

ARTÍCULO ORIGINAL

INDUCCIÓN DE RESISTENCIA A SALINIDAD EN SEMILLAS DE *Physalis peruviana* (SOLANACEAE) IMPRIMADAS CON NITRATO DE CALCIO

INDUCTION OF SALINITY RESISTANCE IN *Physalis peruviana* (SOLANACEAE) SEEDS PRIMED WITH CALCIUM NITRATE

Alvaro Llasha-López¹  & Julio Chico-Ruíz¹ 

¹Laboratorio de Fisiología y Cultivos Celulares. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, PERÚ.

*Autor para correspondencia: jchico@unitru.edu.pe

RESUMEN

Se evaluó el efecto a la salinidad sobre la germinación en semillas de *Physalis peruviana* (Solanaceae) previamente imprimadas con nitrato de calcio (CaNO_3). Primero las semillas, en número de 30, fueron colocadas a germinar en NaCl a concentraciones de 50, 100 y 150 mM, teniendo en cuenta un testigo con H_2O . Otro ensayo fue hacerlas germinar a iguales concentraciones de NaCl, pero previamente se imprimaron al 1% durante 30, 60 y 120 minutos. Los tratamientos de 150 mM de NaCl imprimada durante 30 minutos y el de 100 mM de NaCl e imprimadas 120 minutos mostraron valores altos de germinación en condiciones de salinidad. Esto indica que las semillas de *Physalis peruviana* adquirieron una mayor resistencia a la salinidad al ser imprimadas en nitrato de calcio.

Palabras clave: Imprimación, salinidad, germinación, semillas.

ABSTRACT

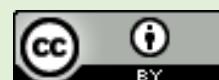
The effect of salinity on germination was evaluated in *Physalis peruviana* (Solanaceae) seeds previously primed with calcium nitrate (CaNO_3). First, 30 seeds were placed to germinate in NaCl at concentrations of 50, 100, and 150 mM, with a control containing H_2O . Another trial involved germinating them at the same NaCl concentrations, but previously primed at 1% NaCl for 30, 60, and 120 minutes. The treatments with 150 mM NaCl primed for 30 minutes and 100 mM NaCl primed for 120 minutes showed high germination rates under saline conditions. This indicates that *Physalis peruviana* seeds acquired greater resistance to salinity when primed in calcium nitrate.

Keywords: Priming, salinity, germination, seeds.

Historial del artículo: Recibido: 30 de enero de 2025. Aceptado: 18 de mayo de 2025. Publicado online: 30 de junio de 2025.

Citación: Llasha-López, A. & J. Chico-Ruíz. 2025. Inducción de resistencia a salinidad en semillas de *Physalis peruviana* (Solanaceae) imprimadas con nitrato de calcio. *Sagasteguiana* 13(1): 11-18.

© Los autores. Este artículo es de acceso abierto. Es publicado por la Revista Sagasteguiana del Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú; y distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>).



INTRODUCCIÓN

Los suelos de cultivo, en el Perú, presentan un grado de contaminación causado por el uso excesivo de agroquímicos que con el tiempo puede derivar en suelos salinos con complicaciones para el crecimiento de los cultivos. Estos se identifican por la presencia de manchas blancas (capa o costra blanquecina) en la superficie del suelo, además se muestra consistente y denso, lo cual dificulta el desarrollo de las plantas, produciéndose un marchitamiento y decoloración en ellas (Velásquez et al., 2024; González-Cepero & Lamz, 2013).

Alternativas de mejora de suelos salinos se presenta en la literatura científica, pero todos ellos utilizan sustancias químicas que a la larga continúan contaminando el ambiente. Una alternativa es inducir la resistencia en los vegetales mediante la imprimación, la cual consisten en someter a las semillas a un estrés previo al inicio del proceso de germinación. Con esta técnica se busca inducir los genes de resistencia antes que aparezca el indicador de la germinación (ápice de raíz), de tal manera que cuando se expone la semilla, previamente imprimada, ya se tiene la resistencia inducida (Pagano et al., 2023; Bárbara et al., 2001).

