



BIOESTIMULANTE Y TIEMPOS DE IMBIBICIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* S., Passifloraceae) †

[BIOSTIMULANT AND IMBIBITION TIMES ON PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* S., Passifloraceae) SEED GERMINATION]

Madai Ruesta-López¹, Lesly Zurita-Chinguel¹, Maribel Lizano-Pintado¹, María Delgado-Vite¹, Diana Zapata-Durand¹, Jaira Jiménez-Castillo¹, Ricardo Peña-Castillo¹, Miguel Galecio-Julca¹, Roger Chanduví-García¹, and Arturo Morales-Pizarro^{1,2*}

¹ Universidad Nacional de Piura, Campus Universitario s/n. Urb. Miraflores. Piura, Perú. Emails: * dmoralesp@unp.edu.pe, madairuestalopez@gmail.com, gianezurita16@gmail.com Maribel_28_98@hotmail.com, ferdelgadovite@gmail.com, dianadurandzapata@gmail.com, Jaira.ela@gmail.com, rpenac@unp.edu.pe, mgalecioj@unp.edu.pe rochanduvi@gmail.com

² Estación Experimental Agraria Vista Florida. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Carretera Chiclayo a Ferreñafe km. 8 Picsi, Chiclayo, Perú.

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Passion fruit (*Passiflora edulis* S.) is a tropical fruit of socio-economic interest in Peru, used as an ingredient in the food industry, esthetics and medicine. However, this crop has a low germination power, so it is necessary to carry out pre-germination treatments to increase the germination percentage and the initial development of the seedlings. **Objective:** to evaluate the effect of different biostimulants at 12 h and 24 h of hydration on passion fruit seed germination. **Methodology:** passion fruit seeds of large and round fruits, free of pathogens, were collected. The aryl-free seeds were treated: T0 (distilled water), T1 (sulfur 25 g/10 L), T2 (sulfur 50 g/10 L), T3 (biol 3%), T4 (biol 5%), T5 (cinnamon 25%), T6 (cinnamon 50%), T7 (buttermilk 25%) and T8 (buttermilk 50%) for 12 h and 24 h imbibition. The variables evaluated were: water absorbed, imbibition rate (IR), germination percentage (GP), germination speed (GS), germination index (GI), first day of germination (FDG). **Results:** The highest water absorption occurred in the first 9 hours. Treatments T4, T5 and T6 significantly improved the GP, GS, GI, FDG at 12 h imbibition. However, at 24 h imbibition these values decreased. GP presented a high positive correlation with GS and GI. Likewise, GS presented a high negative correlation with FDG. **Implications:** The use of biostimulants increases germination. **Conclusions:** Cinnamon extract at 25% and 50%, and biol 5% at 12 h of imbibition have significantly improved the variables evaluated compared to imbibition at 24 h. The positive correlation between the variables indicates a direct relationship between them.

Key words: Sulfur; biofertilizer; cinnamon extract; buttermilk; germination percentage.

RESUMEN

Antecedentes: el maracuyá (*Passiflora edulis* S.) es un fruto tropical de interés socio-económico en Perú, usado como ingrediente en la industria alimentaria, estética y medicina. No obstante, este cultivo presenta un bajo poder germinativo, por lo cual es necesario realizar tratamientos pre germinativos, para incrementar el porcentaje de germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. **Objetivo:** evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes a 12 h y 24 h de hidratación sobre la germinación de semillas de maracuyá. **Metodología:** se recolectaron semillas de maracuyá de frutos grandes y redondos, libre de patógenos. Las semillas sin arilo fueron tratadas: T0 (agua destilada), T1 (azufre 25 g/10 L), T2 (azufre 50 g/10 L), T3 (biol 3%), T4 (biol 5%), T5 (canela 25%), T6 (canela 50%), T7 (suero de leche 25%) y T8 (suero de leche 50%) durante 12 h y 24 h de imbibición. Las variables evaluadas fueron: agua absorbida,

† Submitted October 1, 2023 – Accepted April 9, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5199>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Madai Ruesta-López: <https://orcid.org/0000-0002-0754-3783>. Lesly Zurita-Chinguel: <https://orcid.org/0000-0002-4242-2709>. Maribel Lizano-Pintado: <https://orcid.org/0009-0000-0124-6895>. María Delgado-Vite: <https://orcid.org/0009-0003-4359-4662>. Diana Zapata-Durand: <https://orcid.org/0000-0002-8750-7044>. Jaira Jiménez-Castillo: <https://orcid.org/0009-0006-4128-0098>. Ricardo Peña-Castillo: <https://orcid.org/0000-0001-9366-4962>. Miguel Galecio-Julca: <https://orcid.org/0000-0001-8410-6205>. Roger Chanduví-García: <https://orcid.org/0000-0002-6061-3007>. Arturo Morales-Pizarro: <https://orcid.org/0000-0003-3966-6689>.

tasa de imbibición (TI), porcentaje de germinación (PG), velocidad de germinación (VG), índice de germinación (IG) y primer día de germinación (PDG). **Resultados:** la mayor absorción de agua se da en las 9 primeras horas. Los Tratamientos T4, T5 y T6 mejoraron significativamente el PG, VG, IG, PDG a 12 h de imbibición. Sin embargo, a 24 h de imbibición estos valores disminuyen. El PG presentó una alta correlación positiva con VG e IG. Asimismo, la VG presentó una correlación altamente negativa con PDG. **Implicaciones:** El uso de bioestimulantes incrementa la germinación. **Conclusiones:** El extracto de canela a 25% y 50%, y biol 5% a 12 h de imbibición mejoran significativamente las variables evaluadas comparadas con la imbibición a 24 h. La correlación positiva entre las variables indica una relación directa entre estas.

Palabras clave: Azufre; biofertilizante; extracto de canela; suero leche; porcentaje de germinación.

INTRODUCCIÓN

Maracuyá (*Passiflora edulis* S.) pertenece al orden Violales y a la familia Passifloraceae, este cultivo es originario de Brasil. Actualmente, se cultiva en todo el mundo, en las franjas tropicales y subtropicales, llegando a desarrollarse hasta los 3800 msnm de altitud (Arias-Suárez *et al.*, 2014). Sus frutos tienen un gran interés comercial y económico por sus diferentes usos en la industria alimentaria (gastronomía-jugos, mermeladas y bebidas). Asimismo, en la industria farmacéutica, estética y medicina natural (Arias-Suárez *et al.*, 2014; Rojas-Romaní *et al.*, 2021).

En el año 2020, el 84.5% de la producción mundial de maracuyá se centró en América del Sur, seguido de Asia con 12.4%, África con 2.7%, América Central y el Caribe con una participación del 0.4%. Siendo Brasil, el país en América del Sur con mayor producción mundial; sin embargo, este país cuenta con una gran demanda interna por lo cual tienden a importar este fruto de Colombia, Perú y Ecuador (Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI], 2021).

En el 2022, Perú alcanzó una superficie agrícola de 5,266.5 hectáreas (ha) de maracuyá y una producción nacional de 101,466.4 toneladas (t). Los principales departamentos productores del país son: Lima con 50,186 t, La Libertad con 18,765 t, Lambayeque con 13,263 y Piura con 10,452 t. Los países de destino con mayor demanda son: Estados Unidos, Chile y Holanda (MIDAGRI, 2021; Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias [SIEA], 2022).

