

EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE MANGO CV. CRIOLLO DE CHULUCANAS

Luis Nole Alama¹, Rodrigo López Criollo¹, Junior Juarez Portuguez¹,
Roger Chanduví-García¹, Carlos San Martín-Zapata¹ y Arturo Morales-Pizarro¹

RESUMEN

El mango es uno de los productos de agroexportación más importantes en el norte del Perú. Por tanto, es necesario idear métodos de producción de plántulas de alta calidad para garantizar un buen desarrollo del cultivo. El objetivo de este trabajo fue investigar el efecto del peróxido de hidrógeno en la emergencia y crecimiento inicial de plántulas de mango. Se evaluaron cuatro concentraciones C del producto (0; 10; 30 y 50 % de H₂O₂) y dos tiempos T de imbibición (6 y 12 h) en un arreglo factorial para un total de ocho tratamientos en mango 'Criollo de Chulucanas' (apomixis: poliembriónia). Para la evaluación se seleccionaron la parte aérea y la raíz principal más vigorosas. Se determinó el porcentaje de emergencia (PE), longitud de raíz principal (LR), altura de planta (AP), diámetro de raíz principal (DR), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), peso fresco aéreo y de raíz (PFA y PFR) y sólidos solubles totales de raíz (SSTr). Los resultados mostraron un efecto positivo del tratamiento C2*T1 en el PE, DR, LR, PFR y PFA, y del C4*T1 y C4*T2 en el SSTr. El tratamiento C3*T2 incrementó el DT. Estas mismas relaciones se observaron en el análisis de componentes principales (ACP) y conglomerados. El análisis de correlaciones mostró que el PE mostró una correlación positiva con DR y PFR, así como en DR con PFA y LR con PFR. El SSTr mostró una correlación negativa con PFA. Se concluye que el tratamiento de semillas de mango con peróxido de hidrógeno es una alternativa inocua para estimular la emergencia y el desarrollo de las plántulas.

Palabras clave adicionales: Emergencia, *Mangifera indica*, vigor de plántulas

ABSTRACT

Hydrogen peroxide and the development of mango seedlings cv. Criollo de Chulucanas

Mango is one of the most important agricultural export products in northern Peru. Therefore, it is necessary to think about methods for producing high-quality seedlings to ensure good crop development. The objective of this study was to investigate the effect of hydrogen peroxide on the emergence and initial growth of mango seedlings. Four concentrations (C) of the product (0, 10, 30, and 50 % H₂O₂) and two imbibition times (T) (6 and 12 h) were evaluated in a factorial arrangement for a total of eight treatments in mango 'Criollo de Chulucanas' (apomixis: polyembryony). For the evaluation, the most vigorous shoots and main root were selected. The percentage of emergence (PE), main root length (RL), plant height (PH), main root diameter (RD), stem diameter (SD), number of leaves (NL), shoot and root fresh weight (SFW and RFW), and total soluble solids of root (TSSr) were determined. The results showed a positive effect of treatment C2*T1 on PE, RD, RL, SFW and RFW, and of C4*T1 and C4*T2 on TSSr. Treatment C3*T2 increased SD. These same relationships were observed in the principal component analysis (PCA) and cluster analysis. Correlation analysis showed that PE was positively correlated with RD and RFW, as was RD with SFW, and RL with RFW. The variable TSSr showed a negative correlation with SFW. It is concluded that seed treatment with hydrogen peroxide is a safe alternative to stimulate seedling emergence and development in mango.

Additional Keywords. Emergence, *Mangifera indica*, seedling vigor

Editor Asociado: Prof. Solenny Parra

INTRODUCCIÓN

El mango *Mangifera indica* L. es un árbol originario de Asia, perteneciente a la familia Anacardiaceae y orden Sapindales, empleado con

frecuencia como alimento (consumo en fresco, jugos y ensaladas), en la industria (conservas y concentrados) y en la restauración ecológica de zonas tropicales y subtropicales (GBIF, 2023). En el año 2023, la producción mundial de mango

Recibido: Septiembre 18, 2025

Aceptado: Enero 27, 2025

¹Departamento de Morfofisiología Vegetal, Universidad Nacional de Piura, Campus Universitario s/n, Urbanización Miraflores Piura, Perú. e-mail: 0202022023@alumnos.unp.edu.pe; 0202021015@alumnos.unp.edu.pe; 0202022060@alumnos.unp.edu.pe; rchanduvig@unp.edu.pe; csanmartinz@unp.edu.pe; dmoralesp@unp.edu.pe (autor de correspondencia)