Por sus propiedades alimenticias y medicinales (Choi & Hwang, 2003), el género *Physalis* representa un recurso genético que debería estudiarse para su conservación y mejor aprovechamiento. Este fruto tiene una elevada cantidad de antioxidantes, además de ser diurético, antiinflamatorio, con alta concentración en vitamina C, hipoglicemiante, neuro protectora, etc. (Santiaguillo et al., 2000)

No se tiene referencias de semillas imprimadas en aguaymanto, pero si las relacionados a salinidad como los de Hernandez (2023) quién trabajó con *P. ixocarpa* en diferentes tratamientos salinos y sus resultados muestran que a concentraciones de 90 y 120 mM durante 42 días aumentó la altura de la planta y el área foliar, pasada a la fecha hasta los 57 días a 120 mM de salinidad se obtuvo un incremento de 3.37 cm con respecto al control. Fischer & Miranda (2021) comenta que la germinación es más exitosa en ambientes no salinos, o en aquellos que tienen condiciones salinas extremadamente bajas, porque estas germinaron bien a concentraciones de 30 y 60 mM de NaCl, especialmente después de 252 a 299 h, confirmando la tolerancia de esta especie a concentraciones bajas y moderadas de sal. Miranda et al. (2010) evaluaron el incremento de la concentración de NaCl sobre el grado de imbibición y el porcentaje de germinación durante 299 horas a soluciones de NaCl 0, 30, 60, 90 y 120 mM. (“(PDF) Imbibition and percentage of germination of cape gooseberry ...”) A 30 mM el porcentaje de germinación fue de 97,6 y en la solución 120 mM en un 62,5%.

Con esta investigación se pretende mejorar la germinación de semillas en ambientes salinos y así incrementar la producción y fortalecimiento de los alimentos en áreas afectadas por altas concentraciones salinas. Por lo cual se propuso como objetivo inducir resistencia a la salinidad en semillas de *Physalis peruviana* (Solanaceae) imprimadas con nitrato de calcio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se adquirieron los frutos de aguaymanto en un mercado de la ciudad de Trujillo (Perú). Se seleccionaron los frutos maduros y saludables (color anaranjado), libre de enfermedades. De cada fruto se obtuvieron entre 250 a 300 semillas, y se colectó en total 1500 semillas en buenas condiciones de fitosanidad. Luego se separaron en 12 lotes de 36 semillas cada uno. Para el tratamiento A se seleccionaron tres lotes para colocarlos a germinar en cloruro de sodio a concentraciones de 50, 100 y 150 mM y un grupo en agua destilada como testigo; esto fue para la germinación de semillas sin imprimir y se realizaron 3 repeticiones. Para el tratamiento B, germinación de semillas con imprimación, se separaron doce lotes, donde tres grupos se imprimaron con nitrato de calcio al 1% de concentración durante 30 minutos; otros tres grupos a 60 minutos y otros tres grupos a 120 minutos. Pasado el tiempo de imprimación la semilla se lava tres veces con agua destilada, y se guardan bien secas por 24 horas. Luego estos grupos fueron expuestos a germinar a concentraciones de 50, 100 y 150 mM de cloruro de sodio y un grupo fue testigo, se hicieron 3 repeticiones de este proceso.

Se evaluó, cada 24 horas, las semillas que germinaron (presencia del ápice de la raíz) y se determinó el porcentaje de germinación (PG) y el tiempo medio de germinación (TMG). Los datos fueron procesados para determinar el promedio, los porcentajes, el análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de Tukey. Estos últimos con $p \leq 0.005$ y utilizando SSPS v. 20.

