor en plántulas de semilla tratada con 60°C, seguido de las tratadas con 50 y 70°C, respectivamente (Tabla 4). Entre tiempos de exposición, se observó que esta variable fue superior en las plántulas expuestas a 30 y 60 min (Tabla 5). En la interacción de los factores, esta variable fue superior en plántulas de semillas expuestas a 60°C a 30 y 60 min de exposición (Tabla 6). El

peso seco de parte aérea mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.67$ ;  $p\leq 0.0008$ ) y en el tiempo ( $F_{2,45}=3.52$ ;  $p\leq 0.0037$ ), pero no en la interacción de los factores ( $F_{8,45}=1.99$ ;  $p\geq 0.068$ ). El peso seco de parte aérea fue mayor en plántulas de semillas tratadas con 60°C con valores similares en los otros tratamientos térmicos (Tabla 4). Entre tiempos de exposición, esta variable fue superior en plántulas de semilla expuesta a 30 min (Tabla 5), mientras que en el análisis de la interacción, las plántulas de semillas tratadas con 60°C y 60 min, mostraron mayor peso seco de parte aérea, mostrando valor inferior las plántulas cuya semilla fue tratada con 70°C y 90 min de exposición (Tabla 6).

**Peso fresco y seco de raíz.** Peso fresco de raíz mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.53$ ;  $p\leq 0.001$ ) y entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=3.75$ ;  $p\leq 0.001$ ), pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=1.38$ ;  $p\geq 0.26$ ). El peso fresco de raíz fue mayor en las plántulas procedentes de semilla tratada con 60°C, mostrando el valor inferior las plantas de semilla tratada con 40°C (Tabla 4). Entre tiempos de exposición, aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas, el peso fresco de raíz mostró valor ligeramente superior en plántulas de semillas expuestas por 60 min (Tabla 5). En la interacción, el peso fresco de raíz fue mayor en plántulas de semillas tratadas con 60°C y 60 min de exposición, mostrando valor inferior las plántulas de semilla tratada con 50°C y 30 min (Tabla 6). El peso seco de raíz mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=5.38$ ;  $p\leq 0.001$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=4.38$ ;  $p\leq 0.0005$ ) pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,45}=0.98$ ;  $p\geq 0.38$ ). El peso seco de raíz fue mayor en plántulas de semilla tratada con 50 y 60°C; las plántulas cuya semilla recibió tratamiento de 25 (control) y 40°C, disminuyeron en esta variable (Tabla 4). Entre tiempos de exposición, el peso seco de raíz fue ligeramente superior en plántulas de semilla expuesta a 60 min aunque no existieron diferencias significativas (Tabla 5). En la interacción de los factores, el peso seco de raíz fue superior en plántulas de semilla tratada con 60°C y 60 min de exposición, con valores inferiores las plántulas cuya semilla fue tratada con 40°C y 60 min y 70°C con 90 min de exposición (Tabla 6).

**Longitud de plántula y raíz.** Longitud de la plántula mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=16.05$ ;  $p\leq 0.000001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,45}=12.25$ ,  $p\leq 0.00006$ ) y entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=6.30$ ;  $p\leq 0.00002$ ). Entre temperaturas, esta variable se incrementó en plántulas cuya semilla fueron tratadas con 60°C; las plántulas de semilla tratada con 70°C disminuyeron significativamente (Tabla 4). La longitud de plántula fue mayor en las plántulas de semilla expuesta a 60 min y menor en plántulas de semilla expuesta a 90 min (Tabla 5). En la interacción de los factores, esta variable fue superior en

plántulas de semilla tratada con 60°C y 60 min de exposición, siendo menor en las plántulas cuya semilla se sometió a 70°C y 90 min de exposición (Tabla 6). La longitud de raíz presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=25.44$ ;  $p\leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,45}=4.05$ ;  $p\leq 0.024$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=4.77$ ;  $p\leq 0.0002$ ). La longitud de raíz fue mayor en plántulas de semilla tratada con 60°C; las plántulas cuya semilla recibió 70°C disminuyeron la longitud de raíz (Tabla 4). Esta variable mostró valor mayor en plántulas de semilla expuesta a 60 min y disminuyó en las plántulas de semilla expuesta a 90 min (Tabla 5). La interacción de los factores mostró que las plántulas de semilla tratada con 60°C y 60 min de exposición incrementaron la longitud de raíz, pero las plántulas de semilla sometida a 70°C y 90 min de exposición, disminuyeron significativamente (Tabla 6).

**Índice de peso fresco y seco.** El índice de peso fresco no presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=1.34$ ;  $p\geq 0.26$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,45}=1.46$ ;  $p\geq 0.24$ ), ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,45}=1.96$ ;  $p\geq 0.073$ ). Sin embargo, esta variable mostró un valor ligeramente superior en plántulas de semillas tratadas con 50°C (Tabla 4). En relación a tiempos de exposición, el índice de peso fresco fue mayor en plántulas de semilla expuesta a 30 min (Tabla 5). En la interacción de los factores, el índice de peso fresco fue mayor en plántulas sometidas a los tratamientos de 50°C y 30 min de exposición (Tabla 6). El índice de peso seco no mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=1.69$ ;  $p\geq 0.16$ ), ni en tiempos de exposición ( $F_{2,45}=0.30$ ;  $p\geq 0.73$ ), pero sí en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=2.43$ ;  $p\leq 0.027$ ). El índice de peso seco fue mayor en plántulas de semillas tratadas con 70°C y menor en plántulas de semillas que recibieron 50°C como tratamiento (Tabla 4). Para tiempos de exposición, esta variable fue superior en las plántulas de semilla que se expuso durante 90 min (Tabla 5). Para la interacción de los factores, el índice de peso seco mostró valor superior en plántulas de semillas sometidas a 70°C y 90 min de exposición (Tabla 6).

**Índice de vigor I y II.** Índice de vigor I presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=37.43$ ;  $p\leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,45}=3.57$ ;  $p\leq 0.036$ ) y entre la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=2.82$ ;  $p\leq 0.012$ ). En el factor temperatura el índice de vigor I fue mayor en aquellas plántulas de semilla tratada con 60°C, pero se redujo significativamente en las plántulas cuya semilla fue tratada con 70°C (Tabla 4). Entre tiempos de exposición, esta variable fue superior en las plántulas de semilla expuesta durante 60 min y se redujo en las plántulas de semilla expuesta a 90 min (Tabla 5). La interacción de los factores mostró que el índice de vigor I fue superior en las plántulas de semilla tratada con 60°C y 60 min y este se redujo significativamente en plántulas de semilla tratada con 70°C y 90 min (Tabla 6). El

índice de vigor II mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,45}=30.92$ ;  $p \leq 0.00001$ ), pero no en tiempos de exposición ( $F_{2,45}=1.31$ ;  $p \geq 0.27$ ), ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,45}=1.39$ ;  $p \geq 0.22$ ). El índice de vigor II fue mayor en plántulas de semillas que recibieron el tratamiento térmico de 60°C, reduciendo significativamente en plántulas de semilla tratada con 70°C (Tabla 4). Para el factor tiempos de exposición, esta variable mostró valor ligeramente superior en plántulas de semilla expuesta durante 60 min (Tabla 5). El índice de peso vigor II mostró un valor superior en plántulas de semilla tratada con 60°C y 60 min pero disminuyó significativamente en aquellas plántulas procedentes de semillas que recibieron tratamientos de 70°C, tanto a 60 como a 90 min de exposición (Tabla 6).