alcanzó 61,1 millones de toneladas (FAO, 2025), siendo Tailandia, México, Países Bajos, Brasil y Perú los principales países productores. Ese mismo año el Perú ocupó el quinto lugar en la exportación de mango, y sus principales mercados fueron Estados Unidos (20,9 %), China (17,4 %) y Países Bajos (7,4 %). Las regiones de mayor producción, en Perú, son Piura (56%), Ancash (13,9 %), Lambayeque (13,1 %) y Lima (6,4 %) (CIEN, 2025). La variedad de mango 'Kent' es la fruta de mayor interés en el país, exportado como fruta fresca, congelada y deshidratada (Morochó *et al.*, 2024). Esta variedad es injertada sobre el portainjerto de mango Criollo de Chulucanas, nativo de la región Piura, el cual es resistente a estrés abiótico (suelos salinos, sequía, exceso de agua) y se ha descrito como vigoroso (MIDAGRI, 2023). Sin embargo, este portainjerto presenta desuniformidad y lenta germinación causada por la baja calidad fisiológica de la semilla, generando deformidad radicular y un incremento significativo en los costos de producción de plántulas viables y la incidencia de enfermedades en vivero, afectando en forma directa la producción del cultivo. Por lo anterior, es necesario evaluar alternativas amigables con el ambiente que estimulen la emergencia y el desarrollo de plántulas de mango, como el uso del peróxido de hidrógeno (H_2O_2).

La germinación y posterior emergencia de la plántula es una etapa crucial que determina la producción del cultivo (Morales *et al.*, 2025). Esta etapa inicia con la imbibición de la semilla, lo que desencadena una serie de procesos metabólicos, como la respiración celular, la biogénesis mitocondrial y la síntesis de ATP y proteínas, culminando con la emisión de la radícula (Bewley *et al.*, 2013). Por ende, una óptima hidratación de la semilla influye en una mayor y uniforme emergencia de las plántulas (Ruesta *et al.*, 2024).

El H_2O_2 es una sustancia que aumenta el porcentaje y la velocidad de germinación (Zeinalabedini *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2025) e incrementa la tasa de supervivencia de las plántulas ante el estrés salino (Wojtyła *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2023). Además, reduce el ARNm (transcriptoma) presente en las semillas, que se forma durante el almacenamiento, como un mecanismo de protección y conservación (Chu *et al.*, 2022). De igual manera, el H_2O_2 ocasiona la

oxidación selectiva del proteoma (proteínas) iniciando la germinación de las semillas (Díaz *et al.*, 2013). El uso de H_2O_2 exógeno promueve la biosíntesis de ácido giberélico (AG_3) en las semillas y regula el balance hormonal post emergente (Bahin *et al.*, 2011); así mismo, determina los niveles endógenos de auxinas (Li *et al.*, 2007), estimulando la formación de pelos absorbentes (Deng *et al.*, 2019), y es usado como agente antimicrobiano frente a bacterias, hongos y virus patogénicos (Abdelshafy *et al.*, 2024). Dada su importancia, se estudió el efecto de cuatro concentraciones de peróxido de hidrógeno comercial y dos tiempos de imbibición sobre la emergencia y el desarrollo inicial de plántulas de mango cultivar criollo de Chulucanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de investigación. El estudio se realizó en el umbráculo del Departamento Académico de Morfofisiología Vegetal DAMFV escuela de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura-Perú (Figura 1), ubicado a una latitud $5^{\circ}10'42''$ S, longitud $80^{\circ}37'00''$ W y a 32 msnm. Durante la ejecución del ensayo los meses (marzo a abril del 2025) se presentó una temperatura media de $28,1^{\circ}C$, humedad relativa de 67 % y ninguna precipitación.

Materiales en estudio. En la fase de vivero se usó la mezcla de sustratos (v/v): suelo agrícola y compost en proporción 3:1; posteriormente, se procedió a la desinfección térmica del sustrato mediante la metodología de solarización propuesta por Cardoza *et al.* (2024). Se usó el compost comercial Nutri Suelo 3M elaborado a partir de microorganismos nativos de montaña, estiércol caprino de libre pastoreo (Soluciones Orgánicas Loma Fertil). Los frutos de mango cultivar Criollo de Chulucanas fueron recolectados de plantas vigorosas y sanas, establecidas en el fundo Bonanza, sector frutal-Pedregal Distrito de Tambogrande, región Piura con $4^{\circ}53'25''$ S y $80^{\circ}21'38''$ W a 78 msnm. Posteriormente, se retiró el endocarpio fibroso de los frutos para visualizar y seleccionar las semillas en buen estado, completas y sin deformación. El peróxido de hidrógeno utilizado en la investigación fue la formulación comercial 10 V (H_2O_2 30 mg· mL⁻¹) del Laboratorio Alkofarma E.I.R.L (Lima, Perú).