Porcentaje de germinación (PG)

$$PG = \frac{\text{Nº semillas germinadas}}{\text{Nº semillas puestas a germinar}} \times 100 \quad (1)$$

Tiempo medio de germinación (TMG)

$$TMG = \frac{((x1d1) + (x2d2) \dots (xndn))}{xn} \quad (2)$$

X1 = número de semillas que germinan en el día uno d1=

Número de día

Xn= Número de días que se evaluó la germinación

RESULTADOS

Cuadro 1. Germinación de 30 semillas de *Physalis peruviana* por tratamiento con y sin imprimadas con nitrato de calcio.

Tratamientos	NaCl (mM)	m (CaNO ₃)	DG	PG	TMG
Testigo	Agua destilada	0	36	98.89	24
A	50	0	36	73.33	19
	100	0	36	34.44	10
	150	0	36	1.11	0.29
B	50	30	36	82.22	11
		60	36	50	6
		120	36	19.89	3
	100	30	36	34.44	7
		60	36	19.89	3
		120	36	24.44	5
	150	30	36	1.11	0.27
		60	36	23.33	5
		120	36	40	7

Leyenda:

A: Semilla no imprimadas

B: Semillas imprimadas con nitrato de calcio

PG: Porcentaje de germinación

TMG: Tiempo medio de germinación

DG: Días de germinación

m: minutos de imprimación con nitrato de calcio



Fig. 1. Frutos de *P. peruviana* “aguaymanto” utilizados en la experiencia.

Las semillas presentaron 98.89% de germinación en condiciones normales, ello indica la buena viabilidad de esta. Cuando se expusieron a las diferentes condiciones de salinidad, la germinación fue disminuyendo conforme aumentaba la concentración de NaCl , así la menor germinación se observa a 150 mM con 1.11 %. Las semillas imprimadas a diferentes tiempos a 1% de nitrato de calcio muestran que a mayor tiempo los porcentajes de germinación disminuyen conforme aumenta la concentración de NaCl (30 y 50 mM) pero a 150 mM el porcentaje de germinación aumenta a 40% y a los 120 minutos. A 50 mM y a 30 minutos el porcentaje de germinación fue de 82.22%, mientras que a 100 mM fue 34.4% y 1.11% a 150 mM de NaCl .

El tiempo medio de germinación de las semillas de aguaymanto fue de 23 días, en condiciones normales, y cuando las semillas fueron imprimadas esta disminuye drásticamente entre 6 y 10 días. En condiciones de salinidad el mayor PG es 73.33 a 50mM y un TMG de 19 días y cuando las semillas fueron imprimadas a 50 mM y por 30 minutos el TMG es 11 días y 100 mM es 7 días al igual que a 150 mM con semillas expuestas a la sustancia imprimante por 120 minutos.

Cuadro 2. Prueba múltiple de rangos de Tukey, para porcentaje de germinación de 30 semillas de *P. peruviana* por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
150 mM	3	1.11	A
50 impr 120 min	3	1.11	A
100 impr 60 min	3	19.89	AB
150 impr 30 min	3	19.89	AB
100 impr 120 min	3	23.3333	AB
150 impr 60 min	3	24.4433	AB
100 mM	3	34.4433	BC
50 impr 60 min	3	34.4433	BC
150 impr 120 min	3	40.0	BC
100 impr 30 min	3	50.0	CD
50 mM	3	73.3333	DE
50 impr 30 min	3	82.2233	EF
Testigo	3	98.89	F

Los resultados del porcentaje de germinación en el testigo y el tratamiento de “50 impr 30 min” presentan valores semejantes, pero si hay diferencias significativas, sucesivamente igual que el tratamiento “50 mM” cuando no se imprimo y este a su vez con el tratamiento “100 impr 30 min”.

