



Respuesta al estrés térmico de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en campo acolchado.

Una aproximación a la realidad de la zona

Thermic stress response of three lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) in mulched fields.

An overview of the region's climate

Gabriel Ortega Julio^{1*} , Baque López Génesis Melissa² , Burgos López Gema² , Mendoza Marcillo Bolívar¹

Datos del Artículo

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí.
Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura.
km 1.5 vía Noboa, Campus los Ángeles.
Jipijapa.
Tel: + 05-2600229/05-2601657/05-2600223.
Manabí, Ecuador.

² Profesional independiente.
Manabí, Ecuador.

*Dirección de contacto:

Julio Gabriel Ortega.
Universidad Estatal del Sur de Manabí.
Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura.
km 1.5 vía Noboa, Campus los Ángeles.
Jipijapa.
Tel: + 05-2600229/05-2601657/05-2600223.
Manabí, Ecuador.

E. mail: j.gabriel@proinpa.org
juliogabrielortega6@gmail.com

Palabras clave:

Calidad de la hoja,
frescura, peso de la planta,
picantes de hoja,
sabor de hoja,
tamaño de la raíz.

J. Selva Andina Biosph.
2025; 13(2):129-139.

ID del artículo: 165/JSAB/2025

Historial del artículo

Recibido junio, 2025.
Devuelto septiembre, 2025.
Aceptado octubre, 2025.
Disponible en línea, noviembre 2025.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Keywords:

Leaf quality,
freshness,
plant weight,
leaf pungency,
leaf flavor,
root size.

Resumen

Con el objetivo de evaluar la respuesta agro-morfológica y productiva al estrés térmico de 3 cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en campo acolchado, fue implementada una parcela experimental en la comunidad de Puerto La Boca, Puerto Cayo, Ecuador. El factor de estudio fue el efecto del estrés térmico en 3 cultivares de lechuga crepa; fueron alojados en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios con 3 tratamientos (T₁ Patagonia, T₂ Starfighter, T₃ Batavia BG) y 4 repeticiones, se bloque el efecto del tiempo de trasplante. Cada unidad experimental tuvo 45 plantas sembradas en 3 hileras a 0.20 m entre plantas y a 0.80 m entre hileras y 1.80 m entre platabandas. Se evaluó las variables como: número de hojas, porcentaje de área foliar, índice de área foliar, diámetro de la cabeza, altura de planta, tamaño de raíz, peso de planta con raíz, peso de planta sin raíz y sabor. Los resultados fueron; Starfighter, fue sobresaliente en el número de hojas, sabor no picante para el consumo, en cambio Batavia BG fue notorio en el porcentaje de área foliar e índice de área foliar, tamaño de raíz y peso de planta con raíz; pero sus hojas fueron picantes. Patagonia resaltó en el diámetro de la cabeza y altura de planta. Se logró seleccionar al cultivar Starfighter como la que tuvo mejor comportamiento y calidad de hojas.

2025. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

In order to evaluate the agro-morphological and productive response to thermal stress of 3 lettuce cultivars (*Lactuca sativa* L.) in mulched field, an experimental plot was implemented in the community of Puerto La Boca, Puerto Cayo, Ecuador. The study factor was the effect of heat stress on 3 cultivars of curly lettuce; were housed in an experimental design of completely randomized blocks with 3 treatments (T₁ Patagonia, T₂ Starfighter, T₃ Batavia BG) and 4 replications, the effect of transplant time was blocked. Each experimental unit had 45 plants planted in 3 rows at 0.20 m between plants and 0.80 m between rows and 1.80 m between platforms. Variables such as: number of leaves, percentage of leaf area, leaf area index, head diameter, plant height, root size, weight of plant with root, weight of plant without root and flavor were evaluated. The results were; Starfighter was outstanding in the number of leaves, non-spicy flavor for consumption, while Batavia BG was notorious in the percentage of leaf area and leaf area index, root size and weight of plant with root; but its leaves were spicy. Patagonia stood out in the diameter of the head and height of the plant. It was possible to select the Starfighter cultivar as the one with the best behavior and leaf quality.

2025. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. All rights reserved.



Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es considerada la hortaliza de hoja más relevante a nivel mundial por su amplia aceptación en la alimentación humana y su valor nutricional^{1,2}. Su consumo está estrechamente vinculado a la preparación de ensaladas, en las que se aprovechan los diversos sabores y texturas de sus hojas. Desde el punto de vista nutricional, se destaca por su alto contenido de fibra y bajo aporte energético^{1,2}. Esta especie tiene origen en Europa y el suroeste de Asia, y se desarrolla óptimamente en rangos de (temperatura entre 7 y 25° C)³⁻⁶.