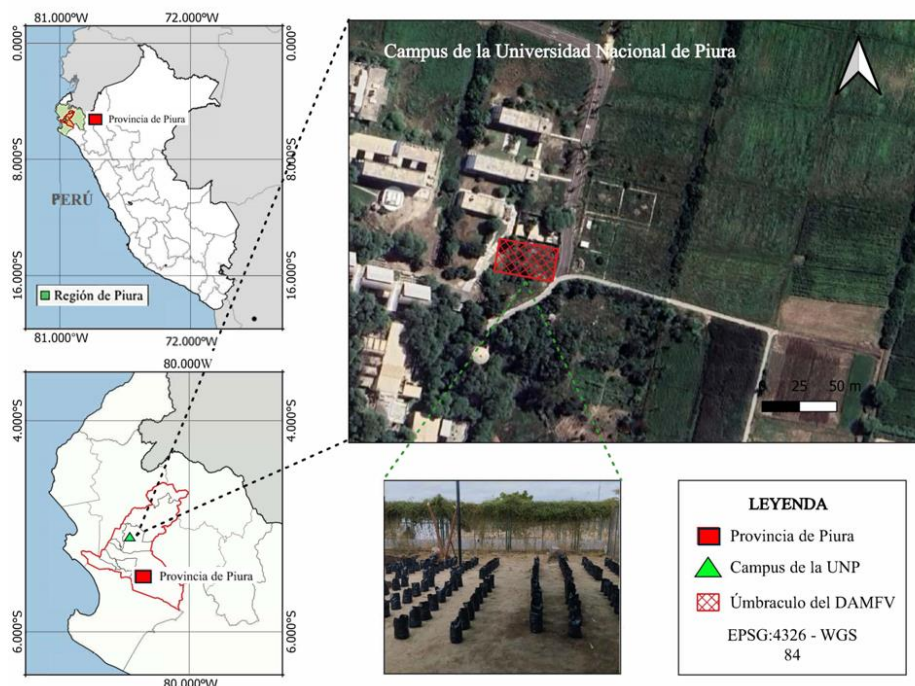


Figura 1. Umbráculo de investigación del Departamento Académico de Morfofisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Piura, Perú.

Tratamientos y variables de evaluación. El proceso de desinfección consistió en sumergir las semillas seleccionadas en alcohol (70 % por 5 segundos). Posteriormente, se aplicaron ocho tratamientos como resultado de la combinación de cuatro concentraciones (C) de peróxido de hidrógeno (0, 10, 30, y 50 %) y dos tiempos (T) de imbibición (6 y 12 h). Las semillas fueron sembradas en bolsas de polipropileno de 15 x 30 cm conteniendo el sustrato preparado. Las evaluaciones se realizaron 30 días después de la siembra (DDS), y se contabilizó el porcentaje de emergencia acumulada (PE). En la morfometría se seleccionaron el tallo y la raíz principal más vigorosa de cada planta: longitud de raíz principal (LR), altura de planta (AP), diámetro de raíz principal (DR), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), peso fresco de la raíz principal (PFR) y peso fresco aéreo (tallo y hojas) (PFA); y, los sólidos solubles totales de raíz (SSTr). El PE se determinó por el número de plántulas emergidas con relación al número de semillas sembradas. En el diámetro de la raíz principal y el diámetro de tallo se midieron a 0,5 cm sobre y debajo del cuello de planta (zona de transición de raíz/tallo), respectivamente. Los SSTr fueron medidos con un

refractómetro digital (Atago) a partir del extracto radicular obtenido mediante una prensa manual.

Análisis estadístico. El estudio se estableció bajo un diseño completamente al azar con 8 tratamientos en un arreglo factorial de 4x2. Se utilizaron 15 repeticiones por tratamiento, de los cuales se seleccionaron aleatoriamente 8 unidades experimentales (1 unidad experimental = 1 plántula) para el análisis de datos. Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$). El procesamiento estadístico se realizó con el programa Statgraphics Centurion v.16 y el entorno Rstudio (versión 2025.09.2+418), para los análisis de correlación de Pearson, componentes principales (ACP) y conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia y parámetros de desarrollo. El efecto principal de las diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno resultó estadísticamente significativo ($p \leq 0,01$ y $p \leq 0,05$) para las variables

AP, DT, DR, LR, SStr y PFR, mientras que el tiempo de imbibición mostró significancia ($p \leq 0,01$) con SStr (Cuadro 1). En la interacción de concentración*tiempo hubo significancia

($p \leq 0,01$ y $p \leq 0,05$) en AP, NH, SStr y PFA. En el cuadro también se reportan las medias aritméticas, error estándar y los coeficientes de variación para cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 1. Cuadrados medios (ANOVA) del efecto de diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno y tiempos de imbibición en el desarrollo de plántulas de mango cv. Criollo de Chulucanas

Fuente Variación	GL	AP	NH	DT	DR	LR	SSTr	PFR	PFA
Concentración (C)	3	15,08*	1,37ns	1,23**	1,49**	39,85**	42,94**	0,52**	3,00 ns
Tiempo de imbibición (T)	1	0,01 ns	0,00	0,14 ns	0,11 ns	17,03 ns	11,45**	0,17 ns	1,30 ns
C*T	3	17,68**	5,27**	0,20 ns	0,36 ns	18,62 ns	25,08**	0,05 ns	4,08*
SE	32	3,79	0,94	0,23	0,23	7,57	1,44	0,08	1,06
Media		23,93	6,55	3,58	3,26	20,76	10,44	1,57	3,93
CV		8,13	14,78	13,45	14,72	13,26	11,5	18,15	26,24

ns: no significativo, *: significativo al 5 %, **: altamente significativo al 1 %, SE: error estándar, GL: grados de Libertad, AP cm: altura de planta, NH: número de hojas, DT mm: diámetro de tallo, DR cm: diámetro de raíz principal, LR cm: longitud de raíz principal, SStr: °Brix de raíz, PFR g: peso fresco de raíz y PFA g: peso fresco aéreo (hojas y tallos).

