

EFFECTO DE DIFERENTES AMBIENTES DE CÁMARAS GERMINATIVAS ARTESANAL SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PORTAINJERTO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) EN LA PARROQUIA LODANA DEL CANTÓN SANTA ANA

EFFECT OF DIFFERENT ENVIRONMENTS IN HOMEMADE GERMINATION CHAMBERS ON THE GERMINATION AND GROWTH OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) ROOTSTOCK IN THE LODANA PARISH OF SANTA ANA CANTON

Joffre Daniel Pincay Menendez^{1*}

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Carrera Agropecuaria. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1917-1894>. Correo: joffre.pincay@unesum.edu.ec

Erika Daniela Sancan Jalca²

² Consultora Independiente. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>. Correo: sancanericka40@gmail.com

Ronel Fernando Solórzano Alcívar³

³ Ministerio de Desarrollo Económico y Productivo/ Ministerio de Agricultura y Ganadería. Portoviejo, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3135-5467>. Correo: rsolorzano@mag.gob.ec

Eric Gabriel Narvaez Gencon⁴

⁴ Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9903-3140>. Correo: eric.narvaez@unesum.edu.ec

*** Autor para correspondencia: joffre.pincay@unesum.edu.ec**

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la termoterapia en la germinación y desarrollo de portainjerto de cacao (*Theobroma cacao* L.). En el ensayo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) compuesto de cinco tratamientos (T1) Cámara germinativa con plástico transparente, (T2) Cámara germinativa con plástico transparente perforado, (T3) Cámara germinativa con plástico transparente con

sombra de sarán (T4) Cámara germinativa con plástico oscuro y (T5) Germinación tradicional (Testigo). Las variables evaluadas fueron: días a la germinación (días), tasa de germinación semillas (%), tasa de mortalidad de plántula (%), altura de plántula (cm), diámetro del tallo (mm), índice de vigor o esbeltez, longitud de raíces (cm), peso fresco biomasa aérea (g), peso fresco biomasa radical (g), peso seco biomasa aérea (g), peso seco biomasa radical (g) e índice de calidad de Dickson. Los resultados mostraron que el T1 logró la emergencia más rápida (6 días), seguida de T2 y T3 (8 días), mientras que T5 tardó 9 días. El porcentaje de germinación superó el 97 % en las T1 y de T3, con mortalidad mínima ($\leq 2\%$), frente al 96,55 % y 3,45 % del T5. En cuanto al crecimiento, el T1 y de T3 produjeron plántulas más altas (41,5 cm) y con mayor índice de esbeltez; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en el diámetro del tallo entre los tratamientos. El T2 favoreció la mayor longitud de la raíz (38,2 cm), mientras que T1 generó la mayor biomasa total y el ICD más alto (0,73), indicando un crecimiento equilibrado y vigoroso. El uso de cámaras de plástico transparente, especialmente en combinación con sarán o perforaciones para ventilación, acelera la germinación y mejora la calidad de las plántulas de cacao.

Palabras clave: Germinación; Mortalidad; Biomasa

Abstract

*The objective of this research was to evaluate the effect of thermotherapy on the germination and development of cacao rootstocks (*Theobroma cacao* L.). The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with five treatments: (T1) Germination chamber with transparent plastic, (T2) Germination chamber with perforated transparent plastic, (T3) Germination chamber with transparent plastic and zaram shade, (T4) Germination chamber with dark plastic, and (T5) Traditional germination (control). The evaluated variables included: days to germination, seed germination rate (%), seed mortality rate (%), seedling height (cm), stem diameter (mm), vigor or slenderness index, root length (cm), fresh aerial biomass (g), fresh root biomass (g), dry aerial biomass (g), dry root biomass (g), and Dickson's quality index (DQI). Results showed that T1 achieved the fastest emergence (6 days), followed by T2 and T3 (8 days), while T5 required 9 days. Germination percentage exceeded 97% in T1 and T3, with minimal mortality ($\leq 2\%$), compared to 96.55% germination and 3.45% mortality in T5. Regarding growth, T1 and T3 produced taller seedlings (41.5 cm) with higher slenderness indices; however, no significant differences were observed in stem diameter among treatments. T2 promoted the greatest root length (38.2 cm), whereas T1 generated the highest total biomass and the highest DQI (~ 0.73), indicating balanced and vigorous growth. The use of transparent plastic chambers, particularly when combined with zaram shading or perforations for ventilation, accelerates germination and improves the quality of cacao seedlings.*

