



Revista Especializada de Ingeniería
y Ciencias de la Tierra

VOL: 5 N° 1 Julio - Diciembre 2025
ISSN L: 2805-1874

Influencia del Tiempo y Condiciones de Almacenamiento en la Germinación de Semillas de *Allium cepa*

Influence of Time and Storage Conditions on the Germination of *Allium cepa* seeds

Rubén Darío Collantes-González

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Panamá.

rdcg31@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Javier Ernesto Pittí-Caballero

IDIAP, Estación Experimental de Cerro Punta – Chiriquí, Panamá.

pittjavier28@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

Recibido: 9/2/2025 Aceptado: 10/6/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n1.7676>

RESUMEN

Las semillas son uno de los insumos más importantes para la producción de cebolla (*Allium cepa* L.). Sin embargo, el tiempo y las condiciones de almacenamiento pueden afectar significativamente su calidad. El objetivo del estudio fue evaluar cómo estos factores influyen en la germinación de las semillas. Para llevar a cabo la investigación, se utilizó un diseño completo al azar (DCA), que incluyó seis cultivares comerciales de semillas (C1 – C6), almacenadas durante diferentes periodos (entre 3 y 10 años) en un refrigerador a una temperatura de $5 \pm 2^\circ \text{C}$ y una humedad relativa del 30 al 50%. Se prepararon dos bandejas de almácigo por cultivar, cada una con capacidad para 280 plántulas. Después de un mes, se seleccionó al azar tres hileras de 20 plántulas por cultivar, para determinar el porcentaje de germinación por hilera, aplicando la transformación mediante la ecuación: $y = \text{LN}(x+1)$. Se realizó un análisis de varianza a un nivel de significación de 0,05, así como una regresión exponencial para evaluar la correlación entre el tiempo de almacenamiento de la semilla y la



germinación. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 272,5616$; $p = 6,412 \times 10^{-12}$). El primer grupo conformado por los cultivares con 3,25 hasta 4,75 años de almacenamiento y un porcentaje de germinación promedio adecuado ($C1 = 95\%$; $C2 = 91,67\%$; $C3 = 91,67\%$; $C4 = 86,67\%$). En contraste, el segundo grupo, que incluyó cultivares almacenados durante 4,5 años hasta 10 años, mostró una germinación deficiente ($C5 = 31,67\%$; $C6 = 11,67\%$). El análisis de regresión exponencial reveló una relación inversa entre la germinación y el tiempo de almacenamiento, con una correlación considerable ($R^2 = 0,7556$). En conclusión, el almacenamiento de semillas de cebolla en condiciones adecuadas no debería exceder los 4 años desde la fecha de empaque.

PALABRAS CLAVE: Calidad, cebolla, cultivares, insumos, producción.

ABSTRACT

Seeds are one of the most important inputs for onion (*Allium cepa* L.) production. However, storage time and conditions can significantly affect their quality. The aim of this study was to evaluate how these factors influence seed germination. A completely randomized design (CRD) was used for the study, including six commercial seed cultivars (C1 – C6) stored for different periods (between 3 and 10 years) in a refrigerator at a temperature of $5 + 2^\circ \text{C}$ and a relative humidity of 30 to 50%. Two seedling trays were prepared per cultivar, each with a capacity of 280 seedlings. After one month, three rows of 20 seedlings per cultivar were randomly selected to determine the germination percentage per row, applying the transformation using the equation: $y = \text{LN}(x+1)$. An analysis of variance was performed at a significance level of 0.05, as well as exponential regression to evaluate the correlation between seed storage time and germination. The results showed significant differences between the treatments evaluated ($F = 272.5616$; $p = 6.412 \times 10^{-12}$). The first group consisted of cultivars with 3.25 to 4.75 years of storage and an adequate average germination percentage ($C1 = 95\%$; $C2 = 91.67\%$; $C3 = 91.67\%$; $C4 = 86.67\%$). In contrast, the second group, which included cultivars stored for 4.5 to 10 years, showed poor germination ($C5 = 31.67\%$; $C6 = 11.67\%$). Exponential regression analysis revealed an inverse relationship between germination and storage time, with a considerable correlation ($R^2 = 0.7556$). In conclusion, storage of onion seeds under adequate conditions should not exceed 4 years from the date of packaging.

KEYWORDS: Cultivars, inputs, onion, production, quality.