El tratamiento C2*T1 alcanzó el mayor PE con 100 % de emergencia. Así mismo, fue superior ($p \leq 0,05$) al C4*T1 en la variable PFA con 5,3 vs. 2,6 g. En la AP no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento C3*T1 fue superior ($p \leq 0,05$) a los tratamientos C2*T1 y C3*T2 en NH. En el SStr, los tratamientos C4*T1 y C4*T2 no presentaron diferencias estadísticas entre sí, con 12,9 y 12,8 °Brix, respectivamente, pero superaron ($p \leq 0,05$) a los tratamientos con valores menores a 12,3 (Cuadro 2a).

Las concentraciones de 10 y 30 % de H₂O₂ superaron ($p \leq 0,05$) a las otras dos concentraciones en las variables de DT y DR, así como al C1 (control) para las variables LR y PFR. No hubo efecto principal del tiempo sobre las cuatro variables anteriores (Cuadro 2b).

Abdul (2025) indicó que el H₂O₂ está siendo empleado con frecuencia en la agricultura como un promotor del desarrollo de las plantas. Este compuesto de señalización regula diversos procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas como la fotosíntesis, la respiración celular, la transpiración y la translocación de nutrientes. Asimismo, en el metabolismo de lípidos, ácidos grasos y carbohidratos, así como en su

distribución hacia los diferentes órganos de la planta (Veloso *et al.*, 2021). Esto explicaría el incremento en las variables estudiadas como la emergencia, los parámetros morfométricos, y el contenido de sólidos solubles totales en la raíz mostrado en esta investigación. El aumento en la emergencia y la longitud de la raíz es causado por la biosíntesis de ácido giberélico (AG₃) a partir de peróxido de hidrógeno (Bahin *et al.*, 2013). El ácido giberélico (AG₃) ha sido asociado con el mejoramiento de la biomasa fresca y seca, de raíces y brotes en plantas de lima Rangpur (*Citrus limonia* L. Osbeck) (Domingues *et al.*, 2024). Asimismo, aplicaciones foliares de H₂O₂ mejoran el desarrollo vegetativo (número de hojas y brotes), y contenido de clorofila en plantas de mango cv. Ewais (Mostafa, 2021). Por su parte, Jamaludin *et al.* (2020) reportaron que aplicaciones de H₂O₂ dirigidas al follaje de *Ficus deltoidea* Jack var. Deltoidea optimizan la tasa fotosintética al regular la fijación de dióxido de carbono, y ayudan a distribuir los fotosintatos (sacarosa) hacia los diferentes órganos de las plantas, lo cual influye en el incremento de la altura de planta, contenido de clorofila y el grosor de la hoja. Hameed *et al.* (2004) mencionan que las aplicaciones de H₂O₂ en el suelo mejoran el

desarrollo radicular en plantas de trigo, incrementando la absorción de nitrógeno y por tanto el crecimiento de la planta. Semillas de algodón tratadas con H₂O₂ a 6 h de imbibición mostraron efecto positivo en la longitud y biomasa de la raíz; no obstante, este efecto se reduce al aumentar la concentración y el tiempo de imbibición a 12 h (Morales *et al.*, 2025). Así también, Merino *et al.* (2018) obtuvieron un incremento en la biomasa de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) tratada con H₂O₂ al 10 %; no obstante, a

mayor concentración la biomasa de la planta se reduce. Semillas de girasol (*Helianthus annuus*) tratadas con H₂O₂ a bajas dosis (1 y 3 %) mostraron un desarrollo positivo en la longitud de la raíz, peso fresco y seco de la planta; y a 5 % de H₂O₂ estos valores disminuyeron (Dolatabadian *et al.*, 2008). De la misma manera, Xiong *et al.* (2015) observaron en el cultivo de arroz una mejora en el diámetro y longitud de raíz con bajas dosis de H₂O₂, y una reducción significativa de estas variables a mayor dosis

Cuadro 2. Efecto de diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno y tiempos de imbibición en el desarrollo de plántulas de mango cv. Criollo de Chulucanas. (a) Efectos de interacción; (b) Efectos principales.