Tabla 4. Acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de emergencia.

Temp. (°C)	Emergencia (%)	Tasa de emergencia	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
Control	78.16a	7.63b	0.27c	0.020b	0.050b	0.005c	5.334b	1.939c	5.56a	3.62a	419.063b	2.12b
40	66.83a	6.01b	0.27c	0.021b	0.049c	0.005c	4.859c	1.962c	5.54a	4.07a	325.164c	1.81c
50	74.33a	6.79b	0.3b	0.025b	0.049b	0.007a	5.885b	2.062b	6.91a	3.37a	441.57b	2.49b
60	78.66a	9.27a	0.39a	0.028a	0.071a	0.008a	7.376a	2.642a	5.67a	3.46a	576.961a	2.95a
70	18.23b	1.33c	0.29b	0.021b	0.055b	0.006b	4.721c	1.579d	5.46a	5.18a	128.545d	0.72d

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

Tabla 5. Tiempos de exposición al acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de emergencia.

Tiempo (min)	Emergencia (%)	Tasa de emergencia	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
30	63.4a	5.82a	0.32a	0.062a	0.055a	0.006a	5.69b	2.111b	6.39a	3.89a	364.48b	1.95a
60	64.6a	6.46a	0.32a	0.024b	0.059a	0.007a	6.33a	2.099a	5.61a	3.72a	423.06a	2.17a
90	66.0a	6.33a	0.27a	0.021b	0.051a	0.006a	4.88c	1.9c	5.48a	4.20a	347.24c	1.93a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

Tabla 6. Interacción del acondicionamiento térmico  $\times$  tiempos de exposición en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en la tasa, porcentaje y variables morfométricas de plántulas en la etapa de emergencia.

Temp. (°C)	Tiempo (min)	Emergencia (%)	Tasa de emergencia	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco	Vigor I	Vigor II
Control	30	73.00a	6.94a	0.24a	0.018a	0.053bc	0.005bc	4.46cd	1.70cd	4.58a	3.81ab	326.15cd	1.73a
	60	80.50a	8.47a	0.31a	0.023a	0.052bc	0.007abc	5.69bc	2.01c	6.03a	3.41ab	457.72bc	2.49a
	90	81.00a	7.48a	0.28a	0.020a	0.047bc	0.005bc	5.84bc	2.10bc	6.09a	3.65ab	473.31bc	2.14a
40	30	71.00a	5.76a	0.28a	0.021a	0.047bc	0.005bc	4.97cd	1.98c	6.00a	4.07ab	352.28bcd	1.93a
	60	65.00a	5.96a	0.25a	0.021a	0.041c	0.004c	4.97cd	1.94c	6.00a	4.71ab	323.88cd	1.66a
	90	64.50a	6.31a	0.28a	0.022a	0.061abc	0.006abc	4.62cd	1.96c	4.63a	3.43ab	299.33cde	1.86a
50	30	72.00a	6.63a	0.29a	0.025a	0.037c	0.006abc	5.52bc	2.11bc	9.67a	4.22ab	404.913bc	2.34a
	60	74.50a	7.18a	0.31a	0.025a	0.055bc	0.008abc	6.06bc	1.95c	5.64a	3.07b	454.850bc	2.52a
	90	76.50a	6.57a	0.30a	0.025a	0.055bc	0.009abc	6.06bc	2.12bc	5.43a	2.83b	464.965bc	2.61a
60	30	72.50a	8.31a	0.45a	0.030a	0.076ab	0.007abc	7.86ab	2.75ab	5.99a	4.73ab	574.071ab	2.75a
	60	77.00a	9.39a	0.44a	0.032a	0.091a	0.012a	9.32a	2.94a	4.86a	2.63b	726.09a	3.47a
	90	86.50a	10.13a	0.29a	0.023a	0.047bc	0.007abc	4.94cd	2.23bc	6.18a	3.03b	430.71bc	2.65a
70	30	28.50a	1.48a	0.34a	0.027a	0.063abc	0.010ab	5.62bc	2.00c	5.74a	2.63b	164.99de	1.02a
	60	26.00a	1.34a	0.31a	0.022a	0.056bc	0.005bc	5.61bc	1.65cd	5.55a	4.82ab	152.75de	0.75a
	90	21.50a	1.19a	0.240a	0.016a	0.048bc	0.003c	2.92d	1.08d	5.09a	8.10a	67.88e	0.41a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

## Crecimiento vegetativo inicial

**Temperatura de la hoja.** La temperatura de la hoja mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,135}=30.25$ ;  $p \leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,135}=67.17$ ;  $p \leq 0.00001$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,135}=57.64$ ;  $p \leq 0.00001$ ). Las plantas cuyas semillas

se expusieron a 25°C (control) mostraron valor mayor en esta variable (Tabla 7). La temperatura de la hoja fue mayor en plantas obtenidas de semilla sometida a 60 y 90 min de exposición (Tabla 8). La temperatura de la hoja fue superior en las plantas cuya semilla fue expuesta a 25°C (control) y 30 min de exposición, siendo menor en aquellas plantas de semilla sometida a 70°C y 30 min (Tabla 9).

**Concentración de CO<sub>2</sub>.** La concentración de CO<sub>2</sub> en la cavidad estomática mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,135}=28.44$ ,  $p\leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,135}=10.16$ ;  $p\leq 0.00008$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,135}=6.46$ ;  $p\leq 0.00001$ ). Esta variable fue superior en las plantas cuya semilla fue tratada con 50 y 70°C y disminuyó en las tratadas con 60°C (Tabla 7). Las plantas cuya semilla se expuso durante 30 min, mostraron mayor concentración de CO<sub>2</sub> (Tabla 8). La concentración de CO<sub>2</sub> incrementó en las plantas cuya semilla fue tratada con 70°C y 30 min de exposición, reduciendo esta concentración en las plantas cuya semilla fue tratada con 40°C y 90 min de exposición (Tabla 9).

**Transpiración.** La transpiración presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,135}=14.93$ ;  $p\leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,135}=3.37$ ;  $p\leq 0.037$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,135}=5.61$ ;  $p\leq 0.00001$ ). La transpiración fue mayor en las plantas cuya semilla fue tratada con 70 y 50°C y se redujo en las plantas tratadas con 40 y 60°C (Tabla 7). Las plantas cuya semilla se expuso durante 30 min, mostraron mayor transpiración con respecto a las plantas cuya semilla se expuso a 90 min (Tabla 8). Las plantas de semilla tratada con 70°C y 60 min de exposición mostraron mayor transpiración, reduciéndose en las plantas de semilla tratada con 40°C y 90 min de exposición (Tabla 9).