Keywords: Germination; Mortality; Biomass

Fecha de recibido: 25/06/2026

Fecha de aceptado: 06/09/2026

Fecha de publicado: 09/09/2026

Introducción

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) múltiples dimensiones en el mundo, que van desde lo económico y cultural hasta lo ambiental. A nivel económico más de 5 millones de pequeños agricultores dependen del cultivo de cacao, especialmente en África Occidental (Costa de Marfil, Ghana), América Latina (Ecuador, Brasil, Perú) y Asia (Indonesia) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2023). En el mundo según datos de la FAO (2023), se registraron 11'654.929 hectáreas cultivadas con un rendimiento de 480.5 kg/ha y una producción de 5600100.42 toneladas.

La producción de cacao está presente en 23 de las 24 provincias del Ecuador, con una mayor concentración en la región Costa, específicamente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Esmeraldas. Esta actividad se desarrolla principalmente en Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) que cuentan con superficies de hasta 5 hectáreas. En los últimos años, tanto la producción como el rendimiento han mostrado una tendencia al alza, alcanzando su punto más alto en 2023, año en el que Ecuador se destacó como el país con la mayor productividad a nivel mundial (ESPAC, 2024).

Sin embargo, la fase de vivero enfrenta limitantes asociadas a estrés hídrico y térmico, así como a problemas fitosanitarios. Estudios de fisiología vegetal han demostrado que el cacao es altamente sensible al déficit hídrico, observándose reducciones marcadas de la fotosíntesis y respuestas de cierre estomático ante estrés severo; además, existe variabilidad entre clones comerciales en tolerancia y recuperación post-estrés (Osorio et al., 2021).

En paralelo, Lahive et al., (2021), demostraron que, la exposición a altas temperaturas puede comprometer el funcionamiento del fotosistema II y disminuir la capacidad fotosintética de plántulas; el sombreado mejora variables fisiológicas, aunque puede no compensar totalmente el efecto del calentamiento. Estos hallazgos respaldan la necesidad de manejar microambientes de vivero (sombra, humedad y temperatura) para asegurar calidad de plántula (Mensah et al., 2022).

En relación con la sanidad en vivero, enfermedades como la pudrición negra causada por *Phytophthora palmivora* representan un riesgo durante la etapa inicial. Se han propuesto métodos de inoculación controlada en plántulas para evaluar resistencia y manejar la enfermedad en condiciones de vivero, contribuyendo a la selección de material tolerante (Delgadillo et al., 2020). Asimismo, se ha reportado que el tratamiento de semillas y el manejo del sustrato con microorganismos benéficos como *Trichoderma spp.* puede favorecer la producción de plántulas y reducir problemas asociados a patógenos, dependiendo del aislado y el sistema de manejo (de Sousa et al., 2021; Harni et al., 2020).

En este marco, las cámaras germinativas artesanales (microtúneles o estructuras simples con cobertura plástica) se plantean como una alternativa de bajo costo para estabilizar temperatura y humedad durante la germinación. En propagación vegetativa, el uso de mini-túneles de polietileno ha mostrado alta supervivencia y eficiencia en enraizamiento en cacao, evidenciando el potencial de ambientes protegidos simples para mejorar el desempeño de material propagativo (Vásquez et al., 2020).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Vivero Diana, ubicado en el kilómetro 12 de la vía Santa Ana, parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador. El área presenta un clima tropical megatérmico semiárido. Se utilizó un sustrato de tierra agrícola, cascarilla de arroz y humus de lombriz (3:1:1), dispuesto en fundas de 5 x 8 pulgadas con semillas de cacao del clon IMC-67.