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es una hortaliza de importancia estratégica cultivada en diversas partes del mundo, siendo ocupada principalmente como condimento para mejorar el sabor de las comidas (Tadesse et al., 2025). Contar con semillas de calidad es determinante para la producción de este rubro, siendo en buena cuenta la fertilización y el cultivar seleccionado los factores que mayormente pueden influenciar (Hasanuzzaman et al., 2024).

Dada la importancia de la cebolla para la seguridad alimentaria, así como su impacto socioeconómico en Panamá, el cultivo se desarrolla en época seca y lluviosa en Tierras Altas, provincia de Chiriquí; la principal zona productora de este rubro en el país y con la cual se tienen más de 60 años de historia como cultivo (IDIAP, 2022).

Al respecto, se ha investigado sobre fertirriego en diferentes ambientes (Rellán et al., 2024), siembra mecanizada (IDIAP, 2021), cobertura plástica para manejo de malezas (Pittí et al., 2024), uso del bulbito para producción comercial (Lezcano et al., 2024), biopolímeros para la liberación controlada de nematodos entomopatógenos para el control de plagas insectiles (Pittí et al., 2025), evaluación de fertilizantes orgánicos alternativos (Caballero et al., 2023), prototipo de clasificador manual por calibres (Collantes y Caballero, 2024), entre otras; sin embargo, persisten desafíos para una producción sostenible, como el manejo fitosanitario, cambio climático y cultivares recomendados para estas condiciones (Collantes, 2025).

Figura 1.

*Agrotecnologías para el cultivo de cebolla: A) Fertirriego por goteo en casa de vegetación; B) Siembra mecanizada; C) Acolchado para manejo de malezas; D) *Oscheius carolinensis* en micocápsulas de alginato; E) Clasificador manual por calibre de cebolla.*



Fotos: R. Collantes (A-C), Pittí et al. (2025), M. Jerkovic (E)



Por otro lado, el precio de semilla de cultivares mejorados de cebolla de calidad está entre poco menos de USD 100,00 y USD 300,00 por libra (100 mil semillas, aproximadamente); además, el tiempo y las condiciones de almacenamiento pueden afectar la germinación de las mismas. Al adquirirse las semillas, en muchos casos se tienen sin refrigeración con los envases abiertos (permeables); por lo que no se recomienda bajo estas condiciones almacenar este insumo por más de 2 años (Gaviola et al., 2006). Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar cómo estos factores influyen en la germinación de las semillas de cebolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de naturaleza experimental, siendo el sitio de estudio la localidad de Cerro Punta, Tierras Altas, Chiriquí (8°51'14,50" N 82°34'16,31" O, 1952 msnm). Se empleó un diseño completo al azar (DCA), con seis cultivares comerciales de semillas, almacenadas durante diferentes periodos (entre 3 y 10 años) en un refrigerador comercial a una temperatura de $5 + 2^{\circ}$ C y una humedad relativa del 30 al 50%, a fin de disminuir el deterioro de las semillas ante las condiciones ambientales de Cerro Punta (temperatura promedio de 19° C y humedad relativa promedio superior al 80%).

Se prepararon dos bandejas de almácigo por cultivar, cada una con capacidad para 280 plántulas, en las cuales se utilizó sustrato basado en turba. Las mismas fueron depositadas en el interior de una casa de vegetación con malla de tul para prevenir el ingreso de plagas. Si bien el tiempo requerido por las semillas de cebolla para germinar es de 10 a 15 días a 20° C (Eurogarden, 2021), se esperó un mes, a fin de garantizar un mayor número de plántulas.

A los 15 días, se realizó una aplicación de fertilizante foliar (20-20-20) y a los 21 días otra de fungicida clorotalonil (ambos, a la dosis recomendada por el fabricante), para garantizar el desarrollo adecuado de las plántulas. Posteriormente, se seleccionaron al azar tres hileras de 20 plántulas (alveolos) por cultivar, para determinar el porcentaje de germinación por hilera, calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Germinación} = \left(\frac{\text{No. plantas emergidas}}{\text{No. total de alveolos}} \right) \times 100$$

