



Calidad de plantas de cinco ecotipos de cacao silvestre (*Theobroma cacao*) en fase de vivero, en Riberalta, Beni, Bolivia

Plant quality of five ecotypes of wild cacao (*Theobroma cacao*) in the nursery stage in Riberalta, Beni, Bolivia

Mariely CAMACHO DELGADO^{1*} , Bezaleel PAREDES SUBIRANA¹ , Armelinda ZONTA² , Alcira JUSTINIANO DORADO¹ 

¹Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, Instituto de Investigaciones Forestales de la Amazonia, Riberalta, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia

²Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, Carrera de Ingeniería Forestal, Riberalta, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia.

Autor para correspondencia*: mcamachodelgado@uabjb.edu.bo

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el crecimiento en vivero de plantas de cacao silvestre, analizando el desarrollo de cinco ecotipos para determinar cuáles presentan mejor vigor en la producción de plantas de alta calidad para ser cultivadas en el norte de la Amazonia boliviana. Se utilizó un diseño de bloques con parcelas al azar con cinco tratamientos (ecotipos) y cuatro repeticiones (bloques), evaluando un total de 480 plantas durante 10 meses. Se registraron datos de las siguientes variables: altura total, diámetro del cuello, biomasa húmeda aérea y radicular, biomasa seca aérea y radicular. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre ecotipos para todas las variables de crecimiento evaluadas. El ecotipo E5 presentó el mejor desempeño integral en fase de vivero, mientras que E2 destacó por el Índice de Calidad de Dickson y E4 por la relación biomasa seca aérea/radicular.

PALABRAS CLAVE: Cacao silvestre, ecotipos, calidad de la planta, índice de calidad de Dickson, vivero, Amazonia boliviana.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the nursery growth of wild cacao plants by analyzing the development of five ecotypes to determine which ecotype exhibits greater vigor in producing high-quality plants for cultivation in the northern Bolivian Amazon. A randomized complete block design was used with five treatments (ecotypes) and four replications (blocks), evaluating a total of 480 plants over 10 months. Data were recorded for the following variables: total height, root collar diameter, and fresh and dry biomass of shoots and roots. The analysis of variance detected significant differences among ecotypes for all evaluated growth variables. Ecotype E5 showed the best overall performance during the nursery phase, while E2 stood out for the Dickson Quality Index and E4 for the shoot/root dry biomass ratio.

KEYWORDS: Wild cacao, ecotypes, seedling quality, Dickson quality index, nursery, Bolivian Amazon.

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao pertenece a la familia Malvaceae y dentro de este género es la especie más explotada con

finés comerciales destinada a la elaboración de chocolates y sus derivados (Jaimez *et al.*, 2008). El cacao se distribuye geográficamente de México hasta el Amazonas en

condiciones ambientales diversas que favorecen la formación de una gran cantidad de cultivos tolerantes a variaciones microclimáticas (Almeida & Valle, 2007).

En Bolivia el cacao silvestre se reproduce naturalmente, sin intervención humana, y constituye un recurso genético autóctono (July, 2007). Las mayores superficies de cacao silvestre en el Beni están en los municipios de: Baures con más de cinco mil hectáreas, San Ignacio de Moxos con dos mil ha y Huacaraje con 500 ha (Bazoberry & Salazar, 2008). En el departamento de Pando, existe un potencial considerable de cacao nativo amazónico silvestre y cultivado, cuya procedencia u origen es aún desconocido.

A pesar de que no se tiene claridad sobre las variedades de cacao silvestre existentes en Bolivia, todas pertenecen al tipo Forastero Amazónico, con variaciones importantes (July, 2007).

Según García (2007), la diversidad genética del cacao incluye las poblaciones silvestres, las nativas y las introducidas, con distinto origen genético y grado evolutivo, que ocupan hábitats específicos y que, a pesar de presentar caracteres similares, se muestran distintos. Contar con alta diversidad genética tiene efectos importantes en la conservación del germoplasma nativo y mejorado, además de poder contar con germoplasma prometedor en la propagación clonal, disponer de fuente de genes para los programas de mejoramiento genético, etc. (M & O Consulting S. A. C., 2008).