Cuadro 3. Prueba múltiple de rangos de Tukey, para datos del tiempo medio de germinación de 30 semillas de *P. peruviana* por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
50 impr 120 min	3	0.27	A
150 mM	3	0.286667	A
150 impr 30 min	3	2.81333	AB
100 impr 60 min	3	3.41667	AB
100 impr 120 min	3	4.51	ABC
150 impr 60 min	3	4.75	ABC
100 impr 30 min	3	5.56667	ABCD
50 impr 60 min	3	5.94667	BCD
150 impr 120 min	3	6.99333	BCD
100 mM	3	9.5	CD
50 impr 30 min	3	10.8733	D
50 mM	3	18.77	E
Testigo	3	23.5033	E

Los resultados del tiempo medio de germinación para el testigo y el tratamiento de “50 impr 30 min” presentan valores diferentes y hay diferencias significativas, sucesivamente igual, pero con valores diferentes y con diferencias significativas se evidencia en el tratamiento “150 impr 120 min” y este a su vez con el tratamiento “100 impr 30 min” y este último con el tratamiento “100 impr 60 min”.

DISCUSIÓN

En general la preparación de las semillas, mediante la imprimación, activa diversas funciones protectoras debido a alteraciones fisiológicas y metabólicas durante la fase pregerminativa de la semilla, lo que facilita una germinación más rápida y un establecimiento vigoroso de las plántulas, ello debido a que regulan procesos celulares en las semillas, como la síntesis de novo de proteínas y ácidos nucleicos, la producción de trifosfato de adenosina (ATP), la activación de antioxidantes, la acumulación de fosfolípidos y esteroides, y los mecanismos de reparación del ADN (Paparella et al., 2015).

La experiencia demostró que el estrés salino impactó negativamente en la germinación (Tabla 1). Sin embargo, la aplicación de nitrato de calcio como imprimación de semillas, desempeñó un papel crucial en la mejora de la tolerancia al NaCl como una respuesta diferencial (Tabla 2, 3). Las mejoras observadas en la tolerancia a la sal se pueden atribuir a los niveles elevados de prolina, el mantenimiento de la homeostasis iónica y la activación del sistema de defensa antioxidante influyendo así positivamente en las respuestas fisiológicas y estimulando procesos esenciales para el ajuste osmótico y el metabolismo energético (Al-Farsi SM et al. (2025). De manera similar, el aumento del porcentaje de emergencia en semillas tratadas con nitrato de calcio puede deberse a una mayor absorción de oxígeno y a la eficiencia de movilización de nutrientes desde los cotiledones al eje embrionario en condiciones salinas (Karthireshan et al., 1984). Para Farooq et al. (2005) el aumento de la tasa de emergencia, debido a la preparación de las semillas, puede deberse a una mayor tasa de división celular en los ápices de las raíces en plántulas de arroz, o en tomate podría ser el resultado de actividades aumentadas de proteinasa en el endospermo y el contenido de azúcar soluble, proteína y aminoácidos libres en condiciones de estrés cuando se utiliza ácido salicílico, según Zhang et al. (1999).

Cuando las semillas se imprimieron durante 60 o 120 minutos el porcentaje de germinación disminuye, quizás por estar saturado de agua lo que provoca una disminución del oxígeno y esto limitara el proceso metabólico de la germinación produciéndose una fermentación e inactivándose la semilla (Shen, 2018).

El aguaymanto es medianamente tolerante a bajas concentraciones de salinidad, un estudio

similar demostró que germinando las semillas a 90 y 120 mM de NaCl y sin imprimir reducen bastante su germinación y a concentraciones de 30 mM de NaCl esta se ve aumentada, mientras que a 60 mM de NaCl presenta valores muy cercanos al testigo, además la germinación se dio después de 252 a 299 horas, es decir después de 10 a 13 días, por lo que se vuelve a confirmar la tolerancia de esta especie a concentraciones moderadas y bajas de sal (Fischer¹ & Miranda, 2021; Bonilla et al., 2017).

La experiencia nos permite afirmar la técnica de imprimación puede ser aplicada para inducir resistencia en plantas cultivadas y en particular aguaymanto presenta la condición de ser inducida para resistir condiciones altas de salinidad. Esto nos va a permitir proponer un programa de mejoramiento para cultivos en condiciones de suelo salino.