El cultivo de maracuyá se propaga principalmente mediante el uso de semilla (reproducción de forma sexual), cuyo poder germinativo es 3 meses bajo condiciones ambientales y 12 meses conservados en refrigeración, observándose una emergencia de plántula entre 11 y 12,5 días (Miranda *et al.*, 2009; MIDAGRI, 2021). En condiciones naturales, las semillas presentan una baja germinación debido a la latencia externa que presentan, la cual se debe a factores físicos como la existencia del arilo y/o la cubierta seminal que impide la imbibición (absorción de agua) y/o a factores químicos como la presencia de

inhibidores de germinación (Miranda *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2011; Morales Pizarro *et al.*, 2023). Por consiguiente, conocer la curva de imbibición de las semillas permite conocer si la testa influye en la absorción del agua reduciendo la germinación de las semillas (Do Nascimento *et al.*, 2022). Por lo cual, es necesario el uso de tratamientos pre germinativos que contribuyan a contrarrestar los problemas de germinación que presentan las semillas en su germinación (Miranda *et al.*, 2009; Melgarejo, 2012; Da Silva *et al.*, 2019). Finch-Savage (2013) indica la importancia de la disponibilidad de agua en relación directa con el proceso de germinación e imbibición de las semillas, la cual se da en tres fases: fase I, fase de absorción exponencial del agua; fase II, fase estacionaria (equilibrio entre el potencial osmótico y potencial de presión) y fase III, emisión de la radícula.

Por otro lado, el uso de bioestimulantes (aminoácidos, ácidos húmicos, algas marinas, quitosano), se presentan como una buena alternativa de tratamientos pre germinativos y obtención de plántulas vigorosas; ya que éstos proporcionan sustancias importantes (fitohormonas) que estimulan el proceso de germinación mediante el rompimiento de la latencia y la actividad metabólica como: la producción de enzimas hidrolíticas, síntesis y la activación de compuestos de reserva (proteínas, lípidos y ácidos nucleicos) en las semillas (Bulgari *et al.*, 2015) y la inhibición de sustancias que afectan la germinación como: ácido benzoico, ácido cinámico, cumarina, ácido jasmónico y abscísico (ABA) (Pooja y Honnabyraiah, 2022). Asimismo, los bioestimulantes tienen efectos sobre el desarrollo de las plántulas, asegurando su supervivencia frente a factores climáticos desfavorables en sus primeras etapas de desarrollo (Sánchez *et al.*, 2011). Los bioestimulantes actualmente son usados en el sector agrario, ya que mejoran la cantidad y tamaño de las raíces, lo que favorece la absorción de nutrientes y agua; además, interviene en la estabilidad hormonal de las plantas durante todo su ciclo vegetativo (Kearney *et al.*, 2011; Pooja y Honnabyraiah, 2022). Por lo cual, el éxito de la germinación influirá significativamente en el porcentaje de germinación, obtención de plántulas vigorosas y por ende en la producción del cultivo (Gutiérrez *et al.*, 2011; Pooja y Honnabyraiah, 2022).

Por otro lado, Bautista-Calles *et al.* (2008) investigaron la germinación de semillas de papaya, *Carica papaya* L., mediante los tratamientos pregerminativos a base de pre-acondicionamiento hídrico y químico durante 4 días y el testigo (sin pre-acondicionamiento) sumergidas en agua durante 3 días. El pre-acondicionamiento hídrico incrementó el porcentaje de germinación entre 84% y 250% respecto al testigo. Además, el preacondicionamiento químico con cloruro de calcio al 10-5 nM aumentó el porcentaje de germinación en 262% respecto al testigo.

Andrade-Rodríguez *et al.* (2008), evaluaron el efecto de dos concentraciones de ácido giberélico (AG₃) y Nitrato de Potasio (KNO₃), así como diversos sustratos sobre la germinación y desarrollo de las plántulas de papaya, obteniendo un mayor número de semillas germinadas con AG₃ a una concentración de 1,0 nM, y el mejor sustrato fue de vermicompost/aserrín/agrolita en una proporción 5:2; 5:2.5; proporcionando nitrógeno y fósforo para el desarrollo de plántulas recién germinadas.

Por otra parte, Constantino *et al.* (2010), analizaron el efecto de tres biofertilizantes líquidos en el cultivo de papaya a base de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices* utilizados de forma individual y combinados con ácido giberélico (AG₃), incrementando el porcentaje de germinación en 90.28% y 88.89% con *A. chroococcum* y con *A. brasilense*, respectivamente. No obstante, en combinación con AG₃, aumentó la velocidad de germinación y disminuyó el tiempo de germinación. Por otro lado, semillas de avena (*Avena sativa* L.) tratadas suero de leche fermentado incrementaron el porcentaje de germinación, la altura y rendimiento del cultivo, como resultado del contenido de calcio, fósforo, magnesio, zinc y hierro (Jácome et al., 2023). Además, semillas de poroto (*Erythrina edulis*) tratadas con extracto de canela incrementaron la emergencia hasta en un 72% a los 20 después de la siembra, mostrando la capacidad estimulante del extracto sobre la emergencia de las semillas (Nuñez, 2020). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes a 12 h y 24 h de hidratación sobre la germinación de semillas de maracuyá, *Passiflora edulis* var. Criolla con la finalidad de proponer estrategias de mejora en la etapa inicial del cultivo, ya que ésta determina su crecimiento y desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las semillas se obtuvieron de frutos de maracuyá, *P. edulis* variedad criolla, cosechadas en enero del 2023

en una plantación de un año de edad, ubicada en el sector de Malingas, distrito de Tambogrande-Región Piura a una latitud 4°54'56"S, longitud 80°16'14"O y una altitud de 88 msnm. Se escogieron los frutos con las mejores características morfológicas como: forma redonda, tamaño grande, color amarillo, libre de enfermedades y anomalías. Posteriormente, las semillas se separaron y fueron lavadas con agua hasta retirar el mucílago (arilo) que las recubre y colocadas en papel toalla previamente flameado para su secado durante 48 horas (h) a temperatura ambiente (27±3 °C). Las semillas fueron desinfectadas con alcohol al 76% durante 5 segundos, y secadas a temperatura ambiente.

Productos de control utilizados

Los productos usados en este experimento fueron: Azufre Pantera Mojable (Azufre 930 g/kg ARIS INDUSTRIAL S.A. Av. Industrial 491. Lima – Perú). Biol o biofertilizante líquido que fue otorgado por la Universidad Nacional de Piura, elaborado bajo la técnica de Galecio-Julca *et al.* (2023). El suero de leche se obtuvo de la fabricación de queso, utilizando para ello una pastilla de cuajo vegetal añadido sobre la leche a una temperatura de 37 °C, el líquido suspendido en la parte superior es considerado el suero de leche (Sousa y Malcata, 1998). El extracto de canela, para su preparación se pesaron 100 g de canela molida comercial y se agregaron en 1 litro de agua caliente a 100 °C hasta enfriar, la mezcla se dejó reposar durante 12 h, extrayendo el sobrenadante para el estudio (Arias y García-Rico, 2006).

Fase en laboratorio

Las semillas fueron sumergidas en los diferentes tratamientos (Tabla 1), durante 12 h y 24 h de imbibición. Posteriormente, las semillas fueron lavadas con agua destilada estéril (ADE) para quitar el exceso del producto y se colocaron sobre papel toalla absorbente, previamente flameado para su secado a temperatura ambiente. Las semillas fueron colocadas en placas de Petri, las cuales contenían papel toalla absorbente (flameado) previamente humedecidos con ADE. En cada placa (repetición) se colocaron 20 semillas, realizándose 5 repeticiones (5 placas) por tratamiento. Las evaluaciones de germinación se realizaron durante 11 días a 27±3 °C.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

Agua absorbida. El agua absorbida se obtuvo al pesar 20 semillas por repetición con ayuda de una balanza granataria marca SF-400. Los pesos se tomaron a las 0, 3, 6, 9 y 12 h para las primeras 12 h de imbibición y se

adicionaron 18 h y 24 h para las 24 h de imbibición en los diferentes tratamientos, el incremento de peso se determinó a partir de la diferencia entre el peso ganado por las semillas transcurridas las horas de imbibición y el peso inicial (Escobar-Álvarez *et al.*, 2021).

Tabla 1. Tratamientos pregerminativos utilizados en la germinación de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) var. Criolla.