(a)	Trat.	PE	AP (cm)	NH	SSTr	PFA (g)
	C1*T1	86,67	23,5 ± 1,2 a	6,3 ± 0,5 ab	6,8 ± 1,3 d	4,6 ± 1,7 ab
	C2*T1	100	23,1 ± 1,5 a	5,8 ± 0,8 b	7,5 ± 1,5 cd	5,3 ± 1,6 a
	C3*T1	93,33	27,2 ± 1,5 a	8,3 ± 1,5 a	12,4 ± 0,6 ab	4,40 ± 0,80 ab
	C4*T1	86,67	22,1 ± 3,8 a	6,3 ± 1 ab	12,9 ± 1,2 a	2,6 ± 0,9 b
	C1*T2	86,67	22,3 ± 2,9 a	7,8 ± 1,5 ab	9 ± 1,8 cd	3,9 ± 1,1 ab
	C2*T2	93,33	24,8 ± 1,4 a	6,5 ± 1 ab	12,3 ± 1,4 ab	3,3 ± 0,4 ab
	C3*T2	93,33	24,1 ± 1,2 a	5,8 ± 0,8 b	9,8 ± 1 bc	4,7 ± 0,2 ab
	C4*T2	86,67	24,8 ± 2,8 a	6,5 ± 0,6 ab	12,8 ± 1,1 a	3,8 ± 0,8 ab

(b)	Concentración (H ₂ O ₂)	DT (mm)	DR (cm)	LR (cm)	PFR (g)
	C1	3,10 b	2,80 b	18,20 b	1,20 b
	C2	3,80 a	3,50 a	21,40 a	1,70 a
	C3	3,90 a	3,60 a	22,10 a	1,80 a
	C4	3,20 b	3,10 b	19,50 ab	1,40 ab

	Tiempo de imbibición	DT (mm)	DR (cm)	LR (cm)	PFR (g)
	6 h	3,55 a	3,25 a	20,60 a	1,55 a
	12 h	3,61 a	3,27 a	20,92 a	1,59 a

*C: Concentración de peróxido de hidrógeno comercial C1: 0%, C2: 10%, C3: 30%, C4: 50%, T: tiempo de imbibición, T1: 6h, T2: 12h, PE: porcentaje de emergencia, AP: altura de planta, NH: número de hojas, SSTr: °Brix de raíz, PFA: peso fresco aéreo (hojas y tallos), DT: diámetro de tallo, DR: diámetro de raíz principal, LR: longitud de raíz principal y PFR: peso fresco de raíz. Letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas (Tukey $p \leq 0,05$).

Análisis de correlaciones. En el análisis de correlación de Pearson (Figura 2) se observa que PE depende estrechamente de DR ($r=0,82$, $p \leq 0,05$) y PFR ($r=0,92$, $p \leq 0,01$). Asimismo, el DR

se vio influenciado en forma directa y significativa por PFA ($r=0,73$, $p \leq 0,05$). Por su parte, la LR reveló una correlación significativa con el PFR ($r=0,82$, $p \leq 0,05$), confirmando el

efecto directo entre estas variables. Mientras que, la correlación negativa significativa entre el SSTr y PFA ($r = -0,73$, $p \leq 0,05$), señala que a medida que aumenta el PFA ocasiona una dilución de los

sólidos solubles totales. Mostafa (2021) indica una correlación positiva entre el aumento del área foliar y el contenido de sólidos solubles totales en plantas de mango tratadas con H_2O_2 .