**Conductividad estomática.** La conductividad estomática mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,135}=32.70$ ;  $p\leq 0.00001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,135}=9.47$ ;  $p\leq 0.0001$ ) y en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,135}=4.05$ ;  $p\leq 0.0002$ ). La conductividad estomática fue mayor en las plantas de semilla tratada con 70°C, pero se redujo en plantas tratadas con 40° y 60°C (Tabla 7). Esta variable fue superior en plantas cuya semilla se expuso por 30 min y se redujo conforme se incrementó el tiempo de exposición (Tabla 8). La interacción de 70°C con 30 y 60 min de exposición, provocó mayor conductividad estomática en las plantas cuya semilla se sometió a estos tratamientos (Tabla 9).

**Tasa fotosintética.** La tasa fotosintética mostró diferencias significativas en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,135}=3.04$ ;  $p\leq 0.003$ ), pero no entre temperaturas ( $F_{4,135}=2.01$ ;  $p\geq 0.09$ ), ni en tiempos de exposición ( $F_{2,135}=1.11$ ,  $p\geq 0.33$ ). Las plantas cuyas semillas fueron tratadas con 70°C mostraron mayor tasa fotosintética y esta se redujo en las plantas de semillas tratadas con 40°C (Tabla 7). La tasa fotosintética fue mayor en las plantas de semillas

expuestas al tratamiento térmico durante 60 min y se redujo a los 90 min (Tabla 8). La tasa fotosintética mayor la mostraron aquellas plantas cuyas semillas se trataron con 70°C y 90 min, mientras que las plantas de semillas sometidas a 50°C y 30 min, redujeron su tasa fotosintética (Tabla 9).

**Clorofila “a”.** No mostró diferencias significativas en los factores temperatura ( $F_{4,59}=0.43$ ;  $p\geq 0.78$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=0.40$ ;  $p\geq 0.66$ ) ni en la interacción de temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=2.04$ ;  $p\geq 0.055$ ). Las plantas de semilla tratada con 60°C, mostraron valor superior de clorofila “a” y el valor menor en las plantas procedentes de semillas tratadas con 40°C (Tabla 7). El análisis del tiempo mostró que la clorofila “a” fue mayor en las plantas de semillas expuestas a 90 min (Tabla 8). La interacción de los factores mostró que las plantas cuyas semillas recibieron pretratamientos térmicos de 40°C y 90 min y 60°C y 60 min, mostraron valores superiores de clorofila “a” (Tabla 9).

**Clorofila “b”.** Mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=8.98$ ;  $p\leq 0.00001$ ), pero no en tiempos de exposición ( $F_{2,59}=0.07$ ;  $p\geq 0.93$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=0.91$ ;  $p\geq 0.50$ ). Las plantas de cuya semilla expuesta a 25°C (control) mostraron mayor contenido de clorofila “b” y el valor menor se presentó en las plantas de semillas sometidas a 40°C (Tabla 7). El contenido de clorofila “b” mostró un valor ligeramente superior en las plantas procedentes de semilla expuesta durante 60 min (Tabla 8). La interacción de los factores, mostró que el contenido de clorofila “b” fue mayor en las plantas de semillas expuestas a 25°C (control) y 90 min de exposición, mientras que el contenido menor fue en las plantas de semilla tratada con 40°C y 60 min (Tabla 9).

**Clorofila total.** No presentó diferencias significativas en los factores temperaturas ( $F_{4,59}=1.59$ ;  $p\geq 0.18$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=0.20$ ;  $p\geq 0.81$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos de exposición ( $F_{8,59}=1.59$ ;  $p\geq 0.14$ ). El contenido de clorofila total fue superior en las plantas de semillas tratadas con 60°C (Tabla 7), mientras que al considerar el factor tiempos, la clorofila total fue mayor en las plantas de semilla sometida al tratamiento térmico durante 90 min (Tabla 8). En la interacción de los factores en estudio, la clorofila total fue mayor en las plantas de semillas tratadas con 25°C y 30 min (control), así como en el tratamiento de 60°C y 60 min (Tabla 9).

Tabla 7. Acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en variables fisiológicas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Temp. (°C)	Temperatura de la hoja (°C)	Concentración de CO <sub>2</sub> en la cavidad subestomatosa (μmol mol <sup>-1</sup> )	Transpiración (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Conductividad estomatosa (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Tasa fotosintética (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Clorofila a (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila b (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila total (μg cm <sup>-2</sup> )
Control	34.20a	269.50b	4.30b	0.16c	8.2a	17.251a	5.41a	22.67a
40	33.50d	253.10c	3.50d	0.13e	7.8a	16.431a	4.04c	20.47a
50	33.80c	289.20a	4.30a	0.19b	8.0a	16.830a	4.81b	21.65a
60	33.90b	168.90d	3.70c	0.14d	8.4a	17.268a	4.76b	21.89a
70	33.30e	289.60a	4.40a	0.24a	9.0a	16.790a	4.66b	21.45a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.Tabla 8. Tiempos de exposición al acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en las variables fisiológicas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Tiempo (min)	Temperatura de la hoja (°C)	Concentración de CO <sub>2</sub> en la cavidad subestomatosa (μmol mol <sup>-1</sup> )	Transpiración (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Conductividad estomatosa (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Tasa fotosintética (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Clorofila a (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila b (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila total (μg cm <sup>-2</sup> )
30	33.0b	278.74a	4.14a	0.19a	8.34a	16.63a	4.75a	21.38a
60	34.0a	268.00b	4.12b	0.17b	8.54a	17.00a	4.76a	21.68a
90	34.0a	262.12c	3.88c	0.15c	8.04a	17.10a	4.70a	21.81a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ).Tabla 9. Interacción del acondicionamiento térmico × tiempos de exposición en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en variables fisiológicas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Temp. (°C)	Tiempo (min)	Temperatura de la hoja (°C)	Concentración de CO <sub>2</sub> en la cavidad subestomatosa (μmol mol <sup>-1</sup> )	Transpiración (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Conductividad estomatosa (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Tasa fotosintética (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Clorofila a (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila b (μg cm <sup>-2</sup> )	Clorofila total (μg cm <sup>-2</sup> )
Control	30	34.7a	262.00defg	4.40abc	0.16bc	8.8abc	17.96a	5.31a	23.27a
	60	34.0abcd	268.80cdef	4.30abcd	0.16bc	8.3abc	16.79a	5.33a	22.13a
	90	34.0cdef	277.80bcd	4.30abcd	0.17bc	7.7abc	16.99a	5.60a	22.60a
40	30	33.0h	270.80cdef	4.20abcd	0.19bc	8.7abc	14.66a	4.07a	18.73a
	60	33.0gh	253.60defg	3.50de	0.13cd	8.1abc	16.00a	3.82a	19.83a
	90	34.7ab	235.00g	2.80e	0.09d	6.6bc	18.61a	4.23a	22.85a
50	30	33.6fgh	302.20ab	4.00bcd	0.18bc	6.4c	16.63a	4.85a	21.49a
	60	34.0cde	277.80bcd	4.30abcd	0.20b	8.9abc	16.42a	4.75a	21.17a
	90	34.0def	275.60bcde	4.60ab	0.19bc	8.7abc	17.42a	4.85a	22.28a
60	30	34.0cd	245.00fg	4.00bcd	0.15bcd	9.4ab	16.79a	4.65a	21.45a
	60	34.0cd	248.80efg	3.60cde	0.132cd	8.2abc	18.61a	4.99a	23.19a
	90	33.7efg	258.00defg	3.50cde	0.138cd	7.7abc	16.38a	4.65a	21.04a
70	30	32.0i	313.70a	4.10abcd	0.27a	8.4abc	17.09a	4.88a	21.98a
	60	34.0bcd	291.00abc	4.90a	0.26a	9.2ab	17.16a	4.92a	22.09a
	90	34.0abc	264.20def	4.20abcd	0.19bc	9.5a	16.10a	4.17a	20.27a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