Sin embargo, cuando la temperatura supera 30° C, se observan alteraciones morfológicas como el afinamiento de sus hojas, y alargamiento de entrenudos; reduciendo su valor comercial. Además, el estrés térmico puede provocar decoloración de las nervaduras, quemaduras en las puntas, espigado prematuro y deformaciones foliares⁷⁻⁹. Se ha reportado, que, bajo condiciones de calor extremo, la biomasa vegetal y la morfología foliar cambian significativamente: las hojas y tallos se alargan, y las hojas se tornan más estrechas⁷. También se evidenciaron variaciones en el contenido de clorofila y compuestos osmoprotectores (prolina y azúcares solubles), que disminuyen en etapas iniciales y aumentan posteriormente. De forma paralela, la actividad de enzimas antioxidantes como catalasa, peroxidasa y superóxido dismutasa, así como los niveles de malondialdehído, siguieron patrones similares¹⁰.

Más allá de los aspectos fisiológicos, el calentamiento global representa una amenaza creciente para el cultivo de lechuga. Entre los efectos más perjudiciales se encuentran el calor extremo y la sequía, que comprometen la productividad agrícola¹¹. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) proyectan un incremento de 0.2° C por década en la temperatura global del aire, alcan-

zando entre 1.8 y 4.0° C adicionales para el año 2100¹². Ante este escenario, el desarrollo de cultivares mejorados y tolerantes al calor se vuelve esencial para mantener la producción en ambientes cada vez más exigentes.

La fotosíntesis, un sistema altamente complejo cuya finalidad es proporcionar la energía, materia orgánica para el crecimiento, desarrollo y, determina el rendimiento de un cultivo; no obstante, la luz y la temperatura son los factores vitales que afectan este proceso, como actividades de enzimas de asimilación de carbono, apertura de estomas, acumulación de metabolitos y la composición pigmentaria de las células¹³⁻¹⁷.

La lechuga, como otras hortalizas se ven afectadas por los cambios ambientales lo que las vuelve no rentables, de ahí que el estrés abiótico debido a las altas temperaturas (stress térmico ST), limitan su cantidad, calidad, estado nutricional, y su producción^{18,19}.

El ST también afecta la calidad de las verduras, por un cambio de color, textura de la fruta por ejemplo en pepino, pimiento y tomate, afectando el estado nutricional de las verduras, como la reducción del licopeno en tomate, y el β -caroteno en espinaca y lechuga y aumenta los niveles de nitratos siendo nocivos para el consumo humano²⁰⁻²².

En Ecuador, se cultivan diversos tipos de lechuga, como Batavia, lisa, romana, Baby leaf y variedades foliares lisas y crespas en tonalidades verdes, rojas y moradas²³⁻²⁸. Las principales zonas productoras incluyen las provincias de Azuay, Tungurahua, Pichincha y Loja, donde las temperaturas oscilan entre 15 y 20° C, condiciones ideales para su desarrollo²⁹. No obstante, es necesario evaluar nuevos cultivares de lechuga en distintas épocas de siembra y sistemas de producción, especialmente en zonas costeras como Puerto la Boca, en el sur de Manabí, donde las tem-

peraturas promedio superan los 20° C y se requiere material genético con mayor tolerancia al calor³⁰.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta agro-morfológica y productiva de 3 cultivares de lechuga frente al estrés térmico en la comuna de Puerto la Boca, Jipijapa, Ecuador.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica. La investigación se desarrolló en el Recinto Puerto La Boca de la Parroquia Puerto Cayo del Cantón Jipijapa, ubicado a 1°18'20" latitud Sur y 80°45'42" longitud Oeste, a una altura de 53 msnm. La temperatura promedio fue de 24.8° C/año y la precipitación promedio es de 298 mm/año, concentrándose las lluvias en el mes de febrero y el mes más seco en agosto³¹. Esta investigación fue desarrollada entre los meses de julio a agosto del 2022.

Factores de estudio. El factor de estudio fue la respuesta al ST en 3 cultivares de lechuga crespa. Las semillas fueron adquiridas en la empresa Agroser, Ecuador de la marca Rijk Zwaan³².

Tratamiento. Los tratamientos aplicados se indican en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1 Tratamientos aplicados en tres cultivares híbridos de lechuga

Código	Tratamiento
T ₁	Patagonia
T ₂	Starfighter
T ₃	Batavia BG V3

Diseño experimental. La parcela experimental fue implementada en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios (DBCA) con 4 repeticiones y 3 tratamientos³³, se bloqueó el efecto del tiempo de trasplante. Cada unidad experimental (UE) tuvo de 45 plantas sembradas en 3 hileras a 0.20 m entre plantas y a 1.80 m entre platabandas.