Programas de mejoramiento genético del cacao requieren de conocimientos previos de los recursos genéticos disponibles en la zona. Los diferentes programas de mejoramiento genético de cacao implementados en diferentes continentes utilizando una pequeña base genética representan serias limitaciones en el desarrollo de germoplasma élite. Para lograr una buena

base genética es necesario ejecutar actividades de colección, caracterización, evaluación, multiplicación/regeneración, documentación, conservación e intercambio de germoplasma (M & O Consulting S. A. C., 2008).

Para seleccionar plantas de calidad, se consideran las variedades que poseen ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que les permiten establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (Rodríguez Trejo, 2008). Estas características dependen de la genética que trae la semilla, del manejo de los factores ambientales y de los tratos culturales aplicados (Sánchez & Murillo, 2004). Las variables altura, número de ramas, área foliar, diámetro del tallo a nivel cuello, volumen y tamaño del sistema radicular son atributos considerados a nivel morfológico para determinar la calidad de las plantas.

Para evaluar la calidad de las plantas se utilizan indicadores morfológicos integrados, entre ellos el Índice de Calidad de Dickson, el índice de robustez —altura total de la planta/diámetro del cuello— y la relación biomasa aérea/biomasa radicular. El índice de robustez se obtiene dividiendo la altura total de la planta entre el diámetro del cuello; valores bajos indican plantas más vigorosas, robustas y de mayor calidad, considerándose deseables valores menores a seis. La relación entre la biomasa de la parte aérea y la biomasa radicular expresa el equilibrio entre el área de transpiración y el área de absorción de agua. Una planta de calidad óptima debe presentar un coeficiente de relación lo más bajo posible, lo que aumenta la probabilidad de sobrevivencia en campo (Rodríguez Trejo, 2008).

Frimpong *et al.* (1996), en estudios orientados al mejoramiento de cacao resistente a sequía en Ghana, destacaron la importancia de evaluar caracteres de

crecimiento y vigor en plántulas como criterios de selección de materiales con mejor adaptación. Los resultados de este ensayo permitirán discutir cómo las características genéticas de cada ecotipo silvestre interactúan con las condiciones controladas del vivero para influir en su desempeño inicial.

El término “ecotipo” data de 1922, siendo definido por el botánico sueco Göte Turesson, como una subunidad de una especie que haya desarrollado caracterizaciones genéticas que la distingan a partir de las presiones selectivas en un territorio y hábitat particulares (Turesson, 1922). Las adaptaciones que se tienen no llegan a ser solo modificaciones fenotípicas temporales, sino que cargan consigo rasgos heredables que permiten a la población de las plantas de cacao que se desarrollen óptimamente en un entorno específico, además de que puedan estar condicionados a diferentes factores climáticos, tipos de suelo, la latitud y la disponibilidad del agua.

En la actualidad, la información comparativa sobre el desempeño morfológico inicial de los ecotipos locales de cacao silvestre bajo condiciones de vivero es escasa. En este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar el desarrollo en vivero de plantas de cinco ecotipos de cacao silvestre procedentes de bosques naturales en el municipio de Gonzalo Moreno, Departamento de Pando, en la Amazonia boliviana, para seleccionar el material genético más indicado para producir plantas de calidad de cacao silvestre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del sitio de estudio

Este estudio se realizó en el vivero de la Carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, en Riberalta, departamento del Beni,

Bolivia, con coordenadas geográficas 11°01' S y 66°04' O. El clima local es del tipo tropical húmedo, con temperaturas medias anuales de 26° C, precipitación promedio anual de 1700 mm y humedad relativa promedio del 85%.