**Peso fresco y seco de parte aérea.** El peso fresco de parte aérea presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=4.93$ ;  $p\leq 0.001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=5.28$ ;  $p\leq 0.007$ ) y la interacción temperaturas × tiempos ( $F_{8,59}=4.37$ ;  $p\leq 0.0003$ ). El peso fresco de parte aérea fue mayor en las plantas de semilla tratada con 70°C y disminuyó en las plantas de semilla tratada con 40°C (Tabla 10). Las plantas cuya semilla se expuso a 30 min, mostraron valores superiores en el peso fresco de parte aérea (Tabla 11). En la interacción de los factores, el peso fresco de parte aérea fue mayor en plantas de semilla tratada con 40°C y 30 min de exposición, seguido de 60°C y 90 min (Tabla 12). El peso seco de parte aérea mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=6.28$ ;  $p\leq 0.0002$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=9.68$ ;  $p\leq 0.0002$ ) y la interacción temperaturas × tiempos ( $F_{8,59}=6.31$ ;  $p\leq 0.00001$ ). El valor superior de peso seco de parte aérea se presentó en las plantas de semilla tratada con 50°C y 70°C (Tabla 10). Las plantas de semilla expuesta a 30 min incrementaron el peso seco de parte aérea (Tabla 11). En la interacción de los factores, las plantas de semilla tratada con

50°C y 30 min de exposición, incrementaron el peso seco de parte aérea, mientras que las plantas de semilla tratada con 40°C y 90 min de exposición, disminuyeron los valores en esta variable (Tabla 12).

El área foliar mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=11.19$ ;  $p\leq 0.000001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=6.79$ ;  $p\leq 0.002$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=7.42$ ;  $p\leq 0.000001$ ). Las plantas cuya semilla se expuso a 70°C mostraron mayor área foliar, mientras que plantas procedentes de semilla tratada con 40°C, redujeron el área foliar (Tabla 10). Para tiempos de exposición, las plantas de semilla expuesta a 30 min incrementaron el área foliar (Tabla 11). La interacción de los factores mostró que el área foliar se incrementó en las plantas de semilla tratada con 40°C y 30 min, 60°C y 90 min y 70°C y 30 min, mientras que las plantas procedentes de semilla sometida a 40°C y 90 min de exposición, mostraron área foliar menor (Tabla 12).

**Peso fresco y seco de área foliar.** Peso fresco de área foliar mostró diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=8.19$ ;  $p\leq 0.00003$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=7.04$ ;  $p\leq 0.001$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=8.45$ ;  $p\leq 0.000001$ ). Las plantas cuya semilla se sometió a 50°C incrementaron el peso fresco de área foliar, seguido de las plantas de semilla tratada con 70°C (Tabla 10). Las plantas de semilla expuesta durante 30 min a los tratamientos térmicos, mostraron peso fresco de área foliar superior con respecto al resto de los tiempos de exposición (Tabla 11). En la interacción de los factores, las plantas procedentes de semillas tratadas con 60°, 40°, 70° y 50°C, todas con 30 min, presentaron peso fresco de área foliar mayor (Tabla 12). El peso seco de área foliar presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=5.12$ ;  $p\leq 0.001$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=6.08$ ;  $p\leq 0.003$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=8.71$ ;  $p\leq 0.000001$ ). Para temperaturas, las plantas de semilla tratada con 50°C incrementaron el peso seco de área foliar, mientras que lo contrario mostraron las plantas cuya semilla fue tratada con 40°C (Tabla 10). El tiempo de exposición fue determinante para incrementar el peso seco de área foliar en las plantas de semilla tratada por 30 min (Tabla 11). La interacción de los factores mostró que el peso seco de área foliar incrementó en plantas de semilla tratada con 40°C y 30 min, 60°C y 90 min, mientras que lo contrario lo sucedió en las plantas cuya semilla se sometió a 40°C y 90 min (Tabla 12).

**Peso fresco y seco de raíz.** Peso fresco de raíz presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=10.15$ ;  $p\leq 0.000001$ ), pero no en tiempos de exposición ( $F_{2,59}=1.33$ ;  $p\geq 0.27$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=2.00$ ;  $p\geq 0.62$ ). La temperatura a la cual se sometió la semilla y que propició un incremento en el peso fresco de raíz de las

plantas fue 60°C, seguido de 40°C (Tabla 10). Para tiempos de exposición, la exposición de la semilla al tratamiento térmico por 30 min, estimuló ligeramente el peso fresco de raíz de las plantas (Tabla 11). Para la interacción de los factores, las plantas de semilla tratada con 40°C y 30 min mostraron valores superiores en el peso fresco de raíz, mientras que lo contrario fue para plantas de semilla tratada con 50°C durante 60 y 90 min (Tabla 12). El peso seco de raíz reveló diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=11.25$ ;  $p\leq 0.000001$ ) pero no tiempos de exposición ( $F_{2,59}=2.38$ ;  $p\geq 0.10$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=1.48$ ;  $p\geq 0.18$ ). Las plantas de semilla tratada con 60°C estimularon un incremento en el peso seco de raíz mientras que las procedentes de semilla de 25°C (control) mostraron lo contrario (Tabla 10). Para tiempos de exposición, las plantas de semillas expuestas a 30 min incrementaron ligeramente el peso seco de raíz (Tabla 11). Los tratamientos de la interacción que indujeron un incremento en las plantas en el peso seco de raíz fueron las que procedían de semilla tratada con 50, 60 y 40°C con 30 min de exposición (Tabla 12).