Hubo 180 plantas por las 4 repeticiones. El número de plantas por todo el experimento fue 540 plantas. Se evaluó las líneas centrales, que correspondieron a 15 plantas de cada cultivar por repetición.

Análisis estadístico. Cumplidos los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y en base al modelo definido se realizaron análisis de varianza (ANVA) para probar hipótesis acerca de los efectos fijos, así como comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El ANVA, también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Todos los análisis se realizaron con el software infostat³⁴.

Variables de respuesta. i) *Número de hojas* (NDH). Se evaluó el total por planta. ii) *Porcentaje de área foliar* (PAF). Se evaluó cada 15 días utilizando la aplicación Canopy Cover Free del Play Store³⁵. iii) *Índice de área foliar* (IAF). Se calculó a través de la fórmula sugerida por Hunt³⁶. iv) *Diámetro de la cabeza* (cm) (DDC). Esta variable se midió cada 15 días a partir de la formación de cabeza hasta el día de cosecha con un pie de rey o calibrador³⁷. v) *Altura de planta* (cm) (AP). Se inició a los 15 días después del trasplante hasta la cosecha, se midió desde la base hasta el extremo superior de la cabeza con una cinta métrica³⁸. vi) *Tamaño de raíz* (cm) (TDR). Se evaluó con una cinta métrica en cm. vii) *Peso de planta con raíz* (kg) (PPCR). Una vez realizada la cosecha, cuando la cabeza de la lechuga estuvo compacta se pesaron cada una de las cabezas con sus raíces utilizando una balanza analítica en kg³⁷. viii) *Peso de planta sin raíz* (kg) (PPSR). Cuando la cabeza de la lechuga estuvo compacta se pesaron cada una de las cabezas, sin sus raíces utilizando una balanza gramera en kg³⁷. ix) *Sabor*. Esta variable cualitativa se determinó consumiendo las lechugas en fresco, determinando si este fue de sabor picante o no.

Manejo de la investigación. La parcela experimental fue implementada en campo en una superficie de 134 m². Se removió el suelo utilizando un motocultor,

luego se procedió al desmenuzado para obtener partículas más finas para el desarrollo de las plántulas en las platabandas. Se aplicó materia orgánica (biocompost) para darle un suelo adecuado a las plantas al momento del trasplante. El biocompost se aplicó a razón de 75 kg por hilera de 33 m. Se procedió a la medición del terreno con la ayuda de una cinta métrica, para la formación de las platabandas de 0.80 m de ancho por 33 m de largo y una altura de 0.15 m, por último, se realizó la nivelación de las platabandas.

El sustrato se preparó con biocompost, hoja de guaba y tierra del lugar, en una proporción 2:1:1. Se puso 10 kg de humus y 1 bolsa (10 g) de micorriza para evitar el ataque de patógenos que causan *damping off*. Una vez preparado el sustrato se procedió a llenar los hoyos con este, teniendo cuidado de humedecerla. Luego fueron sembradas las semillas de los cultivares en estas bandejas. El riego de las bandejas se realizó 2 veces por día para mantener la humedad. El trasplante definitivo se realizó en hileras, para lo que se hizo hoyos con una profundidad de 0.15 m a una distancia de 0.20 m entre plantas dentro de la hilera, después se procedió a trasplantar una planta por hoyo. Al trasplante se puso una mano de humus de lombriz (50 g) para incentivar el desarrollo de raíces. Las platabandas fueron cubiertas con un acolchado

plástico con el propósito de mantener estable la temperatura en el suelo, controlar las malezas, conservar la humedad y evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación y evaporación.

El control de enfermedades fue preventivo de acuerdo a los antecedentes de presencia de enfermedades en la zona. Para el control del mildiu causado por el oomycete *Bremia lactucae* y otras manchas foliares, se realizó la aplicación de Metalaxyl + Mancozeb (Ridomil) (2.5 g L⁻¹) alternado con Clorotalonil (2.5 mL L⁻¹), *Trichoderma* (3 mL L⁻¹) y *Bacillus subtilis* (3 mL L⁻¹) a partir del octavo día después del trasplante³⁹.