Material genético

Las semillas utilizadas fueron extraídas de frutos provenientes de cinco ecotipos de cacao silvestre de la comunidad Miraflores, municipio de Gonzalo Moreno, departamento de Pando. No se realizó una caracterización molecular de los ecotipos, razón por la cual la diferenciación se la realizó desde las variaciones morfológicas. Dos días antes de la siembra, las semillas extraídas de los frutos fueron mezcladas con arena y dejadas en reposo durante 24 horas; posteriormente, se frotaron con arena para eliminar el exceso de pulpa.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco tratamientos, correspondientes a los ecotipos evaluados, y cuatro repeticiones o bloques. Cada unidad experimental estuvo conformada por la totalidad de las 24 plantas por ecotipo dentro de cada bloque, cuyos valores utilizados correspondieron a los promedios por unidad experimental, número definido considerando la disponibilidad homogénea de semillas viables por ecotipo, la capacidad instalada del vivero y la necesidad de representar la variabilidad morfológica inicial de cada material genético. Este tamaño de unidad experimental es coherente con estudios metodológicos de evaluación de plántulas, en los que se han utilizado tamaños de muestra de 16 a 28 plantas por unidad o parcela experimental para estimar variables morfológicas y de la calidad de la planta (Sánchez & Murillo, 2004; Bittencourt *et al.*, 2023). De esta manera, cada tratamiento

estuvo representado por 96 plantas, alcanzando un total de 480 plantas evaluadas en todo el ensayo.

Descripción de los Ecotipos (Tratamientos)

E1: Constricción basal intermedia, fruto tipo "*cundeamor*", ápice agudo, rugosidad intermedia, surcos profundos. Largo promedio: 21.8 cm, diámetro: 8.72 cm. E2: Constricción basal escasa, fruto tipo "*angoleta*", ápice agudo, rugosidad ligera, surcos intermedios. Largo promedio: 16.6 cm, diámetro: 7.95 cm. E3: Constricción basal marcada, fruto tipo "*angoleta*", ápice agudo, rugosidad ligera, surcos intermedios. Largo promedio: 17.2 cm, diámetro: 7.83 cm. E4: Constricción basal intermedia, fruto tipo "*angoleta*", ápice agudo, rugosidad ligera, surcos intermedios. Largo promedio: 17.2 cm, diámetro: 7.76 cm. E5: Constricción basal escasa, fruto tipo "*angoleta*", ápice agudo, rugosidad ausente, surcos superficiales. Largo promedio: 16.0 cm, diámetro: 9.07 cm.

Metodología de la instalación

Para el estudio se utilizaron bolsas de polietileno de 10 cm de diámetro y 25 cm de altura. El sustrato utilizado se preparó con una mezcla de tierra de llanura aluvial y aserrín descompuesto en una proporción 1:1. Durante la fase de crecimiento en vivero se realizó una aplicación de 2 g de cal dolomita y 2 g de N.P.K. (12-12-12) granulado en el borde interno de cada bolsa. El riego fue ejecutado según requerimiento, garantizando la oferta de humedad de manera constante. Para regular la oferta de radiación solar se utilizó sombra al 50% en la parte superior y en los laterales de toda el área del ensayo.

Los tratos culturales y el control de plagas y enfermedades fueron realizados de manera regular, garantizando el crecimiento uniforme de las plantas en todos los tratamientos y repeticiones. El ensayo evaluó el crecimiento de un periodo de 10 meses a partir de la

siembra. La variable altura fue considerada desde la base de la planta hasta el ápice, el diámetro del tallo fue medido a nivel del cuello. Para el cálculo de la biomasa húmeda se retiró todo el exceso de suelo con abundante agua, se cortó la planta en la base del cuello, se separaron la parte aérea y radicular, y ambas fracciones fueron pesadas utilizando una balanza electrónica de precisión. Para determinar el peso seco se depositaron las raíces y tallo en sobres de papel y secaron en un horno eléctrico a 100° C hasta obtener un peso constante. El índice de robustez (IR) fue calculado aplicando la fórmula: altura total (cm) / diámetro del cuello (mm) y se calculó el índice de calidad de Dickson (ICD = $\text{Peso Seco Total (g)} / [(\text{Altura (cm)} / \text{Diámetro del Cuello (mm)}) + (\text{Peso Seco Aéreo} / \text{Peso Seco Radicular})]$) y la relación BSA/BSR (relación entre Biomasa Seca Aérea / Biomasa Seca Radicular).