**Longitud de parte aérea y de raíz.** Longitud de parte aérea presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=5.56$ ;  $p\leq 0.007$ ), tiempos de exposición ( $F_{2,59}=3.29$ ;  $p\leq 0.043$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=3.24$ ;  $p\leq 0.004$ ). Esta variable mostró valores mayores en las plantas cuya semilla recibió tratamiento térmico de 70°C y menores en aquellas que recibieron tratamiento de 40°C (Tabla 10). Longitud de parte aérea expresó valor mayor en plantas de semilla expuesta a 30 min (Tabla 11). En la interacción de los factores, la longitud de parte aérea fue mayor en plantas de semilla tratada con 40°C y 30 min, seguido de 70°C y 90 min (Tabla 12). La longitud de raíz exhibió diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=10.70$ ;  $p\leq 0.000001$ ) y la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=3.39$ ;  $p\leq 0.002$ ) pero no en tiempos de exposición ( $F_{2,59}=1.38$ ;  $p\geq 0.25$ ). Para temperaturas, las plantas cuyo origen de la semilla fue tratada con 60°C presentaron longitud de raíz mayor, mientras que las tratadas con 40°C, mostraron lo contrario (Tabla 10). La longitud de raíz fue mayor en las plantas de semilla expuesta a 30 min (Tabla 11). En la interacción temperaturas  $\times$  tiempos, las plantas de semilla tratada con 60°C y 90 min, mostraron longitud de raíz mayor, mientras que las plantas de semilla tratada con 40°C y 90 min mostraron lo contrario (Tabla 12).

**Índice de peso fresco y seco.** Índice de peso fresco presentó diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=28.22$ ;  $p\leq 0.001$ ) pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,59}=0.28$ ;  $p\geq 0.75$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=2.12$ ;  $p\leq 0.04$ ). El índice de peso fresco se incrementó en las plantas de semillas tratadas con 50°C, mientras que este disminuyó en plantas cuya semilla se sometió a 40°C (Tabla 10). Para tiempos de exposición se observó que

las plantas de semilla expuesta a 30 y 90 min, presentaron valores ligeramente superiores respecto a las plantas de semilla expuesta por 60 min (Tabla 11). En la interacción, el índice de peso fresco fue mayor en plantas de semillas tratadas con 50°C expuestas a 60 y 90 min (Tabla 12). El índice de peso seco exhibió diferencias significativas entre temperaturas ( $F_{4,59}=2.79$ ;  $p\leq 0.03$ ) pero no entre tiempos de exposición ( $F_{2,59}=0.58$ ;  $p\geq 0.56$ ) ni en la interacción temperaturas  $\times$  tiempos ( $F_{8,59}=1.11$ ;  $p\geq 0.36$ ). El índice de peso seco fue mayor en las plantas de semillas tratadas con 70°C y 25°C (control) (Tabla 10). Esta variable mostró valor superior en plantas de semilla expuestas durante 90 min (Tabla 11). En la interacción de los factores, el índice de peso seco fue mayor en las plantas de semilla tratada con 70°C y 30 min de exposición, seguido de las plantas cuya semilla fue tratada con 25°C (control) (Tabla 12).

Tabla 10. Acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en variables morfométricas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Temp. (°C)	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso fresco área foliar (g)	Peso seco área foliar (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Longitud parte aérea (cm)	Longitud raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco
Control	3.53d	0.49c	335.50d	9.14d	1.19c	8.90c	0.63d	21.93d	14.11d	0.39c	0.79a
40	3.40e	0.44d	307.17e	8.37e	1.06d	9.77b	1.08c	22.46c	15.53c	0.33e	0.41b
50	4.34b	0.61a	411.49b	10.96a	1.41a	6.68d	1.33b	25.10b	18.00b	0.70a	0.47b
60	4.02c	0.58b	369.11c	9.95c	1.33b	12.06a	1.43a	24.63b	20.00a	0.34d	0.42b
70	4.55a	0.61a	427.57a	10.87b	1.35a	9.51c	1.07c	25.80a	18.80b	0.47b	0.80a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

Tabla 11. Tiempos de exposición al acondicionamiento térmico en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en variables morfométricas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Tiempo (min)	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso fresco área foliar (g)	Peso seco área foliar (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Longitud parte aérea (cm)	Longitud raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco
30	4.37a	0.63a	397.199a	10.486a	1.407a	10.014a	1.232a	24.93a	17.98a	0.45a	0.56a
60	3.57c	0.48c	337.384c	8.964c	1.170c	9.014a	1.0232a	22.94c	16.66a	0.44a	0.52a
90	3.97b	0.53b	375.933b	10.138b	1.24b	9.141a	1.084a	24.08b	17.23a	0.45a	0.65a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ).

Tabla 12. Interacción del acondicionamiento térmico  $\times$  tiempos de exposición en semillas de *Ocimum basilicum* L. y su efecto en variables morfométricas de plantas en la etapa de crecimiento vegetativo inicial.

Temp. (°C)	Tiempo (min)	Peso fresco parte aérea (g)	Peso seco parte aérea (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso fresco área foliar (g)	Peso seco área foliar (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Longitud parte aérea (cm)	Longitud de raíz (cm)	Índice de peso fresco	Índice de peso seco
Control	30	3.03cdef	0.38cde	282.200cde	7.35cde	0.93cd	7.77a	0.47a	20.26bc	13.90cd	0.40a	0.82a
	60	3.60abcdef	0.51abcde	343.800abcde	9.82abcd	1.30abc	8.99a	0.61a	22.04abc	13.70cd	0.40a	0.83a
	90	3.96abcdef	0.59abcd	380.505abcd	10.27abc	1.36abc	9.96a	0.81a	23.50abc	14.75bcd	0.39a	0.73a
40	30	5.11 a	0.72ab	448.166a	12.04a	1.68a	12.83a	1.43a	26.90 a	20.40ab	0.40a	0.51a
	60	2.85 def	0.34de	245.484de	6.69de	0.85cd	9.11a	0.93a	21.50abc	13.60cd	0.31a	0.38a
	90	2.24 f	0.28e	227.874e	6.39e	0.64d	7.39a	0.90a	19.00c	12.60d	0.30a	0.35a
50	30	4.76 abc	0.74a	435.13ab	11.68a	1.58ab	7.88a	1.57a	25.30ab	17.00abcd	0.65a	0.49a
	60	4.04abcdef	0.56abcd	399.68abc	10.62abc	1.36abc	5.45a	1.06a	23.90abc	19.20abc	0.78a	0.53a
	90	4.24abcde	0.55abcd	399.68abc	10.57abc	1.30abc	6.70a	1.36a	26.10ab	17.80abcd	0.68a	0.41a
60	30	4.16abcde	0.62abc	350.81abcde	9.60abcde	1.29abc	11.96a	1.46a	26.20ab	19.20abc	0.35a	0.44a
	60	3.09 cdef	0.46bcde	306.47bcde	8.11cde	1.05bcd	12.18a	1.41a	22.50abc	18.60abcd	0.25a	0.33a
	90	4.81abc	0.68ab	450.05a	12.15a	1.66a	12.05a	1.42a	25.20ab	22.20a	0.42a	0.51a
70	30	4.79abc	0.70ab	469.68a	11.74a	1.54ab	9.61a	1.21a	26.00ab	19.40abc	0.48a	0.58a
	60	4.28 abcde	0.56abcd	391.48abc	9.56abcde	1.28abc	9.32a	1.09a	24.80abc	18.20abcd	0.46a	0.53a
	90	4.60 abcd	0.58abcd	421.54ab	11.30ab	1.24abc	9.59a	0.91a	26.60a	18.80abcd	0.49a	1.29a

\*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey HSD,  $p=0.05$ ). Control=25°C.

## Discusión

Los efectos del acondicionamiento térmico de las semillas fueron evidentes en la inhibición de la germinación en semillas tratadas a 70°C. Los resultados de éste trabajo coinciden con lo encontrado por Iloh *et al.* (2014, 806), quienes evaluaron el efecto de diferentes gradientes de temperatura (40, 42, 45 y 50°C) en la germinación y emergencia de semillas de cereales, observando una disminución en el porcentaje de germinación conforme los rangos de temperatura incrementaron. Asimismo, Wahid *et al.* (2007, 199) mencionan que las temperaturas altas provocan la desnaturalización de proteínas, el incremento de la fluidez de la membrana y la inactivación de enzimas claves en el proceso de la germinación. Otro efecto asociado a la inhibición de la germinación se debe a la inducción alterada del ácido ascórbico, donde se ha demostrado que una sobreproducción de este compuesto induce muerte celular en los tejidos (Essemine *et al.*, 2010, 565). El 50% de las plántulas germinadas a 70°C, lograron un desarrollo como plántula presentando los valores menores de vigor I y II, siendo consistentes con los resultados de Iloh *et al.* (2014, 806), Kumar *et al.* (2004, 101) y Piramila *et al.* (2012, 194) en *Phaseolus aureus*.

Respecto a los resultados obtenidos en el experimento de emergencia, Bruce *et al.* (2007, 603) mencionan que en algunos casos, los efectos del acondicionamiento de la semilla ocurren después de la germinación, es decir, son más visibles en estados de crecimiento más avanzados, como la emergencia y/o el desarrollo vegetativo, lo que se observó en este trabajo. Los resultados obtenidos en este estudio donde la temperatura a 60°C por 30, 60 y 90 min de exposición fue el mejor tratamiento para las variables medidas, son consistentes con los realizados por Gashaw y Michelsen (2002, 159) quienes reportan resultados similares a temperaturas de 60 y 90°C con tiempos de exposición de 1 a 5 min, en 5 de 15 especies de bosques y pastizales de sabana. La variación en los resultados encontrados en este estudio en el porcentaje de germinación y emergencia, desarrollo de plántulas y vigor, cuyas semillas fueron pre-acondicionadas con tratamientos térmicos en diferentes tiempos, es consistente con los resultados de investigaciones que explican que las variaciones son debidas en un alto grado a las especies y variedades estudiadas que responden de forma diferente (Gashaw y Michelsen 2002, 159; Zinn *et al.*, 2010, 1959; Melander y Kristensen, 2011, 194). A diferencia de la albahaca, se registran especies como *Corchorus olitorious* cuya germinación, emergencia y vigor en tres variedades se inició a una temperatura de 80°C, mientras que el rango óptimo de temperatura fue de 120°C por un tiempo de exposición de 5 minutos (Denton *et al.*, 2013, 98). Las diferencias encontradas en el desarrollo de los órganos de las plantas

originadas de las semillas que se sometieron a una combinación de tratamientos de temperatura y tiempos de exposición permitieron determinar los mejores tratamientos para la estimulación del crecimiento de los mismos. Dentro de las posibles razones de esta estimulación se ha reportado la activación de procesos metabólicos que provocan la división y el crecimiento celular debido a procesos termodinámicos (Parent *et al.* 2010, 2057). Sin embargo, el desarrollo vegetativo es influido por la respuesta fisiológica de la planta debido a las condiciones ambientales en donde se desarrolla. En este trabajo fue evidente que los tratamientos de pre-acondicionamiento térmico determinan las estrategias fisiológicas de las plantas que siguieron durante esta etapa de desarrollo como respuesta a su ambiente. Lo anterior se demuestra en la diferencia que presentaron los tratamientos en la relación entre el cierre estomático, la disminución de la transpiración, la tasa fotosintética y la concentración de carbono en la cavidad sub-estomática. Esta relación se ha estudiado y permite una adaptación de las plantas al incremento en las temperaturas ambientales y de la hoja, reduciendo la pérdida de agua de la planta para que lleve a cabo su metabolismo (Tardieu *et al.*, 2011, 283). El crecimiento mayor, la producción mayor de peso fresco y seco de las plantas en tratamientos de pre-acondicionamiento térmico durante la semilla, mostró un efecto positivo. Lo anterior se logró mediante diferentes estrategias fisiológicas presentadas por las plantas como respuesta a los tratamientos de la semilla. Las plantas obtenidas de semillas tratadas con temperaturas de 40°C y 60°C disminuyeron su conductividad estomática seguida de una disminución en la transpiración, lo cual se ha estudiado como una respuesta a altas temperaturas y déficit hídrico que se presentan tanto de forma diurna, como estacional o como un estrés abiótico en zonas áridas (Kirschbaum, 2004, 242; Ruelland y Zachowski, 2010, 225). La pérdida de agua disminuye con el cierre estomático, la planta conserva durante más tiempo el agua en su interior permitiendo llevar a cabo los procesos metabólicos, en algunos de los casos el costo de esta estrategia fisiológica es la disminución en la entrada de CO<sub>2</sub> asociada a una tasa fotosintética baja (Yamori *et al.* 2012, 871; Kirschbaum, 2004, 242). A diferencia de lo anterior, en este estudio la tasa fotosintética se mantuvo en los tratamientos de 40° y 60°C pese al cierre estomático. Lo anterior se ha observado como una estrategia de adaptación haciendo más eficiente la respuesta de la planta en sus procesos metabólicos específicamente en los procesos de carboxilación, la regulación y niveles de la expresión enzimática (Sassenrathcole *et al.*, 1994, 295). En plantas de semillas tratadas con 60°C y 90 min fue más evidente esta estrategia ya que las plantas procedentes de esta semilla, presentaron cierre estomático mayor conservando la tasa fotosintética. Otra de las estrategias fisiológicas observadas la presentaron plantas cuya semilla se pre-acondicionó con 50°C, a

diferencia de los tratamientos mencionados arriba, donde la producción de biomasa vegetal mayor de sus órganos, principalmente el aumento de tallo y hojas con respecto al control parece asociarse a la concentración de  $C_i$  más que a la tasa fotosintética. Las plantas en estos tratamientos no presentaron diferencias en las variables fisiológicas con respecto al grupo control, excepto en la concentración de carbono sub-estomático. Similar a la eficiencia que se relaciona con la tasa fotosintética, una mayor concentración de  $C_i$  conlleva a una mayor concentración de la enzima ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa–oxygenasa (RuBisCO) (la primera enzima dentro del ciclo Calvin), la cual incrementa la fijación del carbono inorgánico en orgánico dentro de los cloroplastos en el tejido del mesófilo de la hoja (Raines *et al.*, 1999, 1; West *et al.*, 2011, 311; Yu *et al.*, 2014, 1). Consecuentemente la producción de biomasa fue mayor con respecto al grupo control. Por el contrario, la temperatura de 70°C a los 30 y 60 min de exposición, presentó una apertura mayor de estomas, ocasionando un efecto superior en la transpiración, tasa fotosintética y contenido de carbono sub-estomático. En principio, esto favoreció una producción mayor de biomasa foliar y de tallo a menor tiempo de exposición (30 y 60 min). Sin embargo, con un mayor tiempo de exposición (90 min) esta tendencia se revirtió. Los primeros efectos asociados al daño de las altas temperaturas observados en plantas es una disminución en el flujo de carbono en el estroma del cloroplasto y en la membrana del tilacoide (Wise *et al.*, 2004, 717), así como la modificación del flujo a nivel molecular, que ocasiona un funcionamiento negativo de los compuestos involucrados en la fotosíntesis, tales como la inhibición de RuBisCO (Medlyn *et al.*, 2002, 1167) o en la producción de enzimas clave para regular el sistema de la planta durante los cambios de temperatura ambiental (Berry y Bjorman, 1980, 491). Uno de los factores relevantes como parámetro de calidad y vigor en las plantas aromáticas es el color de las hojas (Gazula *et al.*, 2005, 1731). En el caso de la albahaca, es determinante en su comercialización a nivel mundial, por lo que es importante que los tipos de pigmentos a y b que forman parte de la clorofila total de los vegetales que proporcionan las diferentes tonalidades de verdes, se encuentren estables para su óptimo funcionamiento. Aunque se observó una ligera tendencia a disminuir en el contenido de clorofila b en los diferentes gradientes de temperatura con respecto al control, respuesta contraria a lo que propone Erge *et al.* (2008, 225) quienes mencionan que la clorofila b es más estable al calor que la clorofila a. El presente estudio coincide con lo determinado por Gazula *et al.* (2005, 1731) que mencionan que la temperatura modula las concentraciones de estos dos tipos de pigmentos.

## Conclusión

La exposición de las semillas a diferentes gradientes de temperatura, activó y estimuló los procesos metabólicos de la semilla, demostrando efectos contundentes en la etapa de germinación, emergencia y de desarrollo vegetativo temprano. Dicho efecto se vio reflejado en el incremento del porcentaje y tasa de emergencia, así como en el crecimiento y producción de biomasa de plántulas. Lo anterior asociado a diferentes estrategias fisiológicas que la planta utiliza como respuesta para propiciar una tolerancia mayor a factores estresantes. Dentro de los aspectos más relevantes para los productores en zonas áridas de estos cultivos de albahaca está la capacidad de adaptación de estos cultivos a las condiciones climáticas características de estas zonas. Los resultados de este estudio proporcionan información acerca de dicha capacidad de esta especie para adaptarse a estas condiciones respondiendo con diferentes estrategias fisiológicas como resultado a sus tratamientos previos de pre-acondicionamiento, finalmente expresados en una mayor producción de biomasa. Éste último parámetro como el más importante económicamente hablando para los productores de este cultivo.

## Agradecimientos

La Dra. Alejandra Nieto-Garibay y el Dr. Bernardo Murillo-Amador fungen como directores de tesis de Mirella Romero Bastidas, estudiante de doctorado en ciencias en el uso, manejo y preservación de los recursos naturales con orientación en agricultura sustentable. Esta investigación se desarrolló con recursos de los proyectos AGROT1 y AO1 del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SAGARPA-CONACYT 2009 No. 126183 y ciencia básica SEP-CONACYT No. 236240. Se agradece el apoyo técnico de Carmen Mercado-Guido, Pedro Luna-García y Lidia Hiraes-Lucero.

## Referencias

Abdul, B., A. A., Anderson, J. D. (1970). Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Science*. 10: 31-34.

Adhikary, P., Tarai, P. (2013). Effects of Temperature and Gibberellic Acid (GA3) on seed Germination of *Vicia sativa*, *Chenopodium album* and *Physalis minima*. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*. 6: 629-632.

Berry, J., Bjorman, O. (1980). Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 31: 491-543.

Bitá, C. E., Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Science*. 4: 1-18.

Bittencourt, M. L. C., Dias, D. C. F. S., Dias, L. A. S. (2005). Germination and vigour of primed asparagus seeds. *Science Agriculture*. 62: 319-324.

Bruce, T. J. A., Matthes, M. C., Napier, J. A., Pickett, J. A. (2007). Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. *Plant Science*. 173: 603-608.

Bruinsma, J. (1963). The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology*. 2: 241-249.

Castillo, G. H., Santibáñez, Q. F. (1987). Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo (cultivar aurifeno). *Agricultura técnica*. 47: 1.

Capanoglu, E. (2010). The potential of priming in food production. *Trends in Food Science and Technology*. 21: 399-407.

CONAGUA. (2014). Comisión Nacional del Agua. Reporte del clima en México. Reporte anual 2014. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Gerencia de Meteorología y Climatología. Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. 27 p.

Denton, O. A., Oyekale, K. O., Nwangburuka, C. C., Daramola, D. S., Adeyeye, J. A., Olukayode, O. O. (2013). Influence of high dry heat temperature on seed germination, seedling emergence and seedling vigour of three cultivars of *Corchorus olitorius* seeds. *American Journal of Research Communication*. 1(5): 98-114.

Erge, H. S., Karadeniz, F., Koca, N., Soyer, Y. (2008). Effect of heat treatment on chlorophyll degradation and color loss in green peas. *GIDA* 33: 225-233.

Essemine, J., Ammar, S., Bouzid, S. (2010). Impact of heat stress on germination and growth in higher plants: Physiological, biochemical and molecular repercussions and mechanisms of defense. *Journal Biology Science*. 10: 565-572.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 98 p.

Garibaldi, A., Gullino, M. L., Minuto, G. (1997). Diseases of basil and their management. *Plant Disease*. 81: 124-132.

Gashaw, M., Michelsen, A. (2002). Influence of heat shock on seed germination of plant from regularly burnt savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. *Plant Ecology*. 159: 83-93.

Gazula, A., Kleinhenz, M. D., Streeter, J. G., Miller, A. R. (2005). Temperature and cultivar effects on anthocyanin and chlorophyll b concentrations in three related Lolla Rosso lettuce cultivars. *HortScience* 40: 1731-1733.

Haigh, A., M., Barlow, E. W. R., Milthorpe, F. L., Sinclair, P. J. (1986). Field emergence of tomato, carrot and onion seeds primed in an aerated salt solution. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 111: 660-665.

Hacisalihoglu, G., Ross, Z. (2010). The influence of priming on germination and soil emergence of non-aged and aged annual ryegrass seeds. *Seed Science Technology* 38: 214-217.

Hampton, J., Cookson, W., Grama, A., Rowarth, J., McGill, C., Hill, M., Cameron, K. (2000). Temperature and time variables for accelerated ageing testing of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seed lots. *Seed Science and Technology*. 28: 861-863.

Iloh, A. C., Omatta, G., Ogbadu, G. H., Onyenekwe, P. C. (2014). Effects of elevated temperature on seed germination and seedling growth on three cereal crops in Nigeria. *Scientific Research and Essays*. 9: 806-813.

ISTA. (1996). International Seed Testing Association. International rules for seed testing. *Seed Science Technology*. 13: 299-513.

Kumar, R., Sharma, S. (2012). Effect of light and temperature on seed germination of important medicinal and aromatic plants in north western Himalayas. *International Journal Medicinal Aromatic Plants*. 2:468-475.

Kumar, S., Singh, K. K., Rai, L. K. (2004). In vitro propagation of an endangered sikkim himalayan rhododendron (*R. maddeni*) from cotyledonary nodal segments. *Journal American Rododendrons Society*. 58: 101-105.

Kinoshita, T., Seki, M. (2014). Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. *Plant Cell Physiology* 55: 1859-1863.

Kirschbaum, M. U. F. (2004). Direct and indirect climate change effects on photosynthesis and transpiration. *Plant Biology*. 6: 242-253.

Lee, G. J., Pokala, N., Vierling, E. (1995). Structure and in vitro molecular chaperone activity of cytosolic small heat shock proteins from pea. *Journal of Biological Chemistry*. 270: 10432-10438.

Little, T. M., Hills, F. J. (1989). Statistical methods in agricultural research. Versión en español. 'Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura'. Ed. Trillas. México. 270 p.

Maguire, J. D. (1962). Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*. 2: 176-177.

Medlyn, B. E., Dreyer, E., Ellsworth, D. E., Forstreuter, M., Harley, P. C., Kirschbaum, M. U. F., Leroux, X., Loustau, D., Montpied, P., Strassmeyer, J., Walcroft, A., Wang, K. Y. (2002). Temperature response of parameters of a biochemically-based model of photosynthesis. II. A review of experimental data. *Plant, Cell and Environment*. 25:1167-1179.

Melander, B., Kristensen, J. K. (2011). Soil steaming effects on weed seedling emergence under the influence of soil type, soil moisture, soil structure and heat duration. *Annals of Applied Biology*. 158: 194-203.

Nieto, G. A., Troyo, D. E., Garcia, H. J. L., Murillo, A. B., Ruiz, E. F. H., Pimineta, B. E. (2009). Soil water stress effect during emergence and seedling stage in *Capsicum frutescens* L. and *Capsicum annuum* L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 405-413.

Ojeda, S., C. M., Nieto, G. A., Reynaldo, E. I. M., Troyo, D. E., Ruiz, E. F. H., Murillo, A. B. (2013). Tolerance to water stress in varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Terra Latinoamericana*. 31: 145-154.

Parent, B., Turc, O., Gibon, Y., Stitt, M., Tardieu, F. (2010). Modelling temperature-compensated physiological rates, based on the co-ordination of responses to temperature of developmental processes. *Journal of Experimental Botany*. 61: 2057-2069.

Parera, C. A., Cantliffe, D. J. (1991). Improved germination and modified imbibition of shrunken-2 sweet corn by seed disinfection and solid matrix priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116: 942-945.

Pinna, S. M., Mattana, E., Cañadas, M. E., Bacchetta, G. (2014). Effects of pre-treatments and temperature on seed viability and germination of *Juniperus macrocarpa* Sm. *Comptes Rendus Biologies*. 337: 338-344.

Piramila, B. H. M., Prabha, A. L., Nandagopalan, V., Stanley, A. L. (2012). Effect of heat treatment on germination, seedling growth and some biochemical parameters of dry sedes of black gram. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*. 1: 194-202.

Raines, C. A., Lloyd, J. C., Dyer, T. A. (1999). New insights into the structure and function of sedoheptulose-1,7-bisphosphatase; an important but neglected Calvin cycle enzyme. *Journal of Experimental Botany*. 50: 1-8.

Rafe, A., Razavi, S. M. A. (2013). Dynamic viscoelastic study on the gelation of basil seed gum. *International Journal of Food Science and Technology*. 48: 556-563.

Randhir, R., Shetty, P., Shetty, K. (2002). DOPA and total phenolic stimulation in dark germinated fava bean in response to peptide and phytochemical elicitors process. *Biochemistry*. 37: 1247-1256.

Ruelland, E., Zachowski, A. (2010). How plants sense temperature. *Environmental and Experimental Botany*. 69: 225-232.

Sassenrathcole, G. F., Percy, R. W., Steinmaus, S. (1994). The role of enzyme activation state in limiting carbon assimilation under variable light conditions. *Photosynthesis Research*. 41: 295-302.

Selvarani, K., Umarani, R. (2011). Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of onion (*Allium cepa* cv. *aggregatum*) and carrot (*Daucus carota*). *Journal of Agricultural Technology*. 7: 857-867.

StatSoft® Inc. (2011). *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.

Steel, G. D., Torrie, J. H. (1995). *Bioestadística. Principios y procedimientos*. Ed. McGraw Hill. México. 622 p.

Tardieu, F., Granier, C., Muller, B. (2011). Water deficit and growth. Coordinating processes without an orchestrator? *Current Opinion in Plant Biology*. 14: 283-289.

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, R. M. (2007). Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 199-223.

Wise, R., Olson, A., Schrader, S., Sharkey, T. (2004). Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown pima cotton plants at high temperature. *Plant Cell and Environment*. 27: 717-724.

West, E. M. J., Smith, A. J. C., Winter, K. (2011). Photosynthesis, reorganized. *Science*. 332: 311-312.

Wyenandt, A. C., Simon, E. J., McGrath, T. M., Ward, L. D. (2010). Susceptibility of basil cultivars and breeding lines to downy mildew (*Peronospora belbahrii*). *HortScience*. 45:1416-1419.

Yamori, W., Masumoto, C., Fukayama, H., Makino, A. (2012). Rubisco activase is a key regulator of non-steady-state photosynthesis at any leaf temperature and, to a lesser extent, of steady-state photosynthesis at high temperature. *The Plant Journal*. 71:871-880.

Yari, L., Aghaalikani, M., Khazaei, F. (2010). Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. 5: 1-6.

Yu, X., Zheng, G., Shan, L., Meng, G., Vingron, M., Liu, Q., Zhu, X. G. (2014). Reconstruction of gene regulatory network related to photosynthesis in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science; Plant Systems Biology*. 5: 1-9.

Zinn, K. E., Tunc, O. M., Harper, J. F. (2010). Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. *Journal of Experimental Botany*. 6: 1959-1968.