Número	Tratamiento	Dosis
T0	Agua destilada (testigo)	100%
T1	Azufre	25 g 10 L ⁻¹
T2	Azufre	50 g 10 L ⁻¹
T3	Biol	3%
T4	Biol	5%
T5	Canela	25%
T6	Canela	50%
T7	Suero de Leche	25%
T8	Suero de Leche	50%

La Tasa de imbibición (TI). Se expresó según la fórmula Escobar-Álvarez *et al.* (2021) quienes relacionan el porcentaje de incremento del peso de la semilla (absorción o hidratación de agua), respecto al peso inicial y final.

Porcentaje de germinación (PG). Se determinó a través de la fórmula propuesta por Morales y Camacho (1985): $PG = TG \times 100 / TS$; donde: TG= total de semillas germinadas y TS= total de semillas sembradas. Se consideró una semilla germinada aquella que presentó una longitud de la radícula ≥ 2 mm

Velocidad de germinación (VG). Se determinó mediante la fórmula: $VG = \text{número de semillas germinadas} / \text{tiempo de germinación}$ (Maguire 1962).

Índice de germinación (IG). Se calculó con la fórmula propuesta por Ranal y Santana (2006). $IG = ((\text{número de días desde el inicio de germinación}) \times (\text{número de semillas germinadas})) / \text{número total de semillas}$.

Primer día de germinación (PDG). Se midió el tiempo de inicio del proceso germinativo (Gutiérrez-Gutiérrez *et al.*, 2022)

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con nueve tratamientos, cinco repeticiones por tratamiento con 20 semillas por repetición. Este diseño se aplicó a dos tiempos de imbibición (12 h y 24 h). Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de

varianza (ANOVA). La comparación de medias se hizo mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ($p\text{-value} \leq 0.05$). Asimismo, se realizó una correlación de Pearson empleando los softwares SPSS (versión 25) (IBM SPSS Statistics 2017) y R-Studio (versión 3.12) (R Core Team 2020)". Además, se realizó el análisis multivariado de componentes principales (ACP) (Galecio-Julca *et al.*, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Imbibición de semillas a las 12 h

En la Tabla 2, se registró el incremento de peso de 20 semillas por tratamiento durante 12 h de imbibición. A las 3 h no se observó diferencias significativas entre los tratamientos cuyos valores oscilan entre 0.04 ± 0.03 g y 0.14 ± 0.06 g. A las 6 h, los tratamientos T1 con 0.28 ± 0.03 g, T5 con 0.26 ± 0.03 g y T7 con 0.26 ± 0.02 g presentaron los mayores valores sin diferencias significativas, siendo superiores a los demás tratamientos. A las 9 h, T1 con 0.32 ± 0.01 g es significativamente superior a los demás tratamientos. A las 12 horas, los tratamientos no presentaron diferencias significativas cuyos valores están comprendidos entre 0.29 ± 0.02 g y 0.32 ± 0.01 g, a excepción T4 con 0.20 ± 0.01 g que presentó el menor valor.

En la Tabla 2 se presenta un mayor peso de las semillas en las primeras 9 h de imbibición, posterior a esto el peso ganado por las semillas disminuye entre las 9 y 12 h. No obstante, T4 entre las 6 h y 9 h su imbibición es reducida, y se incrementa a las 12 h.

Imbibición de semillas a las 24 h

En la Tabla 3, las semillas no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos a las 3 h de imbibición; cuyos valores se encuentran entre 0.04 ± 0.01 g y 0.10 ± 0.05 g. A las 6 h, el T1 con 0.16 ± 0.03 g alcanzó el más alto valor respecto a los demás tratamientos. A las 9 h, el T1 con 0.21 ± 0.03 g fue significativamente superior a los demás tratamientos. A las 12 h, T2 con 0.30 ± 0.03 g y T5 con 0.28 ± 0.04 g presentaron los mayores valores sin diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. A las 18 h, T2 con 0.30 ± 0.02 g fue significativamente superior a los demás tratamientos. A las 24 h, los tratamientos no presentaron diferencias. Se observó para ambos tiempos de imbibición de 12 h y 24 h, un incremento exponencial del peso de las semillas (20 semillas pesadas) en las primeras 9 h, posterior a este tiempo la absorción del agua e incremento del peso disminuyó. Resultados similares fueron obtenidos por Do Nascimento *et al.* (2022) en

Tabla 2. Agua absorbida (g) de 20 semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* L.) var. Criolla a 12 horas de imbibición.

Tratamiento	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas
T1 Azufre (25 g/10 L)	0.14±0.06 a	0.28±0.03 a	0.32±0.02 a	0.32±0.01 a
T2 Azufre (50 g/10 L)	0.09±0.03 ab	0.15±0.02 de	0.22±0.04 c	0.29±0.04 a
T3 Biol 3%	0.07±0.01 ab	0.12±0.02 e	0.29±0.02 ab	0.30±0.03 a
T4 Biol 5%	0.04±0.03 b	0.12±0.01 e	0.14±0.01 d	0.20±0.01 b
T5 Canela (25%)	0.12±0.05 a	0.26±0.03 a	0.30±0.02 ab	0.31±0.02 a
T6 Canela (50%)	0.14±0.02 a	0.20±0.04 bc	0.28±0.04 ab	0.31±0.03 a
T7 Suero de leche (25%)	0.14±0.04 a	0.26±0.02 a	0.27±0.02 b	0.29±0.02 a
T8 Suero de leche (50%)	0.14±0.04 a	0.19±0.04 cd	0.30±0.02 ab	0.31±0.02 a
T0 Testigo	0.12±0.08 a	0.24±0.07 ab	0.28±0.01 ab	0.30±0.01 a

(*) Letras distintas en cada columna muestra la existencia de diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Tabla 3. Agua absorbida (g) de 20 semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* L.) var. Criolla a 24 h de imbibición.

Tratamiento	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	18 horas	24 horas
T1 Azufre (25 g/10 L)	0.09±0.03 ab	0.16±0.03 a	0.21±0.03 a	0.24±0.03 abc	0.26±0.02 b	0.30±0.01 a
T2 Azufre (50 g/10 L)	0.05±0.03 bc	0.09±0.01 bc	0.15±0.02 bc	0.30±0.03 a	0.30±0.02 a	0.32±0.02 a
T3 Biol 3%	0.07±0.02 abc	0.13±0.03 abc	0.18±0.02 ab	0.24±0.03 abc	0.28±0.02 ab	0.30±0.01 a
T4 Biol 5%	0.10±0.05 a	0.14±0.04 ab	0.20±0.03 ab	0.27±0.03 bc	0.29±0.03 ab	0.31±0.02 a
T5 Canela (25%)	0.05±0.01 bc	0.09±0.02 bc	0.16±0.03 abc	0.28±0.04 a	0.29±0.04 ab	0.31±0.03 a
T6 Canela (50%)	0.06±0.03 abc	0.09±0.04 bc	0.15±0.05 bc	0.20±0.06 bc	0.26±0.04 ab	0.31±0.05 a
T7 Suero de leche (25%)	0.04±0.01 bc	0.08±0.03 c	0.12±0.03 c	0.26±0.06 ab	0.30±0.03 ab	0.31±0.01 a
T8 Suero de leche (50%)	0.04±0.02 c	0.09±0.03 bc	0.13±0.03 c	0.18±0.01 c	0.29±0.01 ab	0.30±0.01 a
T0 Testigo	0.05±0.03 bc	0.12±0.02 abc	0.17±0.02 abc	0.24±0.02 ab	0.28±0.02 ab	0.30±0.01 a

(*) Letras distintas en cada columna muestra la existencia de diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

P. edulis f. *flavicarpa* quienes observaron que mayor absorción de agua se presentó a las 9 h con un incremento del 15.19%. No obstante, difieren de los resultados obtenidos por Paiva *et al.* (2006) en *Swietenia macrophylla* donde se identificó una fase de absorción de agua (imbibición) exponencial en los primeros treinta minutos de inmersión, por parte de su cubierta seminal, la cual almacena agua rápidamente, para garantizar el crecimiento del embrión. Análogamente, Mei y Song (2008) investigaron los procesos fisiológicos y morfológicos durante la imbibición de semillas de maíz (*Zea mays*), demostrando que existe un aumento muy notorio del peso de las semillas durante las primeras 6 h, y luego viene un incremento de peso lento. Además, el tratamiento con menor peso ganado al finalizar las 12 h de imbibición es el T4 (Biol al 5%). Asimismo, Castro-Barrales *et al.* (2019), mencionan que algunas semillas como: *Lepidium sativum* y *Raphanus sativus*, son sensibles a la presencia de compuestos bioactivos o metabolitos presentes en productos orgánicos como el humus líquido o la vermicomposta, los cuales actúan como inhibidores de la germinación impidiendo la multiplicación celular, hidratación de proteínas, cambios internos y la producción de macromoléculas. Araújo *et al.* (2013) indican que la germinación es un factor determinante en el ciclo fenológico del cultivo; la cual se ve directamente relacionado con la

imbibición (absorción) del agua, rehidratando de esta manera los tejidos, iniciando la respiración celular y actividades metabólicas; dando comienzo de esta manera al desarrollo embrionario. Asimismo, incrementa el porcentaje de germinación.