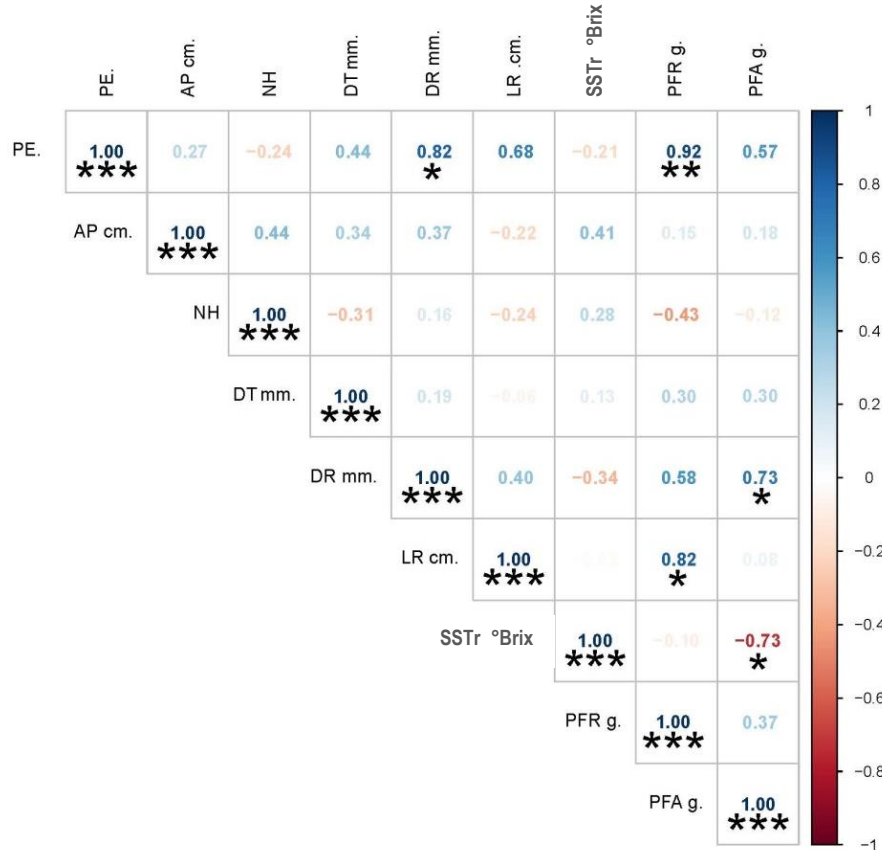


Figura 2. Matriz de coeficientes de correlación de Pearson entre las variables morfológicas de las plántulas de mango cultivar Criollo de Chulucanas.

* y **: correlación significativa ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$ respectivamente). AP: altura de planta, NH: número de hojas, DT: diámetro de tallo, DR: diámetro de raíz principal, LR: longitud de raíz principal, SSTr: °Brix PFR: peso fresco de raíz y PFA: peso fresco aéreo (hojas y tallos).

Análisis multivariado. En la Figura 3a, se visualiza el análisis de componentes principales (ACP) el cual forma dos dimensiones o componentes que representan el 50,5 % de la variabilidad total del estudio, la dimensión 1 (29,3 %) y la dimensión 2 (21,2%). La dimensión 1 estuvo conformada por las variables: DT, DR, LR, PFA y PFR, y la dimensión 2, por: AP, SSTr, y NH. El T2 (C2*T1) favoreció a la DR y PFA. Los tratamientos C3*T1, C4*T1, C2*T2 y C4*T2 potenciaron el SSTr. Según Abdul (2025), el H_2O_2 regula la distribución de carbohidratos hacia los diferentes órganos de la planta, lo que explicaría la mayor concentración de azúcares (fotosintatos)

en el sistema radicular de las plántulas tratadas. Por otro lado, Mostafa (2021) reportó que esta molécula regula la biosíntesis de ácido giberélico (AG_3) y estimula la división celular y el desarrollo vegetativo (brotes y hojas).

El dendrograma refleja cinco grupos (G), los cuales comparten ciertas similitudes entre las variables estudiadas (Figura 3b): el G-1, constituido por C2*T1; el G-2, formado por C3*T1. El G-3, integró a C3*T2. El G-4 por similitud, agrupó a C1*T1 y C1*T2; el G-5, incluyó a los tratamientos C4*T1, C2*T2 y C4*T2.