Variables evaluadas

- Altura Total (cm) (AT)
- Diámetro del Cuello (mm) (DC)
- Biomasa Húmeda y Seca (g) de la parte Aérea de la planta (BHA y BSA)
- Biomasa Húmeda y Seca (g) de la Raíz (BHR y BSR)
- Índice de Robustez (IR)
- Índice de Calidad de Dickson (ICD)
- Relación Biomasa Seca Aérea / Biomasa Seca Radicular (BSA / BSR)

Análisis estadístico

Las variables fueron sometidas al análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$). Cuando el valor de $F_{\text{calculado}}$ fue mayor que el $F_{\text{crítico}}$, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

El ANOVA al 5% de error para la variable altura total determinó un valor de $F_{\text{calculado}}$ de 3.26, mayor que el $F_{\text{crítico}}$ de 3.06. Esto confirma que al menos un ecotipo presentó un crecimiento en altura diferente de los demás.

La prueba de Tukey al 5% de error determinó que los ecotipos E1, E2, E3 y E4 fueron estadísticamente similares en crecimiento en altura, y diferentes al ecotipo E5 (Figura 1).

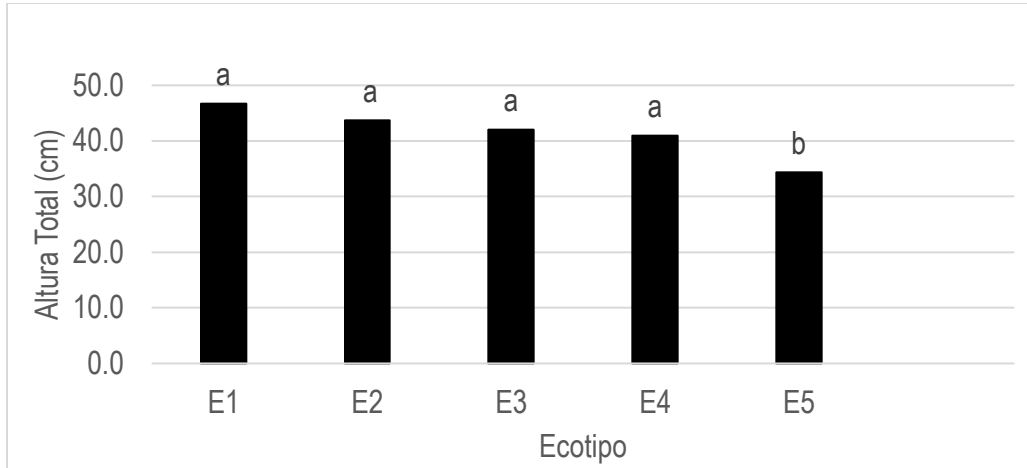


Figura 1. Crecimiento en Altura Total de plantas de cinco Ecotipos de cacao silvestre en fase vivero, Riberalta (Columnas acompañadas con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de error).

El ANOVA al 5% de error para la variable diámetro de cuello determinó un valor de $F_{\text{calculado}}$ de 5.26, mayor que el $F_{\text{crítico}}$ de 3.06. Esto confirma que no todos los ecotipos presentaron el mismo crecimiento en

diámetro de cuello. La prueba de Tukey determinó que los ecotipos E2 y E5 presentaron los mayores valores de diámetro de cuello, mientras que E3 presentó el menor valor (Figura 2).

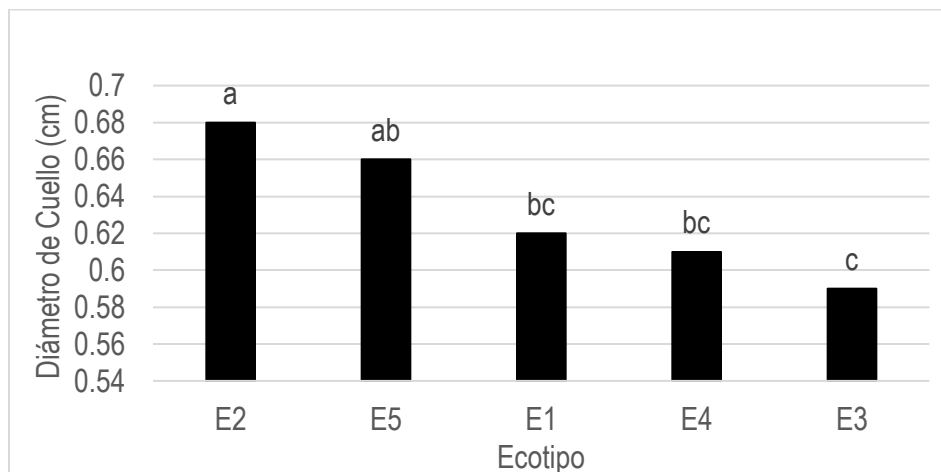


Figura 2. Crecimiento en Diámetro de Cuello de plantas de cinco Ecotipos de cacao silvestre en fase de vivero, Riberalta (Columnas acompañadas de la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de error).