Tasa de imbibición (TI)

En la Tabla 4, los valores de tasa de imbibición de las semillas que fueron expuestas a los tratamientos durante 12 h alcanzaron valores entre 87.05±6.10% y 103.46±8.44% sin diferencias significativas; sin embargo, el T4 presentó el menor valor con 62.32±6.71%. A las 24 h, los tratamientos no presentaron diferencias significativas con valores entre 89.96±3.29% y 103.56±11.49%. Resultados similares fueron obtenidos por Natera *et al.* (2008) quienes encontraron una TI de 51% en semillas de maíz (*Zea mays*) imbibidas durante 8 h en agua, en semillas de caraota (*Phaseolus vulgaris*) alcanzó el valor más alto de TI con 135% con 12 h de imbibición, y en semillas de quinchoncho o frijol de palo (*Cajanus cajan*) imbibidas durante 8 h obtuvieron 63% de TI, demostrando de esta manera que a mayor tiempo de exposición, las semillas absorben más agua. Asimismo, Moncada *et al.* (2019) demostraron la variación de la TI de diferentes variedades de maíz (*Zea mays*) después de 36 h de imbibición, el valor más alto

Tabla 4. Tasa de imbibición (TI), primer día de germinación (PDG), porcentaje de germinación (PG), velocidad de germinación (VG) e índice de germinación (IG) de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) var. criolla a 12 y 24 h de imbibición.

Tratamiento	Tasa de imbibición (%)		Primer día de Germinación		Porcentaje de Germinación (%)		Velocidad de Germinación (semillas día ⁻¹)		Índice de Germinación	
	12 h	24 h	12 h	24 h	12 h	24 h	12 h	24 h	12 h	24 h
T1 Azufre (25 g/10 L)	103.46±8.44 a	90.16±5.92 a	7.33±2.0 8 a	9.33±1.53 ab	53.33±5.77 bc	10.00±5.0 bc	0.90±0.44 ab	0.18±0.09 bc	3.83±0.76 bc	0.9±0.41 bcd
T2 Azufre (50 g/10 L)	88.80±13.73 a	103.56±11 49 a	6.0±1.0 abc	8.33±0.58 b	43.33±12.58 c	16.67±2.89 ab	0.84 ±0.41 b	0.31±0.05 ab	2.51±0.36 bcd	1.38±0.20 abc
T3 Biol 3%	93.28±13.64 a	93.08±7.39 a	4.67±0.5 8 bcd	10.33±1.1 5a	70.00±18.03a bc	8.33±5.77 c	1.32±0.36 ab	0.15±0.10 c	3.25±0.90 bcd	0.81±0.46 cd
T4 Biol 5%	62.32±6.71 b	99.50±15.4 0 a	6.67±1.1 5 ab	10.33±1.1 5 a	80.00±17.32 ab	8.33±5.77 c	1.50±0.29 a	0.15±0.10 c	5.27±0.94 a	0.81±0.46 cd
T5 Canela (25%)	97.14±9.40 a	99.32±12.5 3 a	5.00±1.0 0 abcd	8.33±0.58 b	78.33±10.40 ab	21.67±7.64 a	1.39±0.23 ab	0.39±0.14 a	3.88±1.43 ab	1.78±0.55 a
T6 Canela (50%)	95.53±16.00 a	95.69±20.1 6 a	3.67±1.5 3 cd	8.67±0.58 b	85.0±15.0 a	16.67±2.89 ab	1.49±0.37 a	0.3±0.05 ab	2.97±0.84 bcd	1.43±0.14 ab
T7 Suero de leche (25%)	87.05±6.10 a	97.11±8.40 a	3.33±0.5 8 d	10.67±0.5 8 a	68.33±27.54a bc	8.33±2.89 c	1.22±0.78 ab	0.15±0.05 c	2.23±0.75 d	0.88±0.29 bcd
T8 Suero de leche (50%)	98.54±13.55 a	89.96±3.29 a	4.00±1.7 3 cd	10.67±0.5 7 a	65.00±15.0 abc	5.00±0.0 c	1.22±0.28 ab	0.10±0.09 c	2.45±0.53 cd	0.53±0.03 d
T0 Testigo	93.15±8.82 a	90.85±5.19 a	3.67±0.5 8 cd	8.33±0.58 b	70.00±18.00 abc	23.33±2.88 a	1.39±0.27 ab	0.42±0.05 a	2.50±0.26 bcd	1.93±0.11 a
Valor-P	0.016	0.80	0.017	0.005	0.124	0.005	0.24	0.0005	0.0052	0.0008

(*) Letras distintas en cada columna muestra la existencia de diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

(96.8 %) fue obtenido por el maíz cariaco el cual posee un endospermo suave, seguido del maíz normal con endospermo almidonoso (71.9%), maíz dulce que tiene endospermo translúcido (49.4%) y el valor más bajo con 35.4% de TI fue alcanzado por la variedad de maíz cotufa, el cual presenta un endospermo duro, concluyendo de esta manera que el tipo de endospermo influye en la acumulación o absorción de agua por parte de las semillas. Dostert *et al.* (2018) en su trabajo realizado en semillas de *Krameria lappacea* imbibidas durante 24 h con y sin escarificación mediante la ruptura de su cubierta externa, indican que las semillas imbibidas sin escarificación obtuvieron una baja TI con 38%, mientras que las semillas con escarificación presentaron una TI promedio de 95%, destacando de esta manera la importancia de realizar tratamientos pregerminativos de escarificación que favorezcan la absorción de agua.

Porcentaje de Germinación (PG)

En la Tabla 4, a las 12 h de imbibición el mayor PG se observa en T6 con $85.0 \pm 15.0\%$ siendo significativamente superior a los demás tratamientos; seguidos de T4 con $80.00 \pm 17.32\%$ y T5 con $78.33 \pm 10.40\%$ sin diferencias significativas. En la Tabla 4, a las 24 h de imbibición, los tratamientos T1 ($23.33 \pm 2.8\%$) y T5 ($58.33 \pm 2.89\%$) presentaron los mayores PG sin diferencias significativas. No obstante, se muestra que una mayor concentración del extracto de canela y biol (biofertilizante líquido) y aún menor tiempo de imbibición incrementan el PG. Resultados diferentes fueron obtenidos por Zaragoza *et al.* (2021), quienes indican que semillas de maíz tratadas con extracto de canela al 10% durante 18 h; incrementaron significativamente su germinación hasta un 93%; sin embargo, al 100% del extracto de canela el PG disminuye a 53%, observando el efecto del extracto como estimulante en la germinación. Además, Nuñez (2020) menciona que el efecto de extractos vegetales a base de canela en semillas de poroto (*Erythrina edulis*) incrementó la emergencia en un 52% respecto al testigo; demostrando de esta manera, la capacidad del extracto vegetal sobre el rompimiento de la latencia de las semillas.