CONCLUSIONES

Las semillas imprimadas incrementan el porcentaje de germinación a 50, 100 y 150 mM de NaCl, pero si el tiempo de imprimación no se aumenta, la semilla no logra germinar en altas concentraciones de NaCl.

También se demostró que en las semillas imprimadas hubo disminución en el tiempo medio germinativo de las semillas a 50, 100 y 150 mM de NaCl en comparación con las semillas que no se imprimaron, la estadística aplicada indica que si hubo diferencias significativas.

El efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de *P. peruviana* imprimadas en nitrato de calcio es efectivo; sin embargo, el nitrato de calcio si mejora y disminuye el tiempo de germinación de estas.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

ALL: diseñó y evaluó el experimento con análisis estadístico, **JCHR:** interpretó los resultados, redactó y revisó el documento.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Farsi S.M. et al.** 2025. Integration of seed priming with nano-sized chitosan proline and biochar application improves salt tolerance in differentially responding genotypes of alfalfa (*Medicago sativa*). *Crop & Pasture Science* **76**, CP24222.
- Bárbara, M.; J. Sánchez & R. Orta.** 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*, 25(1), 67–91. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43625107.pdf>
- Bonilla, C.; W. Cardona; J. Gutiérrez & O. Monsalve.** 2017. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 11(2), 253–266. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.6109>
- Choy, E. M.; J. K. Hwang.** 2003. Investigations of antiinflammatory and antinociceptive activities of *Piper cubeba*, *Physalis angulata* and *Rosa hybrida*. *Journal of Ethnopharmacology* 89: 171-175.
- Farooq, M.; S.M.A. Basra; K. Hafeez & N. Ahmad.** 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. *Journal of Integrative Plant Biology* 47: 187-193.
- Fischer, G. & D. Miranda.** 2021. *Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.) en*

Colombia. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://doi.org/10.17584/IBerries>

González-Cepero, M. & A. Lamz. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos tropicales*, 34(4), 31-42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13281651>

Hernández, C. 2023. *Efecto de estrés salino sobre los niveles de metilación y composición fenólica de Physalis ixocarpa*. [Tesis de doctorado, Instituto politécnico nacional]. repositorio Institucional - Instituto Politécnico Nacional.

Kathiresan, K.; V. Kalyani & J.L. Gnanarethium. 1984. Effect of seed treatments on field emergence, early growth and some physiological processes of sunflower (*Helianthus annus* L.). *Field Crops Research* 9: 255-259.

Miranda D.; C. Ulrichs & G. Fischer. 2010. Imbibition and percentage of germination of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) seeds under NaCl stress. *Agronomía Colombiana* 28(1), 29-35.

Pagano, A.; A. Macovei; A. Balestrazzi. 2023. Molecular dynamics of seed priming at the crossroads between basic and applied research. *Plant Cell Reports* 42:657–688.

Paparella S.; S.S. Araújo; G. Rossi; M. Wijayasinghe; D. Carbonera & A. Balestrazzi. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Rep* 34:1281–1293

Santiaguillo, H. J. F.; A. L. Peña; D. H. Montalvo & A. C. Uribe. 2000. El cultivo del tomate milpero en Villa Purificación, Jalisco. Departamento de Fitotecnia. Programa Nacional de Investigación en Olericultura. UACH. Boletín de Divulgación número 5.

Shen, T. 2018. Método mejorado para imprimación de semillas. Googleapis.com.<https://patentimages.storage.googleapis.com/e3/df/a9/7419d1e5996eb1/ES2686719T3.pdf>

Velásquez Silva Y.; A. Paniagua Salamanca; P. Pérez Paz; A. Gonzáles Maquera & F. Acahata Galdo. 2024. Treatment of soil salinity in the Yarada Baja-Tacna area using humus and activated carbon. *Ciencia y Educación* 5(8): 67-82

Zhang, S.; J. Gao; J. Song; S.G. Zhang; J.Y. Gao & J.Z. Song. 1999. Effects of salicylic acid and aspirin on wheat seed germination under salt stress. *Plant Physiology Communication* 35: 29-32.