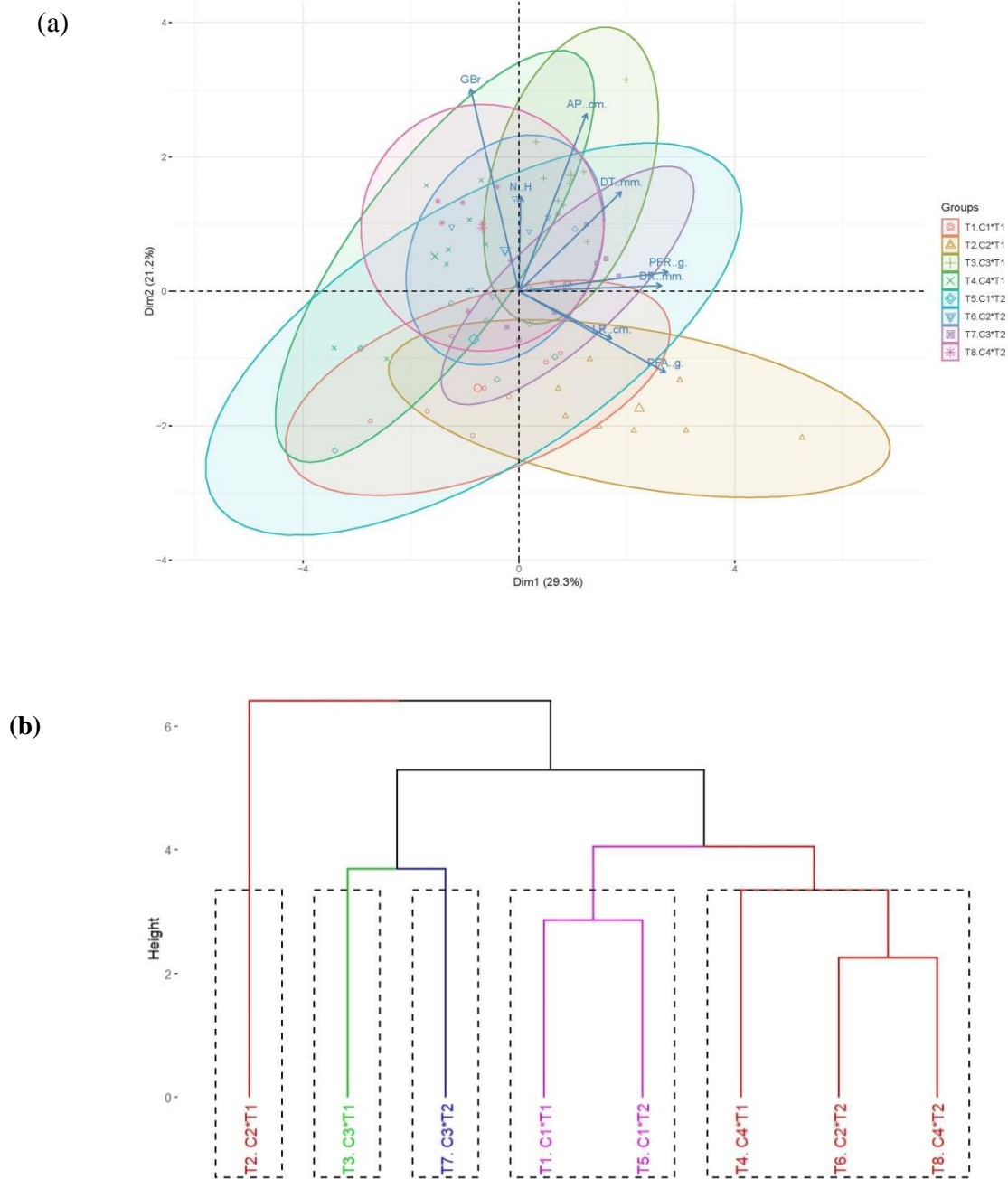


Figura 3. Análisis multivariado de la emergencia y variables morfométricas de plántulas de mango cultivar Criollo de Chulucanas: A) Análisis de componentes principales ACP; y, B) Análisis de clúster dendrograma.

CONCLUSIONES

Dosis adecuadas de peróxido de hidrógeno (PE) uniformizan la emergencia y desarrollo inicial del portainjerto mango cultivar criollo de

Chulucanas. La interacción de una baja concentración de peróxido de hidrógeno comercial y el menor tiempo de imbibición influye en el porcentaje de emergencia, diámetro radicular, longitud de raíz, peso fresco de raíz y tallo. Además, el incremento de la concentración del peróxido de hidrógeno concentra una mayor

cantidad de sólidos solubles totales en la raíz. Se observó que en etapas iniciales el PE regula el desarrollo radicular y la acumulación de peso aéreo; esto último muestra una correlación negativa sobre los sólidos solubles de la raíz, dado que estas reservas son redistribuidas en el crecimiento de los nuevos tejidos foliares. Por lo tanto, el peróxido de hidrógeno se propone como una alternativa estimulante para la producción de plantas de calidad, además de ser una opción amigable con el ambiente.