Por otra parte, el T4 (biol 5%) durante 12 h de imbibición presentó un 80% de PG, estos resultados difieren a los obtenidos por Díaz (2017), en semillas de algodón (*Gossypium barbadense*) remojadas en biol o biofertilizante líquido 5% con un PG de 65%, comparadas con el tratamiento con biol 10% el cual disminuye el PG a 53%. Asimismo, en lechuga (*Lactuca sativa*) la germinación fue superior en el biol 2% con un PG de 67%, frente a una concentración de biol 4% con un PG de 55%. Cabe mencionar la presencia de fitohormonas como: ácido giberélico, citoquininas y

auxinas, en el biol o biofertilizante líquido los cuales estimulan la germinación de las semillas.

Semillas de col rizada (*Brassica oleracea* var. Sabellica) tratadas con biol 50% obtuvieron 77.65% de PG siendo significativamente superior al tratamiento de biol (25%) con un PG de 54.6% (Valencia *et al.*, 2022). Menéndez *et al.* (2022) en su investigación realizada en semillas de café arábigo (*Coffea arabica* L.) var. Sarchimor obtuvieron con la aplicación de *Trichoderma* sp., lixiviados de estiércol bovino y microorganismos de montaña resultados favorables en la germinación y desarrollo de las plántulas de café, los cuales aportan nutrientes, fitohormonas y ácidos fúlvicos con efecto bioestimulante.

Tejeda (2018) menciona el efecto del biol o biofertilizante líquido sobre la germinación del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L), favoreciendo la germinación de las semillas, como resultado del contenido de metabolitos como hormonas, enzimas, ácidos húmicos y vitaminas que participan en la activación del metabolismo de las semillas (Chanduví-García *et al.*, 2023; Galecio-Julca *et al.*, 2023). Por otro lado, García-Orellana *et al.* (2016) encontró que la germinación de semillas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) var. hoja de lechuga alcanzó un 77.62% de PG cuando se aplicó fertilizante orgánico líquido a base de microalgas en su más alta concentración (100%), mientras que a una concentración menor (50%) obtuvieron un PG de 72.22%.

Salvador-Figueroa *et al.* (2005) evaluaron el efecto de cinco tiempos de inmersión completa: 24, 48, 72, 96 y 120 h, de semillas de papaya en agua sobre su germinación, encontrando que los mejores resultados se obtuvieron a mayor número de horas de inmersión. A las 120 h de remojo obtuvieron un porcentaje de emergencia (PE) de 97.8%, seguido de 96 h (92.3%); mientras que a un tiempo de inmersión menor (24 h) se registró un 12.3% de PE. Medina *et al.* (2015) en su trabajo de investigación realizado en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) indican que el uso de biol favorece la germinación de semillas; sin embargo, se debe evitar el uso de altas concentraciones; ya que, concentraciones entre 10% y 100% perjudican el proceso germinativo de las semillas por el alto contenido de sales. Por otro lado, concentraciones de 0.1%, 0.01% y 1% mejoran el PG de las semillas en 98.9%, 98.0% y 98.9%, respectivamente.

Asimismo, los porcentajes de germinación son menores cuando el tiempo de imbibición es más prolongado (24 h) en comparación con un tiempo de 12 h de inmersión. Resultados similares fueron obtenidos por Njehoya *et al.* (2014) quienes indican que semillas de *Moringa oleifera* sometidas a 12 h de imbibición, el porcentaje de germinación fue de 90%;

mientras que a 24 h y 36 h la germinación sólo alcanzó el 15%, además, estos autores consideran que los tiempos de imbibición superiores a las 24 h favorecen la producción de inhibidores del proceso germinativo como: lecitinas, compuestos polifenólicos, saponinas, terpenos y alcaloides; que afectan considerablemente el porcentaje de germinación. Con el suero de leche se obtuvieron porcentajes de germinación de 63.3% a 12 h de imbibición y 45% a 24 h de imbibición. Jácome *et al.* (2023) en su trabajo de investigación utilizando lactofermento en semillas de avena (*Avena sativa* L.), obteniendo un porcentaje de germinación de 97.25% en las variedades INIAP-Fortaleza 2020 e INIAP-82. Estos mismos autores mencionan que el derivado lácteo estimula la germinación y desarrollo de las plántulas, ya que es una buena fuente de nutrientes como fósforo, potasio y calcio.

Velocidad de Germinación (VG)

En la Tabla 4, a las 12 h de imbibición los tratamientos no presentaron diferencias significativas cuyos valores se encuentran entre 0.84 ± 0.41 y 1.50 ± 0.29 semillas germinadas por día. A las 24 h de imbibición, los tratamientos T1 y T5 presentaron los mayores valores de VG con 0.42 ± 0.05 y 0.39 ± 0.14 semillas germinadas por día, respectivamente; sin diferencias significativas. Suárez y Mosquera (2021) reportan en semillas de moringa, *M. oleifera*, un mayor índice de velocidad de germinación en los tratamientos: T3 (Solución de humus de lombriz) con 4.21 plántulas día⁻¹ y T2 (Solución de estiércol de conejo), con 4.12 plántulas día⁻¹; mostrando el efecto positivo de los fertilizantes orgánicos en la velocidad de germinación. Batista *et al.* (2017) mencionan que la germinación de semillas se activa a través de bioestimulantes, los cuales desencadenan una serie de reacciones metabólicas importantes en la germinación y desarrollo morfofisiológico de las plántulas, permitiendo una mejor toma de los nutrientes. Mendivil-Lugo *et al.* (2020), mencionan que la aplicación del abono orgánico bocashi a base de pulpa de mango-estiércol bovino-suelo (1:1:1 p/p/p) y el bocashi a base de pulpa de plátano -estiércol bovino-suelo (1:1:1 p/p/p), los valores de VG fueron 7.29 y 7.06 plántulas día⁻¹, ya que este producto promueve la multiplicación celular de la radícula, obteniendo de esta manera plántulas más fuertes y vigorosas.

Índice De Germinación (IG)

En la Tabla 4, a las 12 h de imbibición el tratamiento T4 fue significativamente superior a los demás tratamientos con 5.27 ± 0.94 . A las 24 h de imbibición, T1 (1.93 ± 0.11) y T5 (1.78 ± 0.55) presentaron los mayores valores de IG sin diferencias significativas. Semillas de café, *Coffea arabica* var. Catuaí rojo,

tratadas con escarificación mecánica más dos tiempos de imbibición de 24 y 48 h obtuvieron IG de 328.15 y 364.23, respectivamente; no obstante, sin escarificación el IG fue de 5.28 y 14.72 respectivamente (Coa *et al.* 2014). Llivicura *et al.* (2021), destacaron el uso de productos orgánicos como vermicompost en la germinación de semillas de *Brassica oleracea*, mejoran el IG aun en condiciones de suelo sódico con un IG de 1.12 y T4 (Suelo sódico + Vermicompost + Lixiviado) con 17.2 de IG. Además, en suelos salinos presentaron un IG de 3.2 y 4.5.