El análisis de varianza al 5% de error para las variables peso húmedo y peso seco de la raíz encontró diferencias significativas entre los Ecotipos evaluados, con un $F_{\text{calculado}}$ (3.96 y 6.33) mayor al $F_{\text{crítico}}$ (3.26) y para las variables peso húmedo y seco del tallo el valor de $F_{\text{calculado}}$ (4.45 y 6.55), mayor al $F_{\text{crítico}}$ (3.36).

La prueba de Tukey al 5% de error estableció que los ecotipos E2 y E5 presentaron los mayores valores de peso húmedo del tallo (PHT), peso seco del tallo (PST), peso húmedo de la raíz (PHR) y peso seco de la raíz (PSR), siendo estadísticamente similares entre sí. En cambio, los ecotipos E3 y E4 presentaron los menores

valores para las variables de biomasa húmeda y seca (Tabla 1).

Para la variable peso húmedo del tallo (PHT) la prueba de Tukey al 5% de error determinó una Diferencia Mínima Significativa (DMS) de 6.35 g, que permite clasificar como ecotipo superior a E5 (con una media de 20.175 g). Los ecotipos E5, E1 y E2 son estadísticamente iguales en peso húmedo de tallo y considerados grupos de élite, aunque el quinto ecotipo presentó un mayor desempeño de su crecimiento en relación con todos los demás (Tabla 1).

Tabla 1. Peso húmedo y seco (g) de la parte aérea y de la raíz de plantas de cinco Ecotipos de cacao silvestre en fase de vivero en Riberalta (Valores acompañados de la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de error).

Tratamiento (Ecotipo)	PHA (g)	PHR (g)	PSA (g)	PSR (g)
E1	15.90 b	3.74 b	8.10 a	1.80 ab
E2	16.10 ab	4.40 ab	7.60 ab	2.10 a
E3	13.60 b	3.55 c	6.50 b	1.70 b
E4	12.40 b	3.20 c	5.90 b	1.50 b
E5	20.20 a	4.50 a	9.40 a	2.10 a

Para la relación entre la Biomasa Seca Aérea y la Biomasa Seca Radicular (BSA/BSR), el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas entre ecotipos ($F_{\text{calculado}} = 0.45$, $F_{\text{crítico}} = 3.26$). Sin

embargo, desde el punto de vista agronómico, los valores más bajos de esta relación se observaron en los ecotipos E5 y E4, lo que sugiere un mejor balance entre la parte aérea y el sistema radicular (Tabla 2).

Tabla 2. Índice de Robustez, Índice de Calidad de Dickson y relación entre la Biomasa Seca Aérea / Biomasa Seca Radicular (g) para los cinco Ecotipos evaluados.

Tratamientos	IR	ICD	BSA/BSR
E1	7.54	3.55	5.80
E2	7.12	3.77	4.83
E3	6.72	3.54	4.78
E4	6.42	3.14	3.96
E5	5.83	3.65	3.94

DISCUSIÓN

Para la variable altura total (AT), los ecotipos E1, E2, E3 y E4 fueron estadísticamente similares y presentaron los mayores valores, mientras que E5 mostró el menor desempeño en altura. En cambio, para el diámetro del cuello, los ecotipos E2 y E5 presentaron los mayores valores y fueron estadísticamente similares.

El Índice de Robustez (IR) relaciona la Altura Total de la planta (AT) con el Diámetro del Cuello (DC) y es usado como indicador de la salud y robustez de las plantas (Haase, 2008), donde valores iguales o menores a seis son indicadores de una buena calidad de las plantas. El Ecotipo E5 presentó el mejor IR (5.83), mientras que el valor menos favorable se observó en el E1 (7.54).