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 150 unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron: T1 (plástico transparente), T2 (plástico transparente perforado), T3 (plástico transparente con sarán), T4 (plástico oscuro) y T5 (testigo tradicional).

En el manejo del Ensayo se construyeron estructuras de caña guadua (0,5 x 1,0 x 0,5 m) para instalar las cubiertas plásticas. Las semillas seleccionadas del clon IMC-67 se desinfectaron con Carboxín + Captan (2,5 g/kg) antes de la siembra manual. Las labores incluyeron deshierbes manuales, riego presurizado cada 72 horas y control fitosanitario preventivo. A los 40 días se inició el retiro gradual de las coberturas para la aclimatación bajo sarán al 60 %, culminando la evaluación a los 120 días.

Para medir la respuesta biológica de los portainjertos, se evaluaron dos componentes principales bajo los criterios. Se analizaron los parámetros de germinación, registrando los días transcurridos hasta alcanzar el 50 % de emergencia, la tasa de germinación porcentual y la tasa de mortalidad. En segundo lugar, se midió el desarrollo morfológico y la calidad de la plántula a los 120 días, evaluando la altura, el diámetro del tallo, el índice de esbeltez y la longitud radicular. Asimismo, se cuantificó el peso fresco y seco de la biomasa aérea y radicular —sometiendo las muestras a estufa a 105 °C por 72 horas— para finalmente determinar el Índice de Calidad de Dickson (ICD). Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ADEVA) y prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la separación de medias.

Resultados y discusión

La tabla 1, presenta los cuadrados medios de las evaluaciones de días a la germinación (días), tasa de germinación semillas (%) y tasa de mortalidad de plántula (%); mostraron alta diferencias estadísticas entre los tratamientos. El coeficiente de variación está entre el rango de 0,59 a 21,04 %, siendo estos valores considerados dentro de los permitidos para este tipo de investigaciones.

Tabla 1: Cuadrados medios de las evaluaciones días a la germinación, porcentaje de germinación y tasa de mortalidad.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Días a la germinación (días)	Tasa de germinación semillas (%)	Tasa de mortalidad de semilla (%)
Tratamiento	4	11,72**	2,70**	2,69**
Error	45	0,39	0,33	0,33
Total	49	--	--	--
C.V.%	--	8,32	0,59	21,04

**=Diferencias estadísticas altamente significativas

*=Diferencias estadística significativas

ns=no significativo

La comparación de medias en la tabla 2, de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidades para la variable días a la germinación (días) el tratamiento donde se observa menos días y es estadísticamente diferente en la germinación de la semilla de cacao con 6 días es cuando se implementa cámara germinativa con plástico transparente, y con 8 días con las cámara germinativa con plástico transparente perforado, cámara germinativa con plástico transparente sombra serán y cámara germinativa con plástico oscuro, en la germinación tradicional la semilla de cacao germinó a los 9 días y difiere con los demás tratamientos en estudio.

La tasa de germinación semillas (%), el tratamiento cámara germinativa con plástico transparente y sombra serán es el que obtuvo un 98% de germinación y es estadísticamente diferente con el tratamiento germinación tradicional que posee un 96,55%. La tasa de mortalidad de semillas (%) con 3,45% fue la mayor al inducir la germinación como tradicionalmente lo efectúan los productores y la menor con 2,00% de tasa de mortalidad fue con la implementación de cámara germinativa con plástico transparente y sombra serán.

Tabla 2: Valores promedios y prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidades de las evaluaciones días a la germinación, porcentaje de germinación y tasa de mortalidad.