Primer Día de Germinación (PDG)

En la Tabla 4, a las 12 h de imbibición el T7 inició la germinación en un menor tiempo con 3.33 ± 0.58 PDG, seguido de T6 (3.67 ± 1.53 d) y T0 (3.67 ± 0.58 d), sin diferencias significativas entre sí. Sin embargo, T1, T2 y T4 son los tratamientos con una germinación lenta con 7.33 ± 2.08 , 6.0 ± 1.0 y 6.67 ± 1.15 d, respectivamente. A las 24 h, los tratamientos T0, T2, T5 y T6 iniciaron su germinación a los 8 d; sin embargo, los tratamientos restantes presentaron una germinación lenta e inicio a partir del día 9. Los resultados indican que, a un menor tiempo de imbibición de 12 h, las semillas inician su germinación en un menor tiempo (3.33 ± 0.58 PDG), comparadas con un tiempo de imbibición durante 24 h cuyo PDG se atrasó (8.33 ± 0.58 d). Meza y Bautista (2007) indican que semillas de *Psidium guajava*, a 24 y 48 h de imbibición la germinación inició a los 7 d. No obstante, en las semillas no imbibidas la germinación se presentó a los 8 d. Barreto *et al.* (2007) inocularon semillas de *Anacardium excelsum* con *Bacillus licheniformis* reportando el PDG a los 5 d posterior a la siembra, seguido de aquellas semillas tratadas con *Pseudomonas putida* cuyo inicio de germinación fue a los 6 d y a los 8 d en semillas tratadas con *Pseudomonas fluorescens*, comparadas con el testigo cuyo inicio de germinación fue a los 12 d. Méndez y Perez (2008) indican que en semillas de *Echinopsis leucantha* la germinación presenta variaciones de acuerdo a la temperatura; el PDG fue al cuarto día a 27°C, mientras que a 20 °C el inicio de germinación ocurrió al séptimo día.

Análisis de correlaciones y componentes principales

En la Figura 1, se muestran correlaciones positivas altamente significativas ($p \leq 0.001$) entre los parámetros evaluados. El PG con VG ($r = 0.99$; $p \leq 0.001$), IG ($r = 0.80$; $p \leq 0.001$) mostrando que la VG y IG determinan el PG. Asimismo, se obtiene una correlación altamente negativa VG con PDG ($r = -0.87$; $p \leq 0.001$) indicando que la VG no depende del PDG.

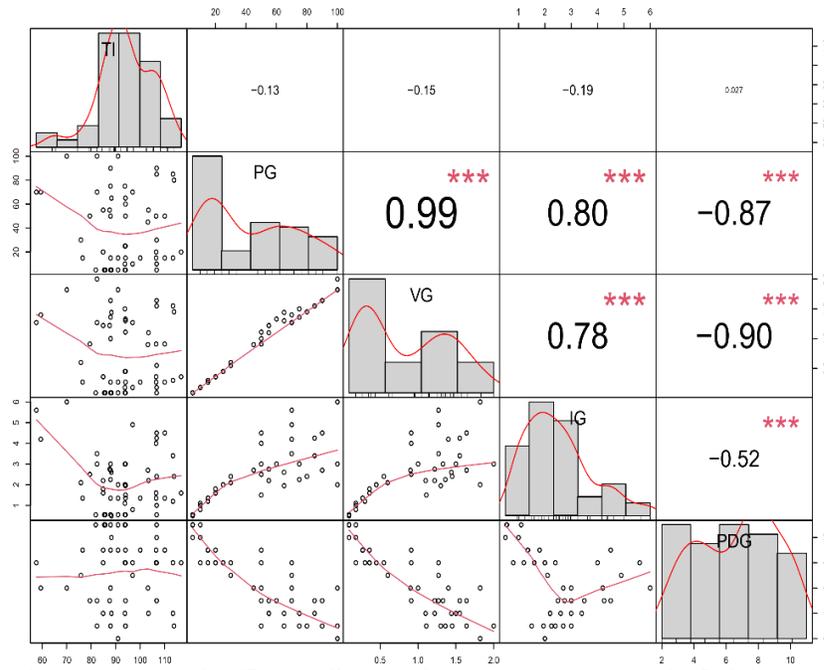


Figura 1. Análisis de correlación de “Pearson” entre los parámetros: tasa de Imbibición (TI), porcentaje de germinación (PG), velocidad de germinación (VG), índice de germinación (IG), primer día de germinación (PDG). $p \leq 0.05$ (* débil diferencia significativa); $p \leq 0.01$ (** moderada diferencia significativa); $p \leq 0.001$ (***) fuerte diferencia significativa); $p > 0.05$ (ns-no significativa).

En la Figura 2, se presenta el porcentaje de variabilidad de cada dimensión, en donde se puede observar la dimensión 1 con 69.4% y dimensión 2 con 20%, y

ambas explican el 89.40% de la variabilidad total. En el análisis de componentes principales “ACP”, las variables que más contribuyen con la dimensión 1 son:

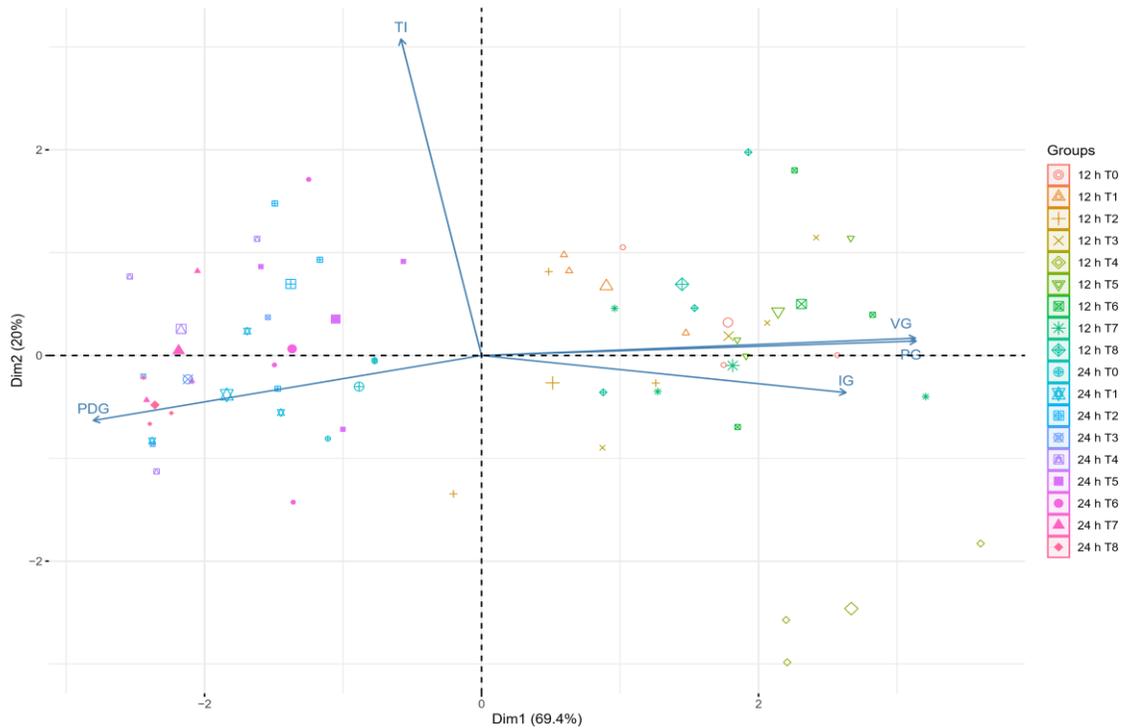


Figura 2. Análisis de componentes principales de las variables de germinación de las semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) var. Criolla

PG (porcentaje de germinación), VG (velocidad de germinación) y PDG (primer día de germinación), y en la dimensión 2: TI (tasa imbibición) (Figura 2). Castillo *et al.* (2020) indican que semillas de maracujá morada, *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*, presentan una correlación positiva ($r = 0.547$) entre el porcentaje de germinación y el peso de semillas frescas; cuyos resultados difieren de los obtenidos en este estudio con la ganancia de peso determinado por la tasa de imbibición (TI) cuya correlación es negativa y no significativa ($r = -0.13$; $p > 0.05$). Por otro lado, Martínez-Solis *et al.* (2010) menciona una correlación positiva ($r = 0.68^{**}$; $p \leq 0.01$) en la germinación de líneas de maíz entre las variables: PEM (porcentaje de emergencia) e IVE (índice de velocidad de emergencia), señalando de esta manera que a mayor PG mayor es el VS (vigor de la semilla). Asimismo, Guy y Black (1998) indican que las semillas sometidas a un estrés de T° (temperatura) y HR (humedad relativa) reducen la viabilidad de la semilla y la formación de la radícula. Sosa-Luría *et al.* (2012) indica la existencia de una correlación positiva y significativa ($r = 0.68^{**}$; $p \leq 0.01$) entre PG (porcentaje de germinación) y el PSE (porcentaje de semilla estructurada), mostrando de esta manera que a mayor PG mayor PSE.