LITERATURA CITADA

1. Abdelshafy, A., M.H. Neetoo y F. Al-Asmari. 2024. Antimicrobial activity of hydrogen peroxide for application in food safety and COVID-19 mitigation: An updated review. *Journal of Food Protection* 87(7): 100306.
2. Abdul Mazeed, N. 2025. Role of Hydrogen Peroxide on Horticultural Crops in Hydrogen Peroxide. CRC Press pp. 198-207.
3. Bahin, E., C. Bailly, B. Sotta, I. Kranner, F. Corbineau y J. Leymarie. 2011. Crosstalk between reactive oxygen species and hormonal signalling pathways regulates grain dormancy in barley. *Plant, Cell & Environment* 34(6): 980-993.
4. Bewley, J.D., K.J. Bradford, H.M.W. Hilhorst y H. Nonogaki. 2013. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer, New York.
5. Cardoza, A., D. Arévalo-Valladolid, J. Javier-Alva, R. Peña-Castillo, R. Chanduví-García, M. Quiroz-Calderón y A. Morales-Pizarro. 2024. Alternative Organic Substrates in the Germination and Initial Growth of Corn (*Zea mays* L.) Seedlings Under Nursery Conditions. *Terra Latinoamericana* 42: 1-11
6. Chu, C., R.C. Poore, M.D. Bolton y K.K. Fugate. 2022. Mechanism of sugarbeet seed germination enhanced by hydrogen peroxide. *Frontiers in Plant Science* 13: 888519.
7. CIEN (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales). 2025. Nota de inteligencia comercial. Mango: evolución del mercado Internacional y Nacional. <https://n9.cl/yqypuu>
8. Deng, Y., C. Wang, N. Wang, L. Wei, W. Li y W. Liao. 2019. Roles of small-molecule compounds in plant adventitious root development. *Biomolecules* 9(9): 420.
9. Diaz, P., G. Barba-Espín y J.A. Hernández. 2013. Elucidating hormonal/ROS networks during seed germination: insights and perspectives. *Plant Cell Reports* 32: 1491-1502.
10. Dolatabadian, A. y S.A.M.M. Sanavy. 2008. Effect of the ascorbic acid, pyridoxine and hydrogen peroxide treatments on germination, catalase activity, protein and malondialdehyde content of three oil seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 36(2): 61-66.
11. Domingues, F.J., D.C.D.S. Carneiro, F.F. Putti, J.D. Rodrigues, M.A. Tecchio, S. Leonel y M.D.S. Silva. 2024. Physiological indexes in seed germination and seedling growth of Rangpur lime (*Citrus limonia* L. Osbeck) under plant growth regulators. *Agronomy* 14(9): 2066.
12. FAO (Food and Agriculture Organization). 2025. Crops and livestock products. <https://n9.cl/ad5u9>
13. GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2023. *Mangifera indica* L. <https://www.gbif.org/es/species/3190638>
14. Hameed, A., S. Farooq, S. Iqbal y R. Arshad. 2004. Influence of exogenous application of hydrogen peroxide on root and seedling growth on wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 6(2). <https://n9.cl/wg1g5>
15. Jamaludin, R., N. Mat, K. Suryati Mohd, N. Afiza Badaluddin, K. Mahmud, M. Hailmi Sajili y M.M. Khandaker. 2020. Influence of exogenous hydrogen peroxide on plant physiology, leaf anatomy and rubisco gene expression of the *Ficus deltoidea* Jack var *Deltoidea*. *Agronomy* 10(4): 497.
16. Li, S., L. Xue, S. Xu, H. Feng y L. An. 2007. Hydrogen peroxide involvement in formation and development of adventitious roots in cucumber. *Plant Growth Regulation* 52: 173-180.
17. Merino-Valdés, M., P. Andrés-Meza, O.R. Leyva-Ovalle, H. López-Sánchez, J.

- Murguía-González, R. Núñez-Pastrana y J. Luis. 2018. Influencia de tratamientos pregerminativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *Acta Agronómica* 67(4): 531-537.
18. MIDAGRI (Ministerio Desarrollo Agrario y Riego). 2023. Ficha de requerimientos agroecológicos de mango. <https://n9.cl/bcds1o>
 19. Mostafa, L. 2021. Effect of Hydrogen Peroxide on the Growth, Fruit Set, Yield and Quality of Ewais Mango Trees. *Egyptian Journal of Horticulture* 48(1): 71-81.
 20. Morales, A., D. Rondoy-Castro, P. Escobedo-Huancas, E. Durand-Montejo, A. Veramatus-Mendoza, J. Juárez-Vilchez y R. Peña Castillo. 2025. Dose and imbibition times of hydrogen peroxide in germination and initial growth of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 28(1).
 21. Morocho, H., R. Peña-Castillo, R. Chanduvi-García, S. Vilchez-Navarro, M. Quiroz-Calderón, M. Calero-Merino *et al.* 2024. Influence of organic fertilization on the fruit morphology and production of mango (*Mangifera indica* L.) var. Kent. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 27(3).
 22. RStudio Team. 2025. Integrated Development Environment for R (Version 2025.09.2+418). <https://n9.cl/bl3ri>
 23. Ruesta-López, M., L. Zurita-Chinguel, M. Lizano-Pintado, M. Delgado-Vite, D. Zapata-Durand, R. Peña-Castillo *et al.* 2024. Biostimulant and imbibition times on passion fruit (*Passiflora edulis* s. passifloraceae) seed germination. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 27(2).
 24. Song, K.E., H.R. Hwang, E.S.H. Hong, P. Konvalina, W.J. Jun, J.W. Jung y S. Shim. 2023. Hydrogen peroxide ameliorates the adversities of drought stress during germination and seedling growth in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Agronomy* 13(2): 330.
 25. Veloso, L.L.D.S.A., J.D. Capitulino, C.A.V. De Azevedo, A.A.R. Da Silva y H.R. Gheyi. 2021. Application methods of hydrogen peroxide in soursop seedlings irrigated with saline water. *Comunicata Scientiae* 12: 1-8.
 26. Wojtyła, Ł., K. Lechowska, S. Kubala y M. Garnczarska. 2016. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. *Frontiers in Plant Science* 7: 66.
 27. Xiong, J., Y. Yang, G. Fu y L. Tao. 2015. Novel roles of hydrogen peroxide (H₂O₂) in regulating pectin synthesis and demethylesterification in the cell wall of rice (*Oryza sativa*) root tips. *New Phytologist* 206(1): 118-126.
 28. Zeinalabedini, M., K. Majourhat, M. Khayam-Nekoui, J.A. Hernández y P. Martínez-Gómez. 2009. Breaking seed dormancy in long-term stored seeds from Iranian wild almond species. *Seed Science and Technology* 37(2): 267-275.