Seguidamente, se aplicó la transformación logarítmica de los datos mediante la ecuación:

$$y = LN \left(\frac{\% \text{ Germinación}}{100} + 1 \right)$$



Mediante la aplicación en línea ofrecida por Statistics Kingdom (s. f.), se realizó un análisis de varianza (ANOVA), a un nivel de significación de 0,05; así como una prueba de Tukey para conformar grupos según la germinación alcanzada. Adicionalmente, con el programa Excel (Microsoft Corporation, 2016), se realizó una regresión exponencial para evaluar la correlación entre el tiempo de almacenamiento de la semilla en refrigerador y la germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 272,5616$; $p = 6,412 \times 10^{-12}$) (Cuadro 1). Mediante la prueba de Tukey, se conformaron dos grupos, el primer con los cultivares de 3,25 hasta 4,75 años de almacenamiento y un porcentaje de germinación promedio adecuado; el segundo incluyó cultivares almacenados durante 4,5 años hasta 10 años y tuvo una germinación deficiente (Figura 2, Tabla 2).

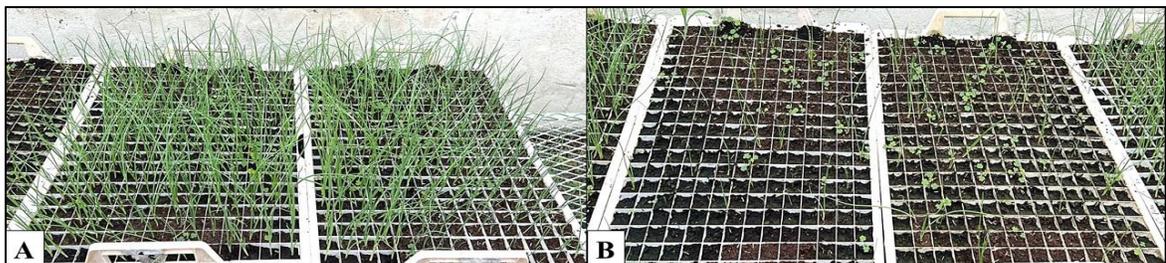
Tabla 1.

ANOVA de germinación de semilla de cebolla, mediante la aplicación Statistics Kingdom.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadístico F	P-valor
Cultivar	5	0,8736	0,1747	272,5616	$6,412 \times 10^{-12}$
Error	12	0,007693	0,0006411		
Total	17	0,8813	0,05184		

Figura 2.

Germinación de cebolla en almácigo: A) C1 con 95%; B) C6 con 11,67%.



Fotos: R. Collantes



Tabla 2.

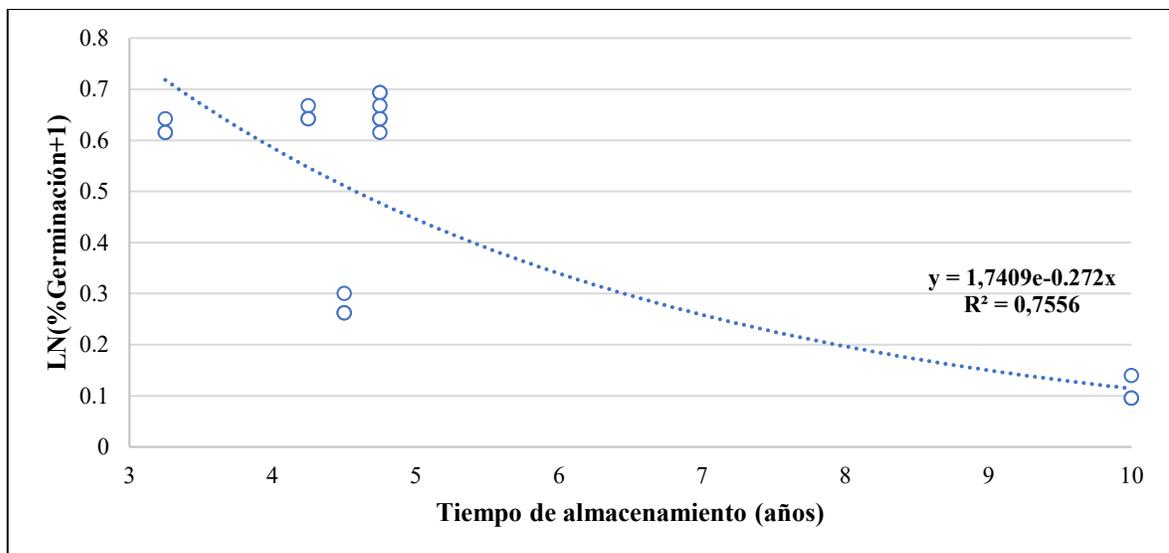
Prueba Tukey de germinación de semilla de cebolla por cultivar (grupo)