CONCLUSIONES

La mayor absorción de agua de semillas se presentó entre las nueve primeras horas. Los tratamientos T6, T4 y T5 a 12 h presentaron los mejores resultados de imbibición mejoraron las variables evaluadas; sin embargo, estos valores disminuyeron con 24 h de imbibición. El PG presentó una alta correlación positiva con VG, IG indicando de esta manera una relación directamente proporcional entre estas. Asimismo, la VG presentó una correlación altamente negativa con PDG.

Acknowledgement

To Mr. Feliciano Poicón for his logistical support.

Funding. All authors declare not having received any funding in the development of our research.

Conflict of interest. All authors declare not having any conflict of interest in this article that has affected the performance of the same.

Compliance with ethical standards. Do not apply

Data availability. Data is available with the corresponding author upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). M. Ruesta-López - Methodology, Supervision, Writing –

review & editing, L. Zurita-Chinguel- Methodology, Supervision., M. Lizano-Pintado - Methodology, Supervision., M. Delgado-Vite, Data curation, Supervision., D. Zapata-Durand - Data curation, Supervision., J. Jiménez-Castillo - Methodology, Supervision., R. Peña-Castillo - Conceptualization, Data Curation, Methodology, Editing. M. Galecio-Julca - Writing – review & editing., R. Chanduví-García - Writing – review & editing., A. Morales-Pizarro - Formal analysis, Conceptualization, methodology, Writing – review & editing.,

REFERENCES

- Andrade-Rodríguez, M., Ayala-Hernández, J.J., Alia-Tejagal, I., Rodríguez-Mendoza, H., Acosta-Durán, C.M. and López-Martínez, V., 2008. Effect of germination promoters and substrates in the development of papaya seedlings. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(4), pp. 617-635. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182008000400002&script=sci_abstract&lng=en
- Araujo, M.M.V., Fernandes, D.Á. and Camili, E.C., 2016. Emergência e vigor de sementes de maracujá amarelo em função de diferentes disponibilidades hídricas. *Uniciências*, 20(2), pp. 82-87. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2016v20n2p82-87>
- Arias, F.C. and García-Rico, R., 2006. Evaluación in vitro del efecto bactericida de extractos acuosos de laurel, clavo, canela y tomillo sobre cinco cepas bacterianas patógenas de origen alimentario. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 4(2), pp.13-19. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90340202.pdf>
- Arias-Suárez, J.C., Ocampo-Pérez, J.A. and Urrea-Gómez, R., 2014. The natural pollination in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) as a reproductive and ecosystem service. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), pp. 73-83. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v25n1/a08v25n1.pdf>
- Barreto, D., Valero N., Muñoz A. and Peralta A., 2007. Efecto de microorganismos rizosféricos sobre germinación y crecimiento temprano de *Anacardium excelsum*. *Zonas áridas*, 11(1), pp. 240-250. <https://doi.org/10.21704/ZA.V11I1.219>

- Batista, D., Murillo, B., Nieto, A., Alcaráz, L., Troyo, E., Hernández, L. and Ojeda, C., 2017. Mitigation of NaCl by effect of a biostimulant in the germination of *Ocimum basilicum* L. *Terra Latinoamericana*, 35(4), pp. 309-320. <http://dx.doi.org/10.28940/terra.v35i4.317>
- Bautista-Calles, F., Carrillo-Castañeda, G. and Villegas-Monter, Á., 2008. Recuperation of the high germinability condition of papaya seed through priming technology and bioregulators. *Agrociencia*, 42(7), pp. 817-826. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000700008&lng=es&tlng=en.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. and Ferrante, A., 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(1), pp. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
- Castillo, N. R., Melgarejo, L. M. and Blair, M. W., 2020. Seed structural variability and germination capacity in *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. *Frontiers in Plant Science*, 11, pp. 498. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00498>
- Castro-Barrales, S., Totosaus-Sánchez, A. and García-Martínez, I., 2019. Auxin-like in liquid humus. *Agroproductividad*, 12(6), <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1387>
- Chanduví-García, R., Sandoval-Panta, M.A., Peña-Castillo, R., Javier-Alva, J., Álvarez, L.A., Quiroz-Calderón, M.V. and Morales-Pizarro, A., 2023. Biofertilizante y su Correlación entre Parámetros Productivos y de Calidad en Limón Sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Terra Latinoamericana*, 41, pp. e1685. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1685>
- Coa, M., Mendez, J.R., Silva, R. and Mundarain, S., 2014. Evaluation of chemical and mechanical methods to promote the seed germination and production of match seedlings of coffee (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. *Idesia*, 32(1), pp. 43-53. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100006>
- Constantino, M., Álvarez, R.G., Álvarez-Solís, J.D., Pat-Fernández, J. and Espín, G., 2010. The effect of biofertilisation and bioregulators on *Carica papaya* L. germination and growth. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), pp. 103-115.
- Díaz, A.J., 2017. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en la germinación de semillas. *Tesis de maestría*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20500.12996/2792>
- Do Nascimento, G. R., Lopes, J. C. and Alexandre, R. S., 2022. Biometria e embebição de sementes de *Passiflora* spp. submetidas a tratamentos para superação de dormência tegumentar. *Research, Society and Development*, 11(2), pp. e58911226107-e58911226107. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.26107>
- Dostert, N., Cáceres, F., Brokamp G. and Weigend, M., 2018. Propagación *in situ* de *ratania-Krameria lappacea* (Krameriaceae): Factores limitantes de la propagación natural y efectos de resiembra. *Revista Peruana de Biología*, 25(1), pp. 29-34. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i1.14345>.
- Escobar-Álvarez, J. L., Ramírez-Reynoso, O., Saguilán P. C., Gutiérrez-Dorado, R., De los Ángeles Maldonado-Peralta, M. and Valenzuela-Lagarda J. L., 2021. Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), pp. 1-10. <https://doi.org/10.19136/era.a8nI.2963>
- Finch-Savage, B., 2013. Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3rd edition) - J.D. Bewley, K.J. Bradford, H.W.M. Hilhorst H. Nonogaki. 392 pp. Springer, New York – Heidelberg – Dordrecht–London 2013 978-1-4614-4692-7. *Seed Science Research*, 23(4), pp. 289-289. <https://doi.org/10.1017/S0960258513000287>
- Galecio-Julca, M., Neira-Ojeda M., Chanduví-García, R., Peña-Castillo, R., Álvarez-Bernaola, L. A., Granda-Wong, C. and Morales-Pizarro, A., 2023. Effect of native microorganism efficacy and compost in three altitudinal zones on quinoa crop (*Chenopodium quinoa*) variety INIA 415-Pasankalla. *Terra*