Tratamiento	Días a la germinación (días)	Tasa de germinación semillas (%)	Tasa de mortalidad de semillas (%)
Cámara germinativa con plástico Transparente	6 c	97,27 abc	2,73 abc
Cámara germinativa con plástico transparente perforado	8 b	97,35 ab	2,65 abc
Cámara germinativa con plástico transparente y sombra serán	8 b	98,00 a	2,00 c
Cámara germinativa con plástico oscuro	8 b	97,11 bc	2,89 ab
Germinación tradicional (Testigo)	9 a	96,55 c	3,45 a
Tukey 5%	0,79	0,73	0,73

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La tabla 3, presentan Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para las variables evaluadas demuestran que existen diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos para la mayoría de los parámetros de crecimiento y biomasa, incluyendo la altura de plántula, el diámetro del tallo, la longitud de raíces, así como el peso fresco y seco tanto de la parte aérea como radical, y el Índice de Calidad de Dickson. Por otro lado, la variable índice de vigor o esbeltez presentó diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). El coeficiente de variación está entre el rango de 8,13 a 30,36 %, siendo estos valores considerados dentro de los permitidos para este tipo de investigaciones.

Tabla 3: Cuadrados medios de las evaluaciones del desarrollo de portainjertos de cacao.

Variables	Fuente de Variación			C.V. %
	Tratamiento	Error	Total	
	4	45	49	
Altura de plántula (cm)	187,99**	9,44	--	8,13

Efecto de diferentes ambientes de cámaras germinativas artesanal sobre la germinación y crecimiento de portainjerto de cacao

Diámetro del tallo (mm)	7,31**	0,86	--	10,95
Índice de vigor o esbeltez	1,48*	0,55	--	16,29
Longitud de raíces (cm)	350,52**	31,45	--	18,62
Peso fresco biomasa aérea (g)	29,25**	2,97	--	12,27
Peso fresco biomasa radicular (g)	18,85**	0,91	--	13,27
Peso seco biomasa aérea (g)	6,85**	0,83	--	27,24
Peso seco biomasa radicular (g)	1,03**	0,13	--	30,36
Índice de calidad de Dickson	0,21**	0,04	--	30,15

La comparación de medias en la tabla 4, de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de probabilidades para la variable en estudio el tratamiento donde se observa que la altura de plántula (cm), la cámara con plástico transparente y la cámara con plástico transparente y sombra serán resultaron en las plántulas más altas con 41,50 cm, superando significativamente a la germinación tradicional con 31,00 cm.

Diámetro del tallo, no hubo diferencias significativas en el diámetro del tallo entre los cuatro tratamientos con cámaras germinativas. Sin embargo, todos estos superaron significativamente a la germinación tradicional. Índice de vigor o esbeltez, la cámara con plástico transparente presentó el mayor índice de vigor, lo que sugiere que las plántulas desarrollaron una proporción ideal entre altura y diámetro del tallo, haciéndolas más robustas. Longitud de raíces (cm), en esta variable, la cámara con plástico transparente perforada obtuvo la mayor longitud de raíces 38,20 cm, lo cual es crucial para el anclaje y la absorción de nutrientes. La cámara con plástico oscuro y la germinación tradicional muestran las longitudes más cortas.

Peso de biomasa (fresco y seco), en la mayoría de los casos, los tratamientos con cámaras germinativas especialmente la de plástico transparente mostraron un peso mayor tanto en la biomasa aérea como en la radical en comparación con la germinación tradicional. Esto indica que las plántulas con estos tratamientos acumularon más materia vegetal, lo que se traduce en mayor vigor.

Índice de calidad de Dickson este índice es una medida integral de la calidad de la plántula, combinando la altura, el diámetro y el peso de la biomasa. Los tratamientos de cámara con plástico transparente, con plástico transparente perforado y con plástico transparente y sombra serán obtuvieron los mayores índices, mientras que la cámara con plástico oscuro obtuvo el valor más bajo, lo que indica que esta produjo últimas plántulas de menor calidad general.

Tabla 4: Valores promedios y prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidades de las evaluaciones en el desarrollo de portainjertos de cacao.

Tratamiento	Cámara germinativa con plástico Transparente	Cámara germinativa con plástico transparente perforado	Cámara germinativa con plástico transparente y sombra serán	Cámara germinativa con plástico oscuro	Germinación tradicional (Testigo)	Tukey 5%
Altura de plántula (cm)	41,50 a	36,63 b	38,25 ab	41,50 a	31,00 c	3,90

Diámetro del tallo (mm)	8,50 a	9,25 a	8,75 a	8,74 a	7,00 b	1,17
Índice de vigor o esbeltez	4,96 a	3,97 b	4,39 ab	4,79 ab	4,62 ab	0,94
Longitud de raíces (cm)	30,00 bc	38,20 a	33,40 ab	25,20 c	23,80 c	7,12
Peso fresco biomasa aérea (g)	16,78 a	13,73 b	13,83 b	13,86 b	12,03 b	2,18
Peso fresco biomasa radical (g)	7,57 a	7,62 a	7,90 a	8,05 a	4,75 b	1,21
Peso seco biomasa aérea (g)	4,46 a	2,45 c	3,51 abc	3,69 ab	2,60 bc	1,15
Peso seco biomasa radical (g)	1,42 a	1,22 a	1,47 a	1,22 a	0,66 b	0,46
Índice de calidad de Dickson	0,73 a	0,62 a	0,73 a	0,38 b	0,65 a	0,23

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Discusiones

El estudio evaluó la influencia de diferentes cámaras de germinación artesanales (plástico transparente, transparente perforado, transparente con sombra de sarán, plástico oscuro y germinación tradicional) sobre el tiempo de germinación y el desarrollo inicial de portainjertos de cacao. Los datos obtenidos muestran que las cámaras transparentes aceleraron la emergencia de las plántulas y mejoraron su biomasa y vigor en comparación con el método tradicional.

El tratamiento con plástico transparente registró la germinación más rápida (6 días), mientras que el método tradicional tardó 9 días; corroborado por, (Hossain et al., 2022), donde concluyeron que, láminas de plástico transparente incrementan la temperatura superficial del suelo en 2–7 °C y reducen la evaporación, favoreciendo la emergencia y el crecimiento inicial en maíz, plástico transparente, resultado de germinación temprana concuerda, ya que las cámaras transparentes crearon un microambiente cálido y húmedo que facilitó la imbibición y rompimiento de la dormancia.

Sin embargo, (Ding et al., 2024), manifestaron que la temperatura óptima para la germinación de muchas especies se sitúa cerca de 20 °C y temperaturas superiores a 35 °C retrasan o inhiben la emergencia; es decir, el plástico oscuro retrasó la emergencia a 8 días, posiblemente por generar temperaturas más elevadas o fluctuaciones térmicas que superaron el rango óptimo.

Las cámaras transparentes y el tratamiento con sarán mostraron porcentajes de germinación >97 % y mortalidad ≤ 2 %, superando ligeramente al testigo (96,55 % de germinación y 3,45 % de mortalidad); de forma similar, (Canggih y Malik, 2024), reportaron porcentajes de germinación comparables, el clon de cacao ICCRI 08 presentó 92,1 % de germinación; mientras que, Odoemelum et al., (2023), resalta que mezclas de

abono orgánico y aserrín elevaron la germinación y altura de las plántulas de cacao a 30,9–37,45 cm debido al aumento de la temperatura.

Las cámaras transparentes y la combinación con sarán produjeron las plántulas más altas (41,5 cm) y con mayor índice de esbeltez. La literatura indica que un microclima cálido y humedad uniforme favorecen el crecimiento en altura; corroborado por, (Li et al., 2025), resultado que, el uso de mallas sombra moderadas (30 %–50 %) en árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) aumentó la altura (70,8 cm) y el diámetro (6,84 mm) en comparación con el testigo; resultados similares a, Nguyen et al., (2022), en plantas de berenjena (*Solanum melongena*), mallas con 21 % y 30 % de sombra incrementaron la altura en 10–19,6 %.

Respecto al diámetro del tallo, no se observaron diferencias significativas entre las cámaras, pero todos los tratamientos superaron al testigo. El incremento de diámetro se asocia con mayor resistencia mecánica y capacidad de transporte de agua; asimismo, Reis et al., (2023), demostraron que plantas de guapinol (*Hymenaea courbaril*) con sombreado del 37 % mejora el diámetro basal y el índice de calidad de Dickson (ICD) en comparación con pleno sol; sin embargo, (Huang et al., 2025), evaluaron el crecimiento de hopea (*Hopea hainanensis*), con sombreado del 60 %, el cual disminuyó el diámetro y la biomasa total evidenciando que existe un rango óptimo de luz y temperatura para maximizar el crecimiento radial por especie.

El sistema radicular más largo se obtuvo en la cámara transparente perforada (38,2 cm), mientras que la biomasa fresca y seca más alta correspondió a la cámara transparente sin perforaciones; el estudio de, Xue et al., (2023), en patle (*Castanopsis hystrix*) señala que un sombreado del 60 % incrementa la longitud y el volumen radical hasta 3,88 veces respecto a pleno sol, ya que la reducción de radiación y temperatura limita la transpiración y permite asignar más recursos al crecimiento radicular (Reis et al., 2023).

Asi mismo, Xue et al., (2023), en *Castanopsis hystrix* muestran que el mayor índice de calidad se obtiene con 60 % de sombra, mientras que en *Hymenaea courbaril* el mayor índice de Dickson (ICD) se logra bajo pleno sol o 37 % de sombra Reis et al., (2023). Estas diferencias reflejan que cada especie tiene requerimientos lumínicos específicos; para cacao, una sombra moderada (20–40 %) parece óptima, por lo que el tratamiento con sarán podría ofrecer el microambiente más adecuado (Arévalo et al., 2021).

Conclusiones

El uso de cámaras de germinación de plástico transparente, con o sin sombra parcial (sarán), acortó significativamente el tiempo de emergencia y elevó el porcentaje de germinación de las semillas de cacao respecto al método tradicional.

Los tratamientos con cámara transparente generaron plántulas más altas, con mayor diámetro basal, mayor biomasa y valores superiores del índice de calidad de Dickson, indicando un desarrollo equilibrado y vigoroso. El experimento demostró que tanto el sobrecalentamiento como la falta de luz afectan negativamente la germinación y el vigor. El plástico oscuro retrasó la emergencia y redujo la calidad, mientras que el control mostró menor biomasa y mayor mortalidad.

Agradecimiento

El equipo de investigadores extiende un total agradecimiento a los propietarios del Vivero Diana Ubicado en la Parroquia Lodana del Cantón Santa Ana, asimismo a la Universidad Estatal del Sur de Manabí por el apoyo en el desarrollo de la investigación.

Referencias

- Arévalo, G. E., Farfán, A., Barraza, F., Arévalo, H. C. O., Zúñiga, C. L. B., Alegre, J., & Baligar, V. C. (2021). Growth, physiological, nutrient-uptake-efficiency and shade-tolerance responses of cacao genotypes under different shades. *Agronomy*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy11081536>
- Canggih, N. M., & Malik, A. (2024). Seed viability and seedling growth of sulawesi 01 and iccri 08 cacao plant clones (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agroqua*, 22, 293–299. <https://doi.org/10.32663/ja.v21i2.4916>
- de Sousa, W. N., Brito, N. F., Felseburgh, C. A., Vieira, T. A., & Lustosa, D. C. (2021). Evaluation of *Trichoderma* spp. Isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production. *Plants*, 10(9), 1964. <https://doi.org/10.3390/plants10091964>
- Delgadillo, D, P., Soto, S, M., Rodriguez, P, L., Carrero, G, M., Torres, R, E., & Yockteng, R. (2020). A new method for the inoculation of *Phytophthora palmivora* (Butler) into cacao seedlings under greenhouse conditions. *Plant Methods*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00656-8>
- Ding, D., Li, T., Wu, L., Zhang, X., Zhao, Y., Feng, H., Zhang, C., & Wendroth, O. (2024). Energy Compensation for Crop Growth under Plastic Mulching: Theories, Models, and Limitations. *Agronomy*, 14(5), 1005. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051005>
- ESPAC. (2024). INEC. Superficie cosechada y producción de plátano. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Harni, R., Amaría, W., Ferry, Y., & Marhaeni, L. S. (2020). Effect of *Trichoderma* spp. and potassium fertilizer on *Phytophthora palmivora* infection in cacao seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 418(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012015>
- Hossain, M. E., Zhang, Z., Dong, W., Wang, S., Liu, M., Liu, E., & Mei, X. (2022). Plastic Film Mulching Improved Maize Yield, Water Use Efficiency, and N Use Efficiency under Dryland Farming System in Northeast China. *Plants*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/plants11131710>
- Huang, C., Lin, L., Chen, F., Wang, X., Shi, M., Chen, L., Yang, X., Dong, X., & Zhang, M. (2025). Shading Effects on the Growth and Physiology of Endangered *Hopea hainanensis* Merr. & Chun Seedlings. *Forests*, 16(7), 1193. <https://doi.org/10.3390/f16071193>
- Lahive, F., Handley, L. R., Hadley, P., & Daymond, A. J. (2021). Climate Change Impacts on Cacao: Genotypic Variation in Responses of Mature Cacao to Elevated CO₂ and Water Deficit. *Agronomy*, 11(5), 818. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050818>

- Li, Q., Zhang, L., He, J., Li, J., Zhang, H., Li, Y., Gu, Y., Luo, H., Lu, M., Lu, K., & Xiong, L. (2025). Effects of different shade treatments on Melaleuca seedling growth and physiological properties. BMC Plant Biology, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06218-1>
- Mensah, E. O., Asare, R., Vaast, P., Amoatey, C. A., Markussen, B., Owusu, K., Asitoakor, B. K., & Ræbild, A. (2022). Limited effects of shade on physiological performances of cocoa (Theobroma cacao L.) under elevated temperature. Environmental and Experimental Botany, 201, 104983. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104983>
- Nguyen, G. N., Lantzke, N., & van Burgel, A. (2022). Effects of Shade Nets on Microclimatic Conditions, Growth, Fruit Yield, and Quality of Eggplant (Solanum melongena L.): A Case Study in Carnarvon, Western Australia. Horticulturae, 8(8), 696. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080696>
- Odoemelum, V., Nwaigbo, L., Anyim, A., Aneni, T., & Anozie, C. (2023). Germination and Early Growth Performance of Cocoa (Theobroma cacao L.) Seedlings in Planting Media OPEN ACCESS Trends in Trends in Agricultural Sciences, 2, 274–280. <https://doi.org/10.17311/tas.2023.274.280>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2023). Datos estadísticos FAOSTAT. Recuperado el 12 de mayo de 2025 de: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Osorio, Z. M. A., Castillo, D. A., Rodríguez, P. L., & Terán, W. (2021). Cacao (Theobroma cacao L.) Response to Water Stress: Physiological Characterization and Antioxidant Gene Expression Profiling in Commercial Clones. Frontiers in Plant Science, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.700855>
- Reis, L. C., Scaloni, S. P. Q., Foresti, A. C., Dresch, D. M., Santos, C. C., & Lima, V. T. (2023). How does shading mitigates the water deficit in young Hymenaea courbaril L. plants? Frontiers in Plant Science, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1235234>
- Vásquez, C., Orozco, A., Sánchez, E., & Cervantes, V. (2020). La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemas (en línea). Consultado el 28 mar. 2025.
- Xue, G., Wu, J., Zhou, B., Zhu, X., Zeng, J., Ma, Y., Wang, Y., & Jia, H. (2023). Effects of Shading on the Growth and Photosynthetic Fluorescence Characteristics of Castanopsis hystrix Seedlings of Top Community-Building Species in Southern Subtropical China. Forests, 14(8), 1659. <https://doi.org/10.3390/f14081659>