Cultivar	Tiempo de almacenamiento (años) a $5 \pm 2^\circ \text{C}$ y 30 – 50% HR	Germinación (%)
C1	4,75	95 (A)
C2	4,75	91,67 (A)
C3	4,25	91,67 (A)
C4	3,25	86,67 (A)
C5	4,5	31,67 (B)
C6	10	11,67 (B)

El análisis de regresión exponencial, utilizado con frecuencia para medir el comportamiento de algunas variables biológicas (Faster Capital, 2024), reveló una relación inversa entre la germinación y el tiempo de almacenamiento en refrigeración, con una correlación considerable ($R^2 = 0,7556$) (Figura 3).

Figura 3.

Regresión exponencial entre germinación de semilla de cebolla y tiempo de almacenamiento.





Si bien las semillas de cebolla pueden almacenarse hasta por un máximo de dos años en condiciones ambientales y con recipientes permeables (Gaviola et al. ,2006), hay que recordar que la semilla de buena calidad debe preservarse con baja humedad y en ambiente fresco, siendo la nevera una alternativa recomendable. Este insumo estratégico contribuye con la sostenibilidad de la actividad agrícola, al mejorar la producción en términos de calidad y rentabilidad, por lo que se debe continuar investigando sobre la estimulación, germinación y conservación apropiada de semillas, frente a desafíos venideros (Doria, 2010).

Los resultados obtenidos del estudio reafirman la necesidad de invertir en semillas de calidad (Hasanuzzaman et al., 2024), dado que, el C5 correspondió a un cultivar comercializado actualmente en Panamá a un precio que no supera los USD 50,00 por libra; frente a los casi USD 300,00 que cuesta la libra de cultivares superiores que, con un periodo de almacenamiento similar, alcanzaron más del 85% de germinación.

A la luz de lo observado durante la investigación, lo recomendable sería mantener las semillas de cultivares superiores en un refrigerador comercial por un periodo máximo de 3 años (J. Guerra, comunicación personal, 16 de abril de 2025); dado que, las colecciones activas de los bancos de germoplasma se mantienen entre 5 y 10° C, con una humedad relativa de $15 \pm 3\%$, siendo recomendable su revisión cada 5 años (FAO, 2014).

Otros aspectos a considerar para futuros estudios es el uso de tecnologías disponibles, como envases herméticos (atmósfera modificada) (Kumar et al., 2020), control de los niveles de oxígeno (atmósfera modificada) y criopreservación (R. Gordón, comunicación personal, 16 de abril de 2025); así como la utilización de desecantes alternativos (Pandey, 1994).

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye que, factores como el tiempo y las condiciones de almacenamiento afectan considerablemente en la capacidad de germinar de las semillas de cebolla. Sin embargo, la evidencia científica consultada demuestra que la calidad del material genético es también fundamental para garantizar una productividad apropiada.

Se recomienda que las semillas de cebolla no se almacenen en refrigeración por más de tres años desde la fecha de empaque. Este trabajo representa una aproximación preliminar sobre



la materia, por lo que se esperan futuras investigaciones para optimizar la conservación de semillas de este y otros rubros estratégicos para el desarrollo sostenible del país.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por respaldar el proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. A la Doctoranda Ruth Del Cid (IDIAP), por las recomendaciones dadas al presente documento. Al Doctor Román Gordón Medonza y al Ingeniero José Ángel Guerra (IDIAP), por atender las consultas realizadas durante el estudio. A los colaboradores de la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta, en especial a Rodolfo Castillo, Maximino Famanía y al Licenciado Michael Mora. A Maricsa Jerkovic, MBA (Fundación Hrvatska), por el apoyo logístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caballero, M., Collantes, R. y Castro, K. (2023). Fertilizantes orgánicos alternativos para el cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Peruvian Agricultural Research*, 5(1), 43-48. <http://dx.doi.org/10.51431/par.v1i1.816>
- Collantes, R. (2025). Diagnóstico rural participativo del cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. *Vinculación, Universidad y Sociedad*, 1(2), 38-57. <https://doi.org/10.48204/3072-9629.6956>
- Collantes, R. y Caballero, M. (2025). Diseño del Proceso de un Prototipo Clasificador Manual por Calibre para Cosecha de Cebolla. *REICIT*, 4(1), 124-133. <http://dx.doi.org/10.48204/reict.v4n1.5385>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011#:~:text=La%20semilla%20se%20debe%20conservar, caso%20contrario%20se%20puede%20malograr.
- Eurogarden. (2021). *Cultivando cebollas desde la semilla. ¡Llorarás de la emoción!* <https://www.eurogardenseeds.com/cultivando-cebollas-desde-la-semilla-llorar-as-de-la-emocion/#:~:text=Las%20semillas%20germinar%C3%A1n%20a%20los,unos%20%20cent%C3%ADmetros%20de%20profundidad.>



- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Edición revisada. Roma.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/82beb317-a4a4-427b-88ee-d13b363827ea/content>
- Faster Capital. (2024). *Regresión exponencial: cómo utilizar la regresión exponencial para la previsión de inversiones*. <https://fastercapital.com/es/contenido/Regresion-exponencial--como-utilizar-la-regresion-exponencial-para-la-prevision-de-inversiones.html>
- Hasanuzzaman, S. M., Islam, M. K., Alim, M. A. y Hasan, M. S. (2024). Response to Fertilizers and Varieties on Growth, Yield and Quality of Onion Seed Production. *Food And Agri Economics Review*, 4(2), 56-62. <http://dx.doi.org/10.26480/faer.01.2024.56.62>
- IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá). (2021). *Memoria Anual 2020*. <http://www.idiap.gob.pa/download/memoria-anual-2020/?wpdmdl=5287>
- IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá). (2022). *Tecnologías en el manejo del cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí*. Historias de Impacto. [https://proyectos.idiap.gob.pa/webstories/investigacioneinnovacionenelmanejobelcultivodecebollaentierrasaltaschiriqui#:~:text=Tierras%20Altas%20es%20la%20principal,Lindsay%20y%20Weinberg%2C%202019\)](https://proyectos.idiap.gob.pa/webstories/investigacioneinnovacionenelmanejobelcultivodecebollaentierrasaltaschiriqui#:~:text=Tierras%20Altas%20es%20la%20principal,Lindsay%20y%20Weinberg%2C%202019)).
- Kumar, A., Khandai, S., Singh, M., Singh, A., Panwar, G. S., Kumar, A., Singh, S. y Kumar, V. (2020). Hermetic sealed storage IRRI super bag: Reduces post-harvest losses in seed grains. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 403-406. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4g.10170>
- Lezcano B., J. A., Gordón M., R. y Collantes, R. (2024). *Producción de cebolla a través de la técnica de bulbitos*. [Póster, 6° Congreso Científico IDIAP]. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36324.59527>
- Microsoft Corporation. (2016). *Microsoft Excel*. <https://office.microsoft.com/excel>
- Pandey, D. (1994). Improved longevity of onion (*Allium cepa* L.) seeds by immersing in hexylene glycol. *Scientia Horticulturae*, 59(3-4), 297-302. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238\(94\)90023-X](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4238(94)90023-X)
- Pittí, J., Collantes, R., Antunes, D., Samaniego, J., Santamaría, Y., Muñoz, J. y Grillo, R. (2025). Sustainable biopolymer-based spheres for controlled release of nematodes: From development to their effects under seasonal climate variations. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 9, 100701. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carpta.2025.100701>



Pittí, J., Collantes, R., Mora, M. y Muñoz, J. (2024). *Alternativas eficientes para el manejo de malezas de cebolla en Tierras Altas*. [Póster, 6° Congreso Científico IDIAP]. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12836.49283>

Rellán, A., Collantes, R., Vinda, L. y Lezcano I., J. D. (2024). *Evaluación de dos variedades de cebolla aplicando dos niveles de fertirriego en diferentes condiciones*. [Póster, 6° Congreso Científico IDIAP]. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31710.86082>

Statistics Kingdom. (s. f.). *ANOVA Calculator*. <https://www.statskingdom.com/180Anova1way.html>

Tadesse, E. M., Yirdaw, T. W., Hiwote, E., Mebrate, A. y Mulatu, A. (2025) Red Onion Seed Quality Classification Using Transfer Learning Approaches. *International Journal of Current Research in Science, Engineering & Technology*, 8(1), 197-202. <https://doi.org/10.30967/IJCRSET/Ermias-Melku-Tadesse/165>