- Latinoamericana*, 41, pp. 1-12.
<https://doi.org/10.28940/terra>
- García-Orellana, Y., Soto, G., Tafur, V., Simbaña, A., Tello, E. and Brito J., 2016. Efecto de un fertilizante orgánico microalgal en la germinación y crecimiento de plántulas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 34, pp. 33-39.
<http://200.11.218.106/index.php/ruct/article/view/259/247>
- Gutiérrez, M. I., Miranda, D. and Cárdenas-Hernández, J.F., 2011. Effect of pre-germination treatments on the germination of seeds of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.), sweet granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) and cholupa (*Passiflora maliformis* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2), 209-219.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i2.1268>
- Gutiérrez-Gutierrez, O.G, Rivero-Hernández, O., Vega-Mares J.H. and Melgoza-Castillo, A., 2022. Germination patterns on grasses present at the Chihuahuan Desert. *Botanical Sciences*, 100(4), pp. 989-999.
<https://doi.org/10.17129/botsci.3007>
- Guy, P.A. and Black, M. 1998. Germination-related proteins in wheat revealed by differences in seed vigour. *Seed Science Research*, 8(2), pp. 99-112.
<https://doi.org/10.1017/S0960258500003998>
- IBM SPSS Statistics., 2017. Statistical Package for the Social Sciences User's Guide. version 25. Armonk, NY, USA: IBM Corp.
- Jácome, C.S.J., Guerrero, V.A.L., Quevedo, K.P.M. and Jaguaco, A.M.C., 2023. Comportamiento agronómico de avena (*Avena sativa* L.) variedades INIAP-FORTALEZA 2020 e INIAP-82. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista.*, 5(2), pp. 7-7.
<https://www.dateh.es/index.php/main/article/view/192>
- Kearney, M.I., Cerioni, G.A, Stefani, R., Morla, F. D, Giayetto, O., Rosso M. B. and Argentina, S., 2011. Bioestimulante aplicado a la semilla de maní sobre la emergencia, el rendimiento y la calidad. *Jornada Nacional de Maní*.
<http://www.ciacabrera.com.ar/docs/JORNA DA%2026/Microsoft%20Word%20-%2033-%20Kearney-Cerioni-Stefani-%20Stoller-%20UNRCI1.pdf>
- Llivicura, M.F, Rodriguez, J. H., Vásquez, L.M., Piña, J.C., Rocano, M.S. and Díaz, M.D., 2021. Influence of vermicompost and leakage on the germination of vegetables in a sodic soil. *Journal of Science and Research*, 6(2), pp. 186-201.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5517938>
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci*, 2, pp. 176-177.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Martínez-Solis, J., Virgen-Vargas, J., Peña Ortega, M.G. and Santiago Romero, A., 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), pp. 289-304.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n3/v1n3a2.pdf>
- Medina, A., Quipuzco, L. and Juscamaita, J., 2015. Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales científicos*, 76(1), pp. 116-124.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171095>
- Mei, Y. and Song, S., 2008. Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds. *Agricultural Sciences in China*, 7(8), pp. 950-957.
[http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927\(08\)60134-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927(08)60134-0)
- Melgarejo, L. M., 2012. *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/1145>
- Méndez, E. and Perez S.B., 2008. Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae): Efectos de temperaturas y concentración de calcio. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 10(2), pp. 91-96.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/99724/T40_2_09.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A. D., Ruelas-Ayala, R.D. and

- Félix-Herrán, J. A., 2020. Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotecnia*, 22(1), pp. 17-23. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1120>
- Menéndez, J., Ardisana, E., García, A. and Téllez, O., 2022. Germinación de *Coffea arabica* L. var. Sarchimor con bioestimulantes y efecto posterior de estos sobre el crecimiento de plántulas. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, pp. 27-36. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0
- Meza, N. and Bautista, D., 2007. Morfología de semillas de guayabo (*Psidium guajava* L.), germinación y emergencia después del remojo en agua. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(1), pp. 265-270. https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl_mayo_2007/v24supl46.pdf
- MIDAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego), 2021. *Análisis de mercado 2015-2020*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1056>
- Miranda, D., Perea, M. and Magnitskiy, S., 2009. Propagación de especies pasifloráceas. En Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. (págs. 69-96). Bogota.
- Moncada, Y., Marrero, C. and Salazar, P., 2019. Imbibición de semillas de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 37, pp. 46-53. <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/56969.pdf?sequence=1>
- Morales, G., y Camacho, M. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. *II Reunión Nacional sobre plantaciones Forestales. INIF/SARH Publicación Especial*, 48.
- Morales Pizarro, A., Rivas Chero, A. A., Zapata Córdova, A. C., García Guevara, E., Ruesta López, M. and Peña-Castillo, R., 2023. Efecto de diferentes dosis de ácido giberélico en la germinación de papaya (*Carica papaya* L.) variedad criolla. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(3), 392-400. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-35EDAM60035>
- Natera, J.R., Pinto, J.F, Zerpa, M.Z. and Bolívar, C.E., 2008. Efecto de la colocación de semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en papel toallín (enrollados y sin enrollar) sobre la germinación y el vigor. *UDO Agrícola*, 8(1), pp. 67-71. <http://udoagricola.orgfree.com/V8UDOAgV8Mendez67.htm>
- Njehoya, C., Bourou, S., Awono, P. and Bouba, H., 2014. Evaluación del potencial de germinación de *Moringa oleifera* en la zona sudano-guineana de Camerún. *Revista de Biociencias Aplicadas*, 74, pp. 6141-6148. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v74i1.5>
- Núñez, D., 2020. Formulación de dos enraizantes orgánicos a base de canela y lenteja para la producción de poroto (*Erythrina edulis*) con fines de restauración ambiental en la parroquia el triunfo en el periodo 2019-2020. *Tesis de pregrado*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7098>
- Paiva, E., Lemos-Filho, J., Oliveira, D., 2006. Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) seeds: the role of stomata. *Annals of Botany*, 98(1), pp. 213-217. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcl090>
- Pooja, G. and Honnabyraiah, M., 2022. Impact of pre-sowing seed treatments on germination and seedling growth of different fruit crops: a review. *Pharma Innovation Journal*, 11, pp. 470-478. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue4/PartG/11-3-413-531.pdf>
- Ranal, M.A. and Santana, D.G.D., 2006. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, 29, 1-11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- R Core Team 2020. R. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Rojas-Romaní, D., Calixto-Cotos, M.R. and Apaza, F.S., 2021. Aprovechamiento de los residuos del fruto de *Passiflora tripartita*. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), pp. 445-453.

- <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.049>
- Salvador-Figueroa, M., Adriano-Anaya, M. D. and Becerra-Ortiz, C., 2005. Efecto del remojo en agua sobre la germinación de semillas de papaya var. Maradol. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), pp. 27-30. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2003.01.011>
- Sánchez J. A., Orta, R. and Muñoz, B. C., 2011. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*, 25(1), pp. 67-91. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43625107.pdf>
- Da Silva, A. L., Hilst, P. C., dos Santos Dias, D. C. F. and Rogalski, M., 2019. Superação da dormência de sementes de *Passiflora elegans* Mast., Passifloraceae. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 14(3), 406-411. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7155661>
- Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias., 2022. Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzEzNTU2MmUtY2EzZC00YjQ2LTg5YzUtYzJjODRhZjg5NGY5IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Sosa-Luría, D., Chávez-Servia, J. L., Mondragón-Chaparro, D., Estrada-Gómez, J. A. and Ramírez-Vallejo, P., 2012. Viabilidad y germinación de semillas de seis especies de *Tillandsia* (Bromeliaceae) de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), pp. 37-42.
- Sousa, M.J. and Malcata, F.X. 1998. Identification of peptides from ovine milk cheese manufactured with animal rennet or extracts of *Cynara cardunculus* as coagulant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, pp. 4034-4041. <https://doi.org/10.1021/jf980188u>
- Suárez, A. C. and Mosquera, E. A., 2021. Producción de hidroforraje de moringa (*Moringa oleifera*, Lam) con el uso de diferentes soluciones nutritivas a partir de sustratos orgánicos y mineral. *Ojeando la Agenda*, 53, pp. 4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6501350>
- Tejeda, A., 2018. Evaluación de la influencia de la aplicación de Humus de lombriz líquido y Microorganismos Eficientes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) bajo condiciones de secano. *Trabajo de investigación*. Universidad de Holguin. <https://repositorio.uho.edu.cu/handle/uho/8945>
- Valencia, D., Choque, L. and Tinco, E., 2022. Evaluación de la col rizada (*Brassica oleracea* var. *Sabellica*) a diferentes volúmenes de sustrato y concentraciones de biol. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 6(1), pp. 22-27. <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/119>
- Zaragoza, S.E, Gaona, Á.A., González, S.I., Núñez, S.A, Dávila, J. G. and Báez, O.L., 2021. Osmoconditioning of *Zea mays* seeds with plant extracts to increase vigor in establishment. *Ciencia y Agricultura*, 18(1), 21-35. <http://dx.doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.12019>