El control de plagas se lo realizó de acuerdo al monitoreo y aplicación del umbral de daño para el control de insecto de plagas como mosca blanca (*Bemisia tabaci*), negrita (*Prodiptosis longifila*) y pulgones (*Myzus persicae*), se utilizó la aplicación de Thiamethoxam (0.25 mL L⁻¹), alternando con abamectina (2.25 mL L⁻¹), Confidor (0.60 g L⁻¹) y Neem (4 mL L⁻¹), a partir de los 10 días después del trasplante⁴⁰.

Se efectuó el riego de las plantas mediante el uso del sistema de riego por goteo y la frecuencia fue de 2 a 3 veces al día, dependiendo de la temperatura.

La cosecha se realizó a partir de los a los 40 después del trasplante.

Resultado

Tabla 2 Análisis de varianza para de los cultivares

FV	gl	Cuadrados medios				
		NDH	PAF	IDAF	DDC (cm)	AP (cm)
Rep	3	4.81**	218.29**	110.46ns	2.00ns	12.86*
Cultivar	2	12.14**	334.60**	358.67**	17.64ns	19.49**
Fecha	2	91.26**	4055.05**	7449.69**	806.29**	418.77**
Cultivar*Fecha	4	1.07ns	45.49ns	4.62ns	9.48ns	5.09ns
Error	24	.62	30.39	57.35	5.98	3.44
total	35					
CV		7.74	10.54	12.14	8.48	10.02

*: significativo al P<0.05, **: altamente significativo al P<0.01. ns: no significativo, NDH: número de hojas, PAF: porcentaje de área foliar, IDAF: índice de área foliar, DDC: diámetro de cabeza, AP: altura de planta

El análisis con la prueba de Shapiro - Wilks (P<0.05) denotó distribución normal de los datos evaluados de

las variables NDH, PAF, IAF, DDC y AP, TDR, PPCR, y PPSR. El análisis de homogeneidad de va

rianzas mediante la prueba de Levene ($P<0.05$), indicando que las variables NDH, PAF, IAF, DDC, AP, TDR, PPCR y PPSR fueron homogéneas.

Estos análisis sugirieron la continuidad del ANVA y la comparación de medias de los tratamientos.

Análisis de las variables agro-morfológicas y productivas. El ANVA para cultivares presentaron diferencias altamente significativamente ($P<0.01$) (Tabla 2), para las variables NDH, PAF, IDAF, DDC, AP,

con coeficientes de variación (CV) de 8 a 12 %, que están dentro de los rangos permitidos para este tipo de investigación. La interacción Cultivar * Fecha, no fueron significativos ($P<0.05$).

El ANVA para cultivar de TDR, PPCR y PPSR, indicó que hubo diferencias altamente significativas ($P<0.01$) y significativas ($P<0.05$), con CV entre 7 a 12 %.

Tabla 3 Análisis de varianza para variables productivas

FV	gl	Cuadrados medios		
		TDR (cm)	PPCR 8 (g)	PPSR (g)
Rep	3	0.07ns	38.44ns	2316.50ns
Cultivar	2	2.86**	10823.56*	5666.64*
Error	6	.19	1101.46	1122.68
Total	11			
CV		6.97	9.72	11.76

*: significativo al $P<0.05$, **: altamente significativo al $P<0.01$, ns: no significativo, TDR: tamaño de raíz, PPCR: peso de planta con raíz, PPSR: peso de planta sin raíz.

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P<0.05$) (Tabla 4), señaló que el cultivar Starfighter, fue sobresaliente para el NDH, en cambio Batavia BG fue notorio en el PAF e IDAF y Patagonia resaltó en el DDC y AP.

La prueba de Tukey ($P<0.05$), indicó que Batavia BG fue sobresaliente para TDR y el PPCR (Tabla 5); y

todos los cultivares manifestaron el mismo comportamiento para PPSR. Batavia BG, presentó un buen desarrollo, pero cuando se consumieron las hojas, estas fueron picantes, lo cual le daba un sabor desagradable al paladar. El cultivar Starfighter fue de mejor comportamiento y calidad de hoja (no picante).

Tabla 4 Análisis de medias de variables agro-morfológicas

Variedad	NDH	PAF	IDAF	DDC (cm)	AP (cm)
Starfighter	11.36 a	53.18 b	56.75 b	27.37 a	17.25 b
Batavia BG	9.61 b	61.91 a	66.18 a	28.75 a	17.91 ab
Patagonia	9.40 b	60.64 a	61.21 ab	29.39 a	19.68 a
DSH	.80	6.41	.94	2.50	1.89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P<0.05$). NDH: número de hojas, PAF: porcentaje de área foliar, IDAF: índice de área foliar, DDC: diámetro de cabeza, AP: altura de planta.