El Índice de Calidad de Dickson (ICD) integra múltiples variables (Binotto *et al.*, 2010) y se considera apropiado para evaluar la calidad de las plantas (Dushimimana, 2022), ya que refleja el equilibrio entre la distribución de la fitomasa en las plantas, lo que puede definir su calidad y rendimiento en campo con mayor precisión (Gallegos-Cedillo *et al.*, 2021; Alonso *et al.*, 2024). Valores mayores indican mejor calidad de plantas. Los ecotipos E2 (ICD = 3.77) y E5 (ICD = 3.65) presentaron los valores más altos de este índice, mientras que E4 mostró el valor más bajo (ICD = 3.14).

Considerando que para el Índice de Robustez (IR) los valores menores son los que presentan las plantas más vigorosas y de mayor robustez, el Ecotipo E5 posibilita la producción de plantas más robustas (IR = 5.83).

Una menor relación BSA/BSR indica un mejor balance entre la transpiración y la absorción de agua por las raíces y representa un mayor desempeño agronómico (Tsakalidimi *et al.*, 2013; Gateau-Rey *et al.*, 2018; Lahive *et al.*, 2019; Alonso *et al.*, 2024). Se observa la menor

relación BSA/BSR para el Ecotipo E5 (3.94) y la mayor para el Ecotipo E1 (5.8). Este último valor alto refleja un desequilibrio entre el sistema aéreo y sistema radicular.

Considerando el conjunto de variables estudiadas, el ecotipo E5 presentó el mejor desempeño integral en fase de vivero, destacando por sus valores favorables de biomasa, diámetro de cuello, índice de robustez y relación BSA/BSR. El ecotipo E2 también mostró indicadores relevantes, especialmente por su Índice de Calidad de Dickson y su desempeño en diámetro y biomasa radicular. El ecotipo E4 presentó una relación BSA/BSR favorable, aunque sus valores de biomasa e ICD fueron menores, por lo que su recomendación debe interpretarse con cautela. En cambio, el ecotipo E1 presentó el valor menos favorable de índice de robustez y la mayor relación BSA/BSR, lo que sugiere menor balance morfológico para la producción de plantas de calidad en vivero.

El ecotipo E5 fue descrito como un material con frutos de constricción basal escasa, tipo angoleta, ápice agudo, rugosidad ausente y surcos superficiales, con una longitud promedio de 16.0 cm y diámetro de fruto de 9.07 cm. Este ecotipo representa el germoplasma con el mejor desempeño integral en fase de vivero, incluyendo valores favorables de biomasa radicular y diámetro de cuello, lo que le confiere propiedades adecuadas para la producción de plantas de cacao silvestre de calidad.

Bajo las condiciones de vivero evaluadas, el ecotipo E1 presentó los indicadores morfológicos menos favorables para la producción de plantas de calidad. Los resultados de la investigación se realizaron en un vivero durante 10 meses, por lo que se recomiendan las validaciones en campo así como la caracterización molecular.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los comunitarios y comunitarias de la comunidad campesina de Miraflores por la colaboración prestada en la cosecha de los frutos de cacao, además expresan sus agradecimientos al Señor Bernardo Cuadiay, funcionario administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales, por los cuidados que ha tenido con las plantas en el vivero. Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. A. F. & Valle, R. R. 2007. Ecophysiology of the cocoa tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19: 425–448.
<https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>
- Alonso, R. S.; Sodré, G. A. & Silva, D. C. 2024. Dickson quality index of cocoa genotypes under water deficit. *Forests* 15: 2054.
<https://doi.org/10.3390/f15122054>
- Bazoberry, O. & Salazar, C. 2008. El cacao en Bolivia: una alternativa económica de base campesina indígena CIPCA. *Cuadernos de Investigación* 72: 71.
- Binotto, A. F.; Lúcio, A. D. C. & Lopes, S. J. 2010. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *Cerne* 16: 457–464.
<https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- Bittencourt, K. C.; de Souza, R. R.; Pazetto, S. B.; Toebe, M.; Toebe, I. C. D. & Cargnelutti Filho, