



Efecto de tratamientos de temperatura sobre características vegetativas y productivas en ajo, clon 'Vietnamita'

Effect of temperature treatments on vegetative and productive characteristics in garlic, 'Vietnamita' clone

^{ID} Marian Rodríguez Hernández^{1*}, ^{ID} Humberto Izquierdo Oviedo^{1†},
^{ID} Jesús Eugenio Hernández Fernández², ^{ID} Humberto Hernández Guzmán², ^{ID} Alba García Gutiérrez¹,
^{ID} Marilyn Florido Bacallao¹, ^{ID} Omar E. Cartaya¹, ^{ID} Lorenzo Suarez Guerra¹

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, CP 32 700, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

²Huerto familiar, carretera Güines-Melena, Melena del Sur, Mayabeque, Cuba

RESUMEN: El ajo (*Allium sativum* L.) es una planta anual, en nuestro país solo se reproduce de forma asexual mediante bulbillos provenientes de la cosecha anterior. Esto facilita la transmisión de enfermedades sistémicas a la descendencia y provoca pérdidas en cuanto a rendimiento y calidad de los clones. Dentro de las estrategias de manejo se encuentra la aplicación de termoterapia a altas temperaturas mediante aire, agua caliente o vapor de agua. El objetivo de este trabajo fue emplear diferentes tratamientos de temperatura sobre características vegetativas y productivas del ajo, clon 'Vietnamita'. Para ello, se emplearon "dientes" de la cosecha 2019-2020, sometidos a diferentes grados de temperatura en un baño de María. La plantación se realizó 48 horas después del secado de los bulbos al aire libre. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres réplicas, los datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza de Clasificación Simple (ANOVA) y las diferencias entre las medias se determinaron mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Con el mejor tratamiento (40 °C/40 min se obtuvo un 16,83 % de brotación a los 14 días después de la plantación, 7,82 hojas/planta a los 120 días y 55,3 mm de diámetro ecuatorial del bulbo. A su vez, se encontraron diferencias significativas en los diferentes tratamientos, con 50 °C/30 min se presentó mayor número de hojas a los 90 y 120 días de plantados, con 11,27 y 8,40 hojas respectivamente, y 1,214 Kg de rendimiento, mientras que, con 30 °C/50 min se obtuvo 19,36 g de masa fresca en el bulbo.

Palabras clave: agua, *Allium sativum*, calor, rendimiento, calidad.

ABSTRACT: Garlic (*Allium sativum* L.) is an annual plant; in our country it only reproduces asexually through bulbils from the previous harvest. This facilitates the transmission of systemic diseases to offspring and causes losses in terms of yield and quality of clones. Among the management strategies is the application of thermotherapy at high temperatures using air, hot water or water vapor. The objective of this work was to use different temperature treatments on vegetative and productive characteristics in Vietnamese clone garlic. For this, "teeth" from the 2019-2020 harvest were used, subjected to different degrees of temperature in a water bath. Planting was carried out 48 hours after drying the bulbs in the open air. A randomized block design with three replications was used, the data were processed using a Simple Ranking Analysis of Variance (ANOVA) and the differences between the means were determined using the Tukey test ($p \leq 0.05$). The best treatment (40 °C/40 min) obtained 16.83 % sprouting at 14 days after planting, 7.82 leaves/plant at 120 days and 55.3 mm equatorial diameter of the bulb. In turn, significant differences were found in the different treatments, with 50 °C/30 min there was a greater number of leaves at 90 and 120 days after planting with 11.27 and 8.40 leaves respectively, and 1.214 kg of yield, while that, with 30 °C/50 min, 19.36 g of fresh mass was obtained in the bulb.

Key words: water, *Allium sativum* L., heat, yield, quality.

*Autor para correspondencia: marian@inca.edu.cu

Recibido: 13/05/2024

Aceptado: 06/09/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: Plan experimental y escritura del documento- Marian Rodríguez Hernández. Diseño el experimento y trabajó en la revisión del documento inicial- Humberto Izquierdo Oviedo. Evaluaciones realizadas- Jesús Eugenio Hernández Fernández, Humberto Hernández Guzmán. Evaluaciones de laboratorio- Omar E. Cartaya. Revisión del documento final y curación de datos- Marilyn Florido Bacallao. Revisión del documento final- Lorenzo Suarez Guerra y Alba García Gutiérrez

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es una planta de importancia nacional y mundial debido a su amplia distribución y a su extensa superficie cultivada. En la actualidad, se concentra en el continente asiático en países como China, India, Corea del Sur y Bangladesh. Se destaca también España en el continente europeo, y otras naciones como Egipto, Argentina y Brasil en el resto del mundo (1).

Es un cultivo muy sensible a las condiciones medioambientales y su época de desarrollo es muy limitada en el año (2). En las condiciones edafoclimáticas de Cuba los clones más usados son 'criollo' y 'vietnamita', con rendimientos entre 4-9 t ha⁻¹ y valores promedio de 6 t ha⁻¹ en comparación con países productores como China con un 73,8 % de la producción mundial (3).

El ajo es una especie donde todos los cultivares son estériles, la reproducción es vegetativa, por medio de bulbillos ("dientes") que sirven como material de propagación (4), por lo que se plantan "dientes" provenientes de los bulbos cosechados en la temporada anterior (5).

Al igual que otros cultivos propagados vegetativamente, el ajo es susceptible a enfermedades sistémicas originadas por hongos, bacterias y virus que se diseminan al resto del cultivo, las que causan pérdidas considerables de rendimiento y la calidad del bulbo (6).

Dentro de las estrategias de manejo se encuentra la termoterapia como método físico (7). La misma consiste en introducir los explantes a tratamiento basado en la aplicación de calor seco o húmedo con variación de temperatura y duración, según el tratamiento y especie de planta. Los tratamientos térmicos utilizados con mayor frecuencia en este cultivo es de temperaturas que oscilan los 35 y 38 °C (8).

Se ha comprobado que los ajos sometidos a termoterapia se conservan mejor hasta la fecha de su plantación (generalmente, entre noviembre y diciembre). Por otra parte, al plantar los "dientes" de ajo de los bulbos tratados con termoterapia se van a generar plantas con una buena brotación y buen desarrollo vegetativo (9).

El objetivo de este trabajo fue emplear diferentes tratamientos de temperatura sobre características vegetativas y productivas en ajo (*Allium sativum* L.), clon 'Vietnamita'.

MATERIALES Y MÉTODOS

La realización del experimento comprendió dos fases de desarrollo. La primera fase se llevó a cabo en los

Departamentos de Fisiología y Bioquímica Vegetal y de Genética y Mejoramiento de las Plantas, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. En la misma se efectuaron los tratamientos de temperatura a los "dientes" de ajo.

La segunda fase se efectuó en un huerto familiar localizado en el Batey "Curva Cabeza de Toro", del municipio Melena del Sur, de la provincia Mayabeque, donde se plantó la semilla agrícola tratada anteriormente acorde a la época del cultivo (octubre/febrero), los datos climáticos se muestran en la [Tabla 1](#).

Material vegetal: Se emplearon bulbos de ajo del clon 'Vietnamita' almacenados (2019-2020).

Experimento realizado

Los bulbos se sometieron a diferentes tratamientos de temperatura en un Baño María termostático sin recirculación de agua, marca VWR (Reino Unido).

Tratamientos

1. Control (sin aplicación de temperatura).
2. Temperatura 10 °C durante 70 min
3. Temperatura 20 °C durante 60 min
4. Temperatura 30 °C durante 50 min
5. Temperatura 40 °C durante 40 min
6. Temperatura 50 °C durante 30 min
7. Temperatura 60 °C durante 20 min

Siete días antes de la plantación fueron seleccionaron al azar 10 bulbos de ajo por tratamiento, los cuales se desgranaron y fueron sometidos al tratamiento térmico durante el día.

Los "dientes" se colocaron en gasa (5 "dientes" por gasa), para mantener la temperatura lo más homogénea posible y posteriormente se colocaron en Baño María. Luego de aplicados los tratamientos de calor, los "dientes" se secaron a la sombra sobre papel filtro "Whatman 42".

El material vegetal se trasladó al campo en sobres individuales, 48 horas antes de realizar la plantación en un suelo Ferralítico Rojo compactado eútrico, según el mapa de 1:250 000 y la nueva versión de Clasificación de los Suelos (10).

El experimento se desarrolló en una superficie de 2,16 x 5,52 m, con una distancia de plantación de 0,05 x 0,68 m.

Tabla 1. Datos climáticos correspondientes a los meses de octubre de 2020-febrero de 2021, obtenidos en la Estación experimental de Melena del Sur, Mayabeque, Cuba

Meses	Temperatura media (°C)	Precipitaciones (mm)	Humedad relativa (%)
Octubre	26,2	120,7	86
Noviembre	24,9	30,0	72
Diciembre	24,3	20,0	73
Enero	23,2	25,0	72
Febrero	24,1	24,0	71

Preparación de suelo

La preparación de suelo se llevó a cabo mediante las normas del Instructivo técnico para la producción de esta hortaliza en el país (2) y en consecuencia se desinfectó con *Trichoderma harzianum* Rifai, un control biológico producido por el Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de Melena del Sur, a base de cabecilla de arroz (*Oryza sativa* L.), para el control de hongos patógenos del suelo y algunas enfermedades foliares. Luego, se realizó la fertilización de fondo con la aplicación de la fórmula completa NPK (9-13-17).

Se realizó un análisis de suelo, para lo cual se tomó una muestra representativa mediante el método de Bandera Inglesa, para su posterior análisis en el laboratorio de Análisis Químico del INCA. Consistió en las determinaciones de fósforo asimilable (P_2O_5), calcio intercambiable (Ca^{2+}), magnesio intercambiable (Mg^{2+}), materia orgánica (M.O) y pH. Las características químicas del suelo se muestran en la [Tabla 2](#).

Tabla 2. Características químicas del suelo en el área de plantación del ajo (*Allium sativum* L.), clon 'Vietnamita'

Componentes del suelo	Valores
pH	7,60
MO (%)	2,52
N (%)	1,46
P (ppm)	154,00
Ca (Cmol/Kg)	18,00
Mg (Cmol/Kg)	2,00

Labores de cultivo

Las atenciones culturales se realizaron de acuerdo al Instructivo técnico (2); también, se realizaron aplicaciones de *T. harzianum*, Abaco® (Insecticida, acaricida con acción de contacto y estomacal) y NPK, mediante mochilas de fumigación, en todos los tratamientos. Además, se hicieron fumigaciones con BRAVO® (fungicida de contacto) y MANCOZEB® (fungicida de contacto).

Variables a evaluar

A partir de los siete días de realizada la plantación se realizaron las siguientes evaluaciones:

- Brotación (7 y 14 días después de la plantación (ddp).
- Altura de la planta (cm), a los 90, 100 y 120 ddp.
- Número de hojas a los 90 y 120 días ddp.

La cosecha se realizó cuando el 75 % de las plantas cambiaron el color de sus hojas de verde a amarillento y el falso tallo perdió su rigidez y se dobló. Después de la cosecha se seleccionaron al azar tres bulbos por tratamiento y, posteriormente, se realizaron las evaluaciones siguientes:

- Masa fresca del bulbo (g)
- Diámetro polar del bulbo (mm)
- Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)

- Número de "dientes" por bulbo
- Diámetro del pseudotallo (mm)
- Rendimiento (kg superficie experimental⁻¹)

Después de 30 días de secados los bulbos de ajo al sol, se seleccionaron al azar 3 bulbos por tratamiento y se realizaron las siguientes evaluaciones:

- Masa seca del bulbo (g) [los mismos bulbos a los que se le midió la masa fresca]. Se colocaron en una estufa a 75 °C durante 72 horas hasta masa constante.
- Diámetro polar del bulbo (mm)
- Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)
- Diámetro del pseudotallo (mm)

Diseño experimental y análisis de datos

Se empleó un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y las diferencias entre las medias se determinaron mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

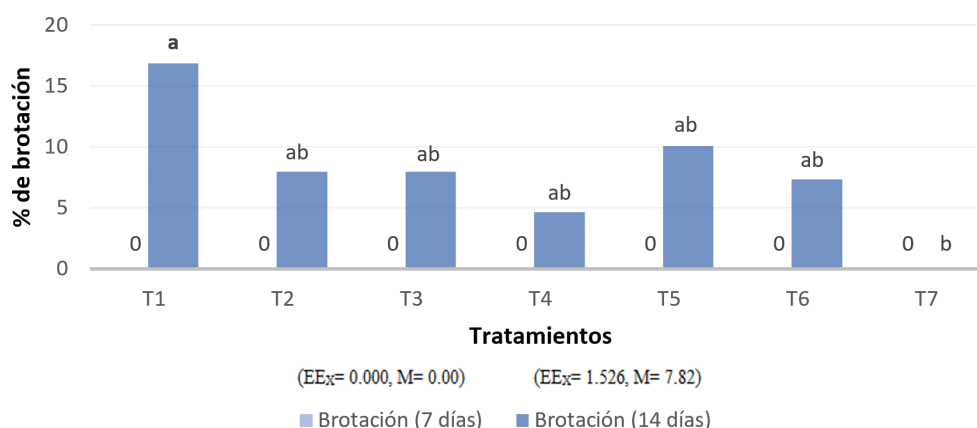
Los datos relacionados al porcentaje de brotación se muestran en la [Figura 1](#). A los siete días como se aprecia, todas las plantas presentaron un 0 % de brotación. En cambio, a los 14 días, se observaron diferencias significativas, los mejores resultados lo obtuvieron las plantas del tratamiento 1 (Control) con un 16,83 % de brotación. El resultado más bajo se presentó en las plantas del tratamiento 7 (60 °C/20 min) con 0 %. Esta variable se vio afectada en la primera semana producto a someter los "dientes" de ajo a cambios de temperatura que le provocaron un ligero estrés.

Varios autores plantean que algunas especies vegetales al someterlas a temperaturas altas no sufren lesiones graves, mientras que, en otras se puede ocasionar efectos negativos producto a un severo daño y colapso a nivel celular en cuestión de minutos (11).

Algunos autores obtuvieron resultados superiores al aplicar la termoterapia en el cultivo del ajo. La emergencia de las plántulas resultó significativamente superior a sus testigos en 9 de los 22 genotipos que evaluaron. Sin embargo, en el 50% de los genotipos no se detectó diferencia en esta variable, el rango de porcentajes de emergencia resultó de 20,8-93,3 y de 5,6-89,6% en "dientes" de bulbos termotratados y testigos, respectivamente (12).

El empleo de alta temperatura para eliminar o reducir la "carga viral" ha sido definida como la producción de un ambiente celular progresivamente menos adecuado para el o los agentes virales (13).

Otros estudios mostraron resultados diferentes al someter los bulbillos a termoterapia por calor seco a 5 °C durante 20 días, el mayor porcentaje de brotación se alcanzó a los 12 días (ddp) con un 80 %, mientras que, el resto de los tratamientos (35-38-48-50 °C) alcanzaron este porcentaje entre 22-32 días (ddp). Sin embargo, fue notable el retraso para dicha variable sobre los bulbillos sometidos a termoterapia por inmersión en agua caliente a 48 °C,



EEx.-error estándar de la media M- media. Medias con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (***) significativo para $p \leq 0,001$). 1- Control (sin aplicación de temperatura). 2-Temperatura 10 °C durante 70 min. 3-Temperatura 20 °C durante 60 min. 4- Temperatura 30 °C durante 50 min. 5-Temperatura 40 °C durante 40 min. 6- Temperatura 50 °C durante 30 min. 7-Temperatura 60 °C durante 20 min

Figura 1. Porcentaje de brotación de las plantas de ajo (*Allium sativum* L.), clon 'Vietnamita' a los 7 y 14 días después de la plantación (n=21) de bulbos sometidos a diferentes tratamientos térmicos (T1-T7)

que solo alcanzó el 40 % de brotación a los 22 días (ddp), este resultado fue similar luego de aplicar 60 °C durante 20 minutos y la brotación comenzó posterior a los 14 días de plantado el cultivo (14).

Con respecto a la altura de las plantas no se presentaron diferencias significativas a los 90 y 100 días de cultivo, mientras que a los 120 días si se evidenciaron diferencias entre los tratamientos (Figura 2). A los 120 días el tratamiento control con 42 cm fue el más favorable. El valor más bajo se presentó en el tratamiento 7 (60 °C/20 min) con 36,11 cm de altura. Una temperatura adecuada puede propiciar un desarrollo más vigoroso del vegetal.

Varios autores plantean que la termoterapia ha sido propuesta como un paso intermedio en el proceso de obtención de plántulas libres de virus, lo que se pudiera traducir en incrementos de las características agromorfológicas del cultivo (15).

Algunos investigadores alcanzaron resultados superiores al someter los ajos a una temperatura de conservación de 33 °C durante seis semanas. La altura de las plantas fue significativamente superior a la de sus testigos (jaspeado, blanco y morado) en 13 de los 22 genotipos evaluados. En cambio, los ocho genotipos restantes, no mostraron diferencias para esta variable en plantas provenientes de bulbos termotratados y sus testigos (12).

Resultados diferentes fueron obtenidos por la exposición de la "semilla" de ajo morado a temperaturas entre los 4-5 °C por periodos de tiempo mayores de 30 días, lo que favoreció significativamente la longitud de la hoja en menor tiempo (14).

Con respecto al número de hojas por planta hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 3). El valor más elevado a los 90 días se obtuvo en el tratamiento 6 (50 °C/30 min) con 11,27 hojas/planta mientras que, a los 120 días los resultados más favorables se alcanzaron en los tratamientos 5 (40 °C/40 min) y 6 (50 °C/30min) con 7,82 y 8,40 hojas/planta,

respectivamente. El tratamiento 7 (60 °C/20 min) presentó los valores más bajos con 7,47 y 6,11 hojas/planta a los 90 y 120 días, respectivamente. El empleo de temperaturas cálidas adecuadas pudiera favorecer esta variable, como se muestra en los resultados alcanzados.

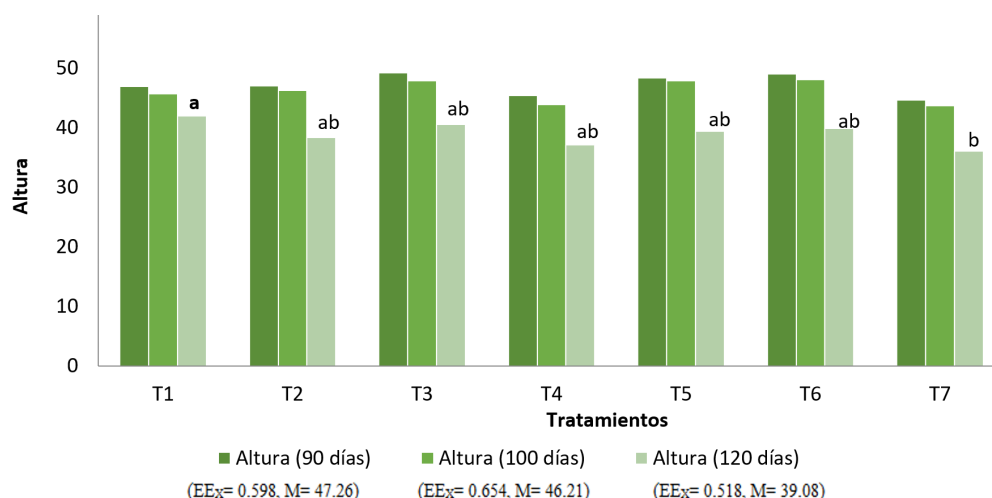
Resultados inferiores se mostraron con la aplicación de termoterapia en siete de 22 genotipos de ajo evaluados, en los que hubo diferencias significativas respecto al número de hojas por plantas. Los valores más elevados oscilaron entre 5,3-4,3 hojas/planta (12).

Investigadores plantean que el termotratamiento no muestra diferencias sobre el número de hojas entre plantas tratadas o no (16). A su vez, otros autores con resultados diferentes demostraron que luego de aplicar termoterapia con calor seco a 5 °C por 20 días, las plantas contaron con un mayor número de hojas a los 90 días (ddp) comparado con los demás tratamientos. En los días posteriores esta variable se equilibró entre tratamientos (14).

La Tabla 3 muestra los resultados relacionados con el contenido de masa fresca y seca del bulbo en plantas de ajo. Como se puede observar, en ambos casos hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Para la masa fresca, los tratamientos más favorables fueron el T1 (control absoluto) con 17,91 g y el T4 (30 °C/50 min) con 19,36 g; en la masa seca, solo el T1 (Control absoluto) fue el más favorable con 15,19 g. A su vez, en ambos casos el valor más bajo fue para el T7 (60 °C/20 min) con 8,83 g y 7,54 g, respectivamente.

La aplicación de temperaturas superiores a los 40 °C puede perjudicar el desarrollo de los bulbos en plantas de ajo, mientras que, temperaturas alrededor de los 30 °C mejoran la calidad del cultivo.

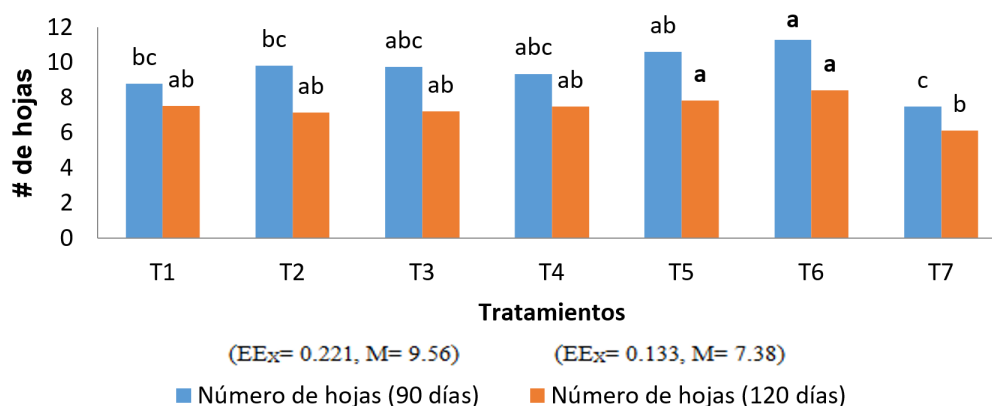
Las temperaturas elevadas y períodos prolongados de termoterapia pueden tener un efecto negativo sobre el desarrollo vegetal (11). Otros autores observaron resultados diferentes, tratamientos de termoterapia por calor seco a 35 °C/12h y por inmersión en agua caliente a 48 °C/30 min



Medias con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (***) significativo para $p \leq 0,001$). EEx.- error estándar de la media .M.- media. n- total de explantes del experimento en las tres repeticiones

1- Control (sin aplicación de temperatura). 2- Temperatura 10 °C durante 70 min. 3- Temperatura 20 °C durante 60 min. 4- Temperatura 30 °C durante 50 min. 5- Temperatura 40 °C durante 40 min. 6- Temperatura 50 °C durante 30 min. 7- Temperatura 60 °C durante 20 min

Figura 2. Altura de las plantas de ajo (*Allium sativum* L.), clon 'Vietnamita' a los 90, 100 y 120 días después de la plantación (n=146) de los bulbos sometidos a diferentes tratamientos de temperatura



EEx- error estándar de la media .M.- media. n- total de explantes del experimento en las tres repeticiones. Medias con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (***) significativo para $p \leq 0,001$). 1- Control (sin aplicación de temperatura). 2- Temperatura 10 °C durante 70 min. 3- Temperatura 20 °C durante 60 min. 4- Temperatura 30 °C durante 50 min. 5- Temperatura 40 °C durante 40 min. 6- Temperatura 50 °C durante 30 min. 7- Temperatura 60 °C durante 20 min

Figura 3. Número de hojas por planta de ajo (*Allium sativum* L.), clon 'Vietnamita' a los 90 y 120 días después de la plantación (n=132) de bulbos tratados o no con diferentes temperaturas

a los 150 días después de la siembra, mostraron una acumulación de biomasa en el bulbo muy inferior a los demás tratamientos (14).

Otros autores alcanzaron resultados inferiores, demostraron que la aplicación de termoterapia con calor seco a 5 °C por 20 días mostró el mejor resultado después del tratamiento absoluto con 5,27 y 6,04 g, respectivamente, a los 150 (ddp). Las plantas tratadas con hidroterapia mostraron un menor desarrollo durante la evaluación (14).

Con respecto al diámetro polar del bulbo no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, mientras que, para el diámetro ecuatorial si se presentaron diferencias para ambos casos (Tabla 3). Los valores más elevados en el caso uno, se obtuvieron en los tratamientos

1 (control absoluto) con 53,3 y 5 (40 °C / 40 min) con 55,3 cm, que a su vez fue el más favorable en el segundo caso con 52,6 cm. Así mismo, en el tratamiento T7 (60 °C/ 20 min) alcanzó los valores más bajos con 41,3 mm y 39,0 mm, respectivamente.

El uso de la termoterapia a temperaturas adecuadas mejora la calidad de los bulbos de ajo al disminuir o eliminar cualquier patógeno presente en los mismos y permite la obtención de buenos resultados postcosecha.

La disminución del diámetro en plantas de ajo sintomáticas demuestra el efecto de los patógenos sobre esta variable, por lo que se sugiere utilizar "dientes" de ajo sanos en cada ciclo de producción, lo cual se puede lograr mediante la termoterapia (17).

Tabla 3. Masa fresca, masa seca, diámetro polar, diámetro ecuatorial y diámetro del pseudotallo fresco y seco, número de “dientes” por bulbo y longitud del diente de plantas de ajo (*Allium sativum* L.), clon ‘Vietnamita’ tratadas o no con diferentes tratamientos de temperatura (n= 21)

Tratamientos	Masa fresca del bulbo (g)	Masa seca del bulbo (g)	Diámetro polar del bulbo (mm)		Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)		Número de “dientes” por bulbo	Diámetro del pseudotallo (mm)	
			Fresco	Seco	Fresco	Seco		Fresco	Seco
T1	17,91 a	15,19 a	43,3	41,0	53,3 a	51,3 ab	11	12,0	8,66
T2	16,68 ab	13,25 abc	43,0	41,3	48,3 ab	43,0 ab	10	12,6	9,00
T3	15,69 ab	9,18 bc	42,3	39,6	51,3 ab	49,3 ab	11	18,3	13,33
T4	19,36 a	13,50 ab	38,6	24,6	48,0 ab	46,6 ab	10	16,3	12,33
T5	15,72 ab	13,71 ab	42,3	40,3	55,3 a	52,6 a	12	17,3	10,33
T6	11,58 bc	11,02 abc	40,0	38,3	48,0 ab	46,0 ab	9	16,3	11,33
T7	8,83 c	7,54 c	39,3	37,6	41,3 b	39,0 b	9	13,6	10,33
E. Ex (±)	0,846	0,685	0,951	1,923	1,204	1,285	0,324	0,888	0,755
M	15,11	11,91	41,25	37,52	49,35	46,82	10,28	15,12	10,75

EEx.- error estándar de la media .M.- media. n- total de explantes del experimento en las tres repeticiones.

Medias con letras distintas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (***) significativo para $p \leq 0,001$)

1- Control (sin aplicación de temperatura). 2- Temperatura 10 °C durante 70 min. 3- Temperatura 20 °C durante 60 min. 4- Temperatura 30 °C durante 50 min. 5- Temperatura 40 °C durante 40 min. 6- Temperatura 50 °C durante 30 min. 7- Temperatura 60 °C durante 20 min

Algunos autores al sanear el clon ‘Criollo-9’ obtuvieron resultados inferiores. El mismo presentó un buen comportamiento en condiciones de campo, con un diámetro polar y ecuatorial de 3,9-4,05 y 3,4-3,9 cm, respectivamente (5).

Algunos estudios señalan que, en Argentina, el Garlic virus A causó reducciones entre 6 y 11 % en el diámetro de las variedades de ajo Morado-INTA y Blanco-IFFIVE(18).

En la propia **Tabla 3**, se aprecia que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al número de “dientes” por bulbo, que osciló entre 9-12 “dientes” por bulbo. La formación de “dientes” no se afecta al aplicar la termoterapia, esta técnica solo permite obtener un desarrollo más vigoroso del vegetal.

Resultados similares muestran que en la realidad del campo la termoterapia tiene efecto contra los virus, ya que los ajos tratados y luego plantados dan lugar a plantas que tienen color más verde, las manchas de virosis disminuyen y tienen un crecimiento más vigoroso (19).

En la **Tabla 3**, se aprecia que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al diámetro del pseudotallo. Los mismos no interfieren en el desarrollo vegetal y permiten que las plantas tengan un buen desarrollo al mejorar su calidad.

Resultados inferiores fueron alcanzados por algunos investigadores con el empleo de la termoterapia en 22 genotipos de ajo respecto al diámetro del pseudotallo. Se mostró que no hubo diferencias significativas en 17 genotipos, mientras que en cinco de ellos si hubo diferencias respecto a esta variable, los valores oscilaron entre 7,6 y 10,2 mm, respectivamente (12).

Así mismo, varios autores plantean que la aplicación de termoterapia (49 °C) no muestra diferencias significativas en genotipos de ajo (criollo y chileno) al aplicar esta técnica (19).

Al estudiar sobre la multiplicación de plantas (16) mediante el sistema de cultivo *in vitro* de las variedades de ajos: Burranquino, Napuri y Blanco Huaralino, se alcanzaron

resultados diferentes y se reporta que el termotratamiento no afecta significativamente el diámetro del pseudotallo en las tres variedades evaluadas.

Los resultados relacionados con el rendimiento de los bulbos de ajo tratados o no se muestran en la **Tabla 4**. Los valores más elevados se alcanzaron en los tratamientos T4 (30 °C/50 min) y T6 (50 °C/30 min) con 1,574 y 1,214 Kg, respectivamente. A su vez, la menor masa se obtuvo en el T7 (60 °C/20 min) con 0,257 Kg. La exposición del vegetal a una temperatura adecuada, ya sea mediante agua o calor seco, permite la obtención de buenos rendimientos.

El termotratamiento permite obtener plantas más vigorosas con mejor rendimiento (20), por lo que los autores refieren que la termoterapia se propone como un paso de control y obtención de plántulas libres de virus, que en el caso del cultivo del ajo estos se acumulan en los bulbillos y pueden provocar severos daños a sus plantaciones.

Tabla 4. Masa (kg) por tratamiento de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) clon ‘Vietnamita’ tratados o no los bulbos de plantación con diferentes temperaturas (n=146)

Tratamientos	masa (Kg)
T1 (Control Absoluto)	0,369
T2 (10 °C/70 min)	0,412
T3 (20 °C/60 min)	0,973
T4 (30 °C/50 min)	1,574
T5 (40 °C/40 min)	0,587
T6 (50 °C/30 min)	1,214
T7 (60 °C/20 min)	0,257
Total	5,386

Resultados inferiores fueron obtenidos luego de aplicar tratamientos de termoterapia a 49 °C en dos genotipos (criollo y chileno) se alcanzaron rendimientos más favorables, con una diferencia más marcada para el chileno, con resultados superiores al criollo (19).

En todos los casos, los mejores resultados fueron alcanzados por plantas a las cuales se les aplicó entre 30 - 50 °C, las plantas de ajo clon 'Vietnamita' se mostraron vigorosas y resistentes durante todo su desarrollo. La aplicación de temperatura, tanto por inmersión en agua como por calor seco, es una técnica que no perjudica el material vegetal, siempre que se use correctamente. De esta forma, se obtienen plantas con una buena nacencia y desarrollo vegetativo y al estar exentos de organismos patógenos se propicia el alcance de valores superiores en cuanto a rendimiento y calidad.

CONCLUSIONES

1. Las temperaturas entre los 30 - 50 °C, mejoraron el crecimiento y desarrollo de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) clon 'Vietnamita' al estar libres de enfermedades.
2. El empleo de temperaturas apropiadas tuvo un efecto positivo en las variables morfológicas (brotación, altura, número de hojas, etc) y fisiológicas (masa fresca y seca, número de "dientes", etc) que se evaluaron en las plantas de ajo (*Allium sativum* L.) clon 'Vietnamita'.
3. El tratamiento hidroterapéutico mejora el rendimiento de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) clon 'Vietnamita'

RECOMENDACIONES

1. Aplicar temperaturas entre los 30-50 °C para determinar su efecto en plantas de ajo (*Allium sativum* L.) clon 'Vietnamita', así como de otros clones.
2. Emplear la técnica de hidroterapia en otros cultivos de reproducción vegetativa para establecer una óptima temperatura que mejore su calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Parejo-Moruno FM, Rangel-Preciado JF, Cruz-Hidalgo E. La inserción de China en el mercado internacional del ajo. Un análisis descriptivo, 1960-2014. Econ Agrar Recur Nat-Agric Resour Econ. 2020;20(1):77-101.
2. Marrero A, Hernández A, Caballero R, Casanova A, Jiménez S, Iglesias I, et al. Guía técnica para la producción del cultivo del ajo. Bibl ACTAF Habana Cuba. 2009;
3. Mendoza-Ramírez EE, Izquierdo-Oviedo H, Hernández-Escobar I de la C, Báez-Rabelo O. (Fredy (, un nuevo genotipo de ajo introducido en Cuba. Cultiv Trop [Internet]. 2021;42(4). Disponible en: <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
4. Atif MJ, Amin B, Ghani MI, Ali M, Cheng Z. Variation in Morphological and Quality Parameters in Garlic (*Allium sativum* L.) Bulb Influenced by Different Photoperiod, Temperature, Sowing and Harvesting Time. Plants. febrero de 2020;9(2):155.
5. Izquierdo Oviedo H, Gómez O. Criollo-9, un cultivar de ajo resistente a las enfermedades fitopatógenas y elevado potencial de rendimiento. Cultiv Trop. junio de 2012;33(2):68-68.
6. Celli MG, Perotto MC, Buraschi D, Conci VC. Biological and molecular characterization of *Garlic virus D* and its effects on yields of garlic. Acta Hortic. octubre de 2016;(1143):193-200.
7. Suárez Padrón IE. Cultivo de tejidos vegetales. 2020; Disponible en: <https://unilibros.co/gpd-cultivo-de-tejidos-vegetales-9789585104099.html>
8. Carbajal Cruz NN. Termoterapia y cultivo in vitro de ajo (*Allium sativum* L.) para la eliminación del virus del enanismo amarillo de la cebolla. [Internet] [PhD Thesis]. Universidad Autónoma de Nuevo León; 2018. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/15790>
9. Megino LV, González CI. La termoterapia aplicada al cultivo del ajo. Agric Rev Agropecu. 2005;880:866-9.
10. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultiv Trop. 2019;40(1).
11. Ghaemizadeh F, Dashti F, Khodakaramian G, Sarikhani H. Combination of stem-disc dome culture and thermotherapy to eliminate Allxiviruses and Onion yellow dwarf virus from garlic (*Allium sativum* cv. Hamedan). Arch Phytopathol Plant Prot. 25 de febrero de 2014;47(4):499-507.
12. Velásquez-Valle R, Reveles Hernández M. Efecto de la termoterapia sobre la emergencia y características vegetativas de genotipos de ajo. Rev Mex Cienc Agríc. 2019;10(2):447-52.
13. Watson-Guido W, Jimenez-Bonilla V, Brenes-Madriz J, Watson-Guido W, Jimenez-Bonilla V, Brenes-Madriz J. Establishment of a protocol for the induction of indirect somatic embryogenesis in *Allium sativum* (Costa Rican Creole Gralic). Rev Tecnol En Marcha. junio de 2021;34(2):178-86.
14. Gómez-Marroquín MR, Torres-Jiménez DM, Cruz-Castiblanco GN, Hernández-Guzmán AK, Kobayashi S, del Pilar Villarreal A. Métodos físicos para reducir inóculo de *Sclerotium cepivorum* en semilla de ajo morado (*Allium sativum* L.). Agron Mesoam. 2022;46042-46042.
15. Peña LET, Pérez DM, Pimentel KR, Revol MM, Reyes DM. Efecto de la termoterapia sobre características vegetativas y productivas de dos genotipos de ajo. Rev ECOVIDA. 26 de abril de 2023;13(1):9-15.
16. Falcon R, Rossana T. Multiplicación de plantas mediante el sistema de cultivo in vitro de tres variedades de ajos (*Allium sativum* L.) para la formación de Microbulbillos. 2019 [citado 25 de septiembre de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2168>
17. Pérez-Moreno L, Santiago-Gómez D, Rico-Jaramillo E, Ramírez-Malagón R, Mendoza-Celedón B. Efecto de Virus Fitopatógenos Sobre Características Agronómicas y Calidad del Ajo (*Allium sativum* L.), en el Estado de Guanajuato, México [Internet]. Revista mexicana de fitopatología. 2008 [citado 23 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100007
18. Cafrune EE, Perotto MC, Conci VC. Effect of Two *Allxivirus* Isolates on Garlic Yield. Plant Dis. julio de 2006;90(7):898-904.

19. Peña LET, Pérez DM, Pimentel KR, Revol MM, Reyes DM. Efecto de la termoterapia sobre características vegetativas y productivas de dos genotipos de ajo. *Rev ECOVIDA*. 26 de abril de 2023;13(1):9-15.
20. Luiz G, Oliveira L. Olho Seco: Entendendo a doença | Empregando a luz pulsada intensa. A termoterapia pulsada e o Jett Plasma no tratamento. *Âs Editorial*; 2022. 89 p.