Tabla 5 Análisis de medias de variables productivas

Variedad	TDR	PPCR (g)	PPSR (g)
Starfighter	5.92 b	304.11 b	255.13 a
Batavia BG	7.17 a	394.11 a	323.17 a
Patagonia	5.59 b	318.84 b	272.67 a
DSH	.94	72.00	72.70

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P<0.05$). TDR: tamaño de raíz, PPCR: peso de planta con raíz, PPSR: peso de planta sin raíz.

Discusión

En Riobamba y Cotopaxi se han introducido muchos cultivares de lechuga⁴¹⁻⁴⁴, algunos se adaptaron a las condiciones ambientales y de suelo de estos sitios. En esta investigación hemos evaluados lechugas crespas, que no fueron evaluados bajo las condiciones de costa (Zona Sur de Manabí), particularmente en la comuna de Puerto La Boca.

Chacha Barba *et al.*⁴⁴, evaluaron el comportamiento morfo-fisiológico y productivo de 2 cultivares de lechuga, en sistema hidropónico y convencional a campo. Los cultivares evaluados fueron Cherokee Rz (81 - 36) y Starfighter Rz (81 - 85). Los resultados de este estudio indicaron que Starfighter fue sobresaliente con 11 hojas como promedio en sistema hidropónico, 724 cm² de PAF y 8272 kg ha⁻¹ de rendimiento. En nuestro estudio, se obtuvieron 11 hojas por planta, un PAF de 728 cm² (53 %) por planta, con un DDC de 27.37 cm por planta y 15.946 kg ha⁻¹ de rendimiento. Rojas Hidalgo³⁰, aplicando fertilizantes como el fosfonato de calcio incremento el NDH en el cultivar Great Leakes 659, obtenido a la cosecha 16.4 hojas en promedio. López Carhuanta⁴⁵, aplicó fosfonato de calcio-boro logrando un incremento de 22 hojas.

Fue notorio que los cultivares Batavia y Patagonia con altos rendimientos, pero al consumirlas fueron picantes y no agradables al paladar. Esto posiblemente debido al estrés hídrico que sufrieron durante el desarrollo del cultivo^{44,46}, y a los efectos de altas temperaturas⁴⁷. Estas condiciones, sin embargo, no afectaron al cultivar Starfigther, que fue apta para su consumo, manteniéndose fresca y verde. Si bien el estrés abiótico severo daña el crecimiento y desarrollo de las plantas⁴⁸, aplicado a niveles moderados puede estimular la síntesis de compuestos beneficio-

sos para la salud sin afectar negativamente la productividad del cultivo⁴⁸. Existe evidencia de que las plantas sometidas a estrés abiótico moderado presentan una mayor tolerancia a estreses posteriores, como los derivados del almacenamiento postcosecha^{46,49}. Este efecto se debe a la memoria metabólica inducida en el primer estrés infligido. La aplicación deliberada de estreses moderados, con el objetivo de tolerar estreses posteriores^{49,50}.

Se debe mencionar que la temperatura promedio anual en la Puerto la Boca es de 24° C, lo que indica, que las especies en general deben ser adaptadas a temperaturas altas^{7,47}. El cultivar Starfighter, tiene un amplio rango de adaptación³², esto fue notorio en este experimento, sembrado en verano; este cultivar tuvo un comportamiento para el consumo en fresco. Sin embargo, consideramos que debe evaluarse también en la época invernal para estudiar su comportamiento y adaptación en otra época.

Debido al cambio climático, la limitación de los recursos hídricos naturales para la producción de alimentos se ha convertido en un verdadero problema para la agricultura^{10,11}. Por ello, se han realizado diversos esfuerzos para buscar estrategias tecnológicas que permitan reducir el uso de recursos hídricos en la producción de alimentos^{51,52}. En este estudio hemos seleccionado nuevos cultivares de lechuga cropa que toleren al estrés térmico y sean motivo de búsqueda de alternativas frente a los cambios de temperatura del aire y den respuesta en la generación de alimentos de hoja, como la lechuga y estos pueden ser extrapolados a otros tipos de cultivares.

Fuente de financiamiento

Proyecto "Producción de hortalizas en campo e invernadero - Fase II" de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que esta investigación fue realizada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (Cantón Jipijapa) y no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero y las facilidades proporcionadas por la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Al Ing. Luis Miguel Correa, que nos facilitó el terreno y los insumos para realizar la investigación en la comunidad de Puerto La Boca, Puerto Cayo, y a los estudiantes involucrados en esta investigación.

Consideraciones éticas

La aprobación de la investigación por la Dirección de Investigación y Posgrado, el Comité de Ética, y el Comité de Investigación de la Carrera de Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), (Cantón Jipijapa), se siguió las pautas establecidas por estas instancias.

Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

Contribución de los autores

Julio Gabriel-Ortega, planeación del experimento, análisis estadístico, sistematización, sintaxis, gramática e interpretación de la información. *Génesis Baque López*, toma de datos, sistematización e interpretación de la información. *Gema Burgos López*, transcripción, sistematización y revisión del documento.

Bolívar Mendoza Marcillo, sintaxis, ortografía, y revisión del documento.

Acceso a los datos

Los datos e información de esta investigación están presente en el artículo.

Consentimiento para la publicación

Los autores después de revisar el documento, damos por aprobado para su publicación.

Uso de la Inteligencia Artificial

Damos por sentado que todo el documento fue redactado en base a los criterios éticos y profesionales, y no se utilizó la IA para realizar las imágenes o texto.

Literatura Citada

1. Vásquez Camacho JG. Evaluación agronómica de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembra consecutivos, en San Miguel de la Tigra, San Carlos, Alajuela, C.R [tesis licenciatura]. [Costa Rica]: Tecnológico de Costa Rica; 2015 [citado 15 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6469>
2. Křístková E, Doležalová I, Lebeda A, Vinter V, Novotná A. Description of morphological characters of lettuce (*Lactuca sativa* L.) genetic resources. Hort Sci 2008;35(3):113-29. DOI: <https://doi.org/10.17221/4/2008-HORTSCI>
3. Pitrat M. Vegetable crops in the Mediterranean basin with an overview of virus resistance. Adv Virus Res 2012;84:1-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394314-9.00001-4>

4. Hassan MN, Mekkiaw SA, Mahdy M, Salem KF, Tawfik E. Recent molecular and breeding strategies in lettuce (*Lactuca* spp.). *Genet Resour Crop Evol* 2021;68:3055-79. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01246-w>
5. Lebeda A, Ryder EJ, Grube R, Dolezalová I, Kristková E. Lettuce (Asteraceae: *Lactuca* spp.). In: Singh RJ, editor. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. La Florida: CRC Press; 2007. p. 377-472. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420009569.ch9>
6. Rubatzky VE, Yamaguchi M. Other underground starchy vegetables. In: Rubatzky VE, Yamaguchi M, editors. *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. New York: Springer, New York. 1997. p. 204-34. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6015-9_14
7. Zhou J, Li P, Wang J. Effects of light intensity and temperature on the photosynthesis characteristics and yield of lettuce. *Horticulturae* 2022;8(2):178. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020178>
8. Jenni S, Yan W. Genotype by environment interactions of heat stress disorder resistance in crisphead lettuce. *Plant Breed* 2009;128(4):374-80. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01657.x>
9. Lafta A, Sandoya G, Mou B. Genetic variation and genotype by environment interaction for heat tolerance in crisphead lettuce. *HortScience* 2021;56(2):126-35. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15209-20>
10. Pereira MC, Souza NOS, Nascimento WM, da Silva GO, da Silva CR, Suinaga FA. Stability evaluation for heat tolerance in lettuce: implications and recommendations. *Plants (Basel)* 2024;13(11):1546. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13111546>. PMID: 38891354; PMCID: PMC11175035.
11. Raza A, Razzaq A, Mehmood SS, Zou X, Zhang X, Lv Y, et al. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. *Plants* 2019;8:34. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
12. Climate change widespread, rapid, and intensifying - IPCC [Internet]. The Intergovernmental Panel on Climate Change. 2025 [cited March 5, 2025]. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/#:~:text=Faster%20warming,and%20how%20we%20can%20prepare.%E2%80%9D>
13. Ahmed Hesham A, Tong Y, Yang Q. Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: a review. *S Afr J Bot* 2020;130:75-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.018>
14. Chen JW, Kuang SB, Long GQ, Yang SC, Meng ZG, Li LG, et al. Photosynthesis, light energy partitioning, and photoprotection in the shade-demanding species *Panax notoginseng* under high and low level of growth irradiance. *Funct Plant Biol* 2016;43(6):479-91. DOI: <https://doi.org/10.1071/FP15283>. PMID: 32480478.
15. Fu W, Li P, Wu Y, Tang J. Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in lettuce. *Hortic Sci (Prague)* 2012;39(3):129-34. DOI: <https://doi.org/10.17221/192/2011-HORTSCI>
16. Allen DJ, Ort DR. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends Plant Sci* 2001;6(1):36-42. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(00\)01808-2](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(00)01808-2). PMID: 11164376.
17. Dufault RJ, Ward B, Hassell RL. Dynamic relationships between field temperatures and romaine lettuce yield and head quality. *Sci Hortic* 2009;120(4):452-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.002>
18. Boote KJ, Allen LH, Prasad PV, Baker JT, Gesch RW, Snyder AM, et al. Elevated temperature and CO₂ impacts on pollination, reproductive growth,

- and yield of several globally important crops. J Agric Meteorol 2005;60(5):469-74. DOI: <https://doi.org/10.2480/agrmet.469>
19. Aleem S, Sharif I, Tahir M, Najeebullah M, Nawaz A, Khan MI, et al. Impact of heat stress on cauliflower (*Brassica Oleracea* var. Botrytis): A physiological assessment. Pak J Agric Res 2021; 34(3):479-86. DOI: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.3.479.486>
 20. Zipelevish E, Grinberge A, Amar S, Gilbo Y, Kafkafi U. Eggplant dry matter composition fruit yield and quality as affected by phosphate and total salinity caused by potassium fertilizers in the irrigation solution. J Plant Nutr 2000;23(4):431-42. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160009382030>
 21. Gross J. Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids. Springer Science & Business Media; 2012.
 22. Oyama H, Shinohara Y, Ito T. Effects of air temperature and light intensity on β -carotene concentration in spinach and lettuce. J Japan Soc Hort Sci 1999;68(2):414-20. DOI: <https://doi.org/10.2503/jjshs.68.414>
 23. Ríos MJ, García CM, Tarazona ML. Proyecto de emprendimiento de cultivo de lechugas hidropónicas utilizando la técnica de película nutritiva o NFT [tesis licenciatura]. [Bogotá]: Universidad del Rosario; 2021 [citado 15 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repository.urosario.edu.co/items/bb27fc57-8358-4bce-a207-c3fda8d675e1>
 24. La Rosa Villarreal OJ. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo condiciones del Valle Del Rímac, Lima [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Agraria La Molina; 2015 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/3e3a766a-ec33-410c-a01b-45a78d23d634>
 25. Cangás Mejía S de los Á. Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), sometida a la aplicación de tres dosis de sulfato de calcio, Cantón Espejo - provincia del Carchi [tesis licenciatura]. [Carchi]: Universidad Técnica de Babahoyo; 2018 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4377>
 26. Cabrera Diaz JA. Evaluación de cuatro cultivares de lechuga en parámetros agronómicos similares en la granja Santa Inés [tesis licenciatura]. [Machala]: Universidad Técnica de Machala; 2021 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16544>
 27. Cainarca Pérez JS, Gálvez Patón L (dir), Blanco Gutiérrez I (dir). La Fusariosis vascular de la lechuga y el estudio de su impacto económico en las producciones de lechuga de Albacete [tesis maestría]. [Madrid]: Universidad Politécnica de Madrid; 2023 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://oa.upm.es/73351/>
 28. Mollehuanca Uñapillco ET. Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K'ayra - Cusco [tesis licenciatura]. [Cusco]: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2019 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6551420>
 29. Cordero Arévalo MA. Determinación de la eficiencia de la técnica de riego solar en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) en agricultura urbana [tesis licenciatura]. [Ambato]: Universidad Técnica de Ambato; 2021 [citado 16 de mayo de 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.uta.edu.ec/items/a6827af2-a4cf-4178-b81e-d03b48418c35>
 30. Rojas Hidalgo LA. Rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes 659 con la aplicación de fosfonato de calcio, Provincia de Lamas [tesis licenciatura]. [Tarapoto]:

- Universidad Nacional de San Martín; 2015 [citado 15 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/339cc1f5-2f7e-4b5c-98e0-b1f278f0961b>
31. Gabriel-Ortega J, Pereira-Murillo E, Ayón-Villao F, Castro-Piguave CC, Delvalle-García I, Castillo JA. Development of an ecological strategy for the control of downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in cucumber cultivation (*Cucumis sativus* L.). *Bionatura* 2020;5(2):1101-5. DOI: <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.02.3>
 32. Rijk Zwaan [Internet]. Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel B.V. 2020 [citado 15 de julio de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.rijkwaaan.es/home>
 33. Gabriel Ortega J, Valverde Lucio A, Castro Piguave C, Indacochea Ganchozo B, Alcívar Cobaña J, Vera Tumbaco M, et al. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Quito: Mawil Publicaciones de Ecuador. p 315. DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-602-26-8>
 34. InfoStat [Internet]. InfoStat: Software para análisis estadístico. 2020 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.infostat.com.ar/>
 35. Baque López GM. Evaluación del comportamiento productivo de tres nuevas variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en campo acolchado [tesis licenciatura]. [Manabí]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2023 [citado 18 de julio de 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5740>
 36. Hunt R. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis [Internet]. London: Edward Arnold; 1982 [cited July 18, 2025]. Retrieved from: <https://archive.org/details/plant-growthcurve0000rode/page/n3/mode/2up>
 37. Bravo SM, Paspur JM, Unigarro A, España JF. Evaluación de la fertilización con fósforo en lechuga *Lactuca Sativa* L. en el Altiplano de Pasto, Nariño [tesis licenciatura]. [Nariño]: Universidad de Nariño; 2009 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://sired.udenar.edu.co/5486/1/80063.pdf>
 38. Arcos B, Benavides O, Rodríguez M. Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L. *Rev Cienc Agríc* 2011;28(2):95-108.
 39. Gabriel Ortega J, Briones Mendoza J, Morán Morán J, Narváez Campana W, Vera Tumbaco M, Burgos López G, et al. Desarrollo de una estrategia química y orgánica para el control del mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón. *Agrosilvicultura y Medio Ambiente* 2023;1(2):4-13. DOI: <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v1.n2.2023.4-13>
 40. Gabriel Ortega J, Parrales Baque J, Morán Morán J, Vera Tumbaco M, Narvaez Campana W, Burgos López G, et al. Chemical strategy to combat insect's pest of melon (*Cucumis melo* L.) in greenhouses. *Centrosur* 2025;1(24):1-16. DOI: <https://doi.org/10.37959/revista.v1i24.277>
 41. Sangovalín Copara LG. Evaluación de siete cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en el Barrio 20 de diciembre, Pujilí, Cotopaxi [tesis licenciatura]. [Latacunga]: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2023 [citado 15 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.utc.edu.ec/items/d6eb5bb1-ddd3-40ea-b4b9-9825e1cf61e0>
 42. Sorrentino M, Colla G, Roupael Y, Panzarová K, Trtílek M. Lettuce reaction to drought stress: automated high-throughput phenotyping of plant growth and photosynthetic performance. *Acta Hort* 2020;1268:133-42. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1268.17>
 43. Trindade BT, Crizel LR, Tatiane SJ, Rodrigues VR, Rombaldi CV, Galli V. Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. *Sci Hort* 2020;272:109578. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109578>

44. Chacha Barba LM, Chávez López NM, Domínguez Brito J (dir). Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en sistemas: hidropónica técnica de película nutritiva (NFT) y convencional [tesis licenciatura]. [Pastaza]: Universidad Estatal Amazónica; 2020 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/615>
45. López Carhuatanta WF. Efecto de (*magnet b*) fosfonato de calcio boro en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Greak Lakes 659, en la Provincia de Lamas [tesis licenciatura]. [Tara-poto]: Universidad Nacional de San Martín-Tapa-poto; 2014 [citado 18 de julio 2025]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/02e3edd1-4892-4069-aae0-4f52c1ff45d5>
46. Borowski JM, Galli V, Messias Rda S, Perin EC, Buss JH, dos Anjos e Silva SD, et al. Selection of candidate reference genes for real-time PCR studies in lettuce under abiotic stresses. *Planta* 2014; 239(6):1187-200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2041-2>. PMID: 24573225.
47. Wheeler TR, Hadley P, Morison JIL, Ellis RH. Effects of temperature on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and the implications for assessing the impacts of potential climate change. *Eur J Agron* 1993;2(4):305-11. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80178-0](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80178-0)
48. Perin EC. Nutrição e aporte hídrico: alterações bioquímico-fisiológicas e moleculares em morangos cv. Camarosa [tesis doctoral]. [Pelotas]: Universidade Federal de Pelotas; 2014 [citado 20 de julio de 2025]. Recuperado a partir de: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/3088>
49. Złotek U, Świeca M, Jakubczyk A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Food Chem* 2014;148:253-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.031>. PMID: 24262554.
50. Akıncı Ş, Lösel DM. Plant water-stress response mechanisms. In: Rahman IM, Hasegawa H, editors. *Water Stress*. London: IntechOpen; 2012. p. 15-42. DOI: <https://doi.org/10.5772/29578>
51. Monaghan JM, Vickers LH, Grove IG, Beacham AM. Deficit irrigation reduces postharvest rib pinking in wholehead Iceberg lettuce, but at the expense of head fresh weight. *J Sci Food Agric* 2017;97(5):1524-8. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7895>
52. Producción de cultivos [Internet]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2025 [citado 5 de julio de 2025]. Recuperado a partir de: <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/cropproduction/es/>

Nota del Editor:

Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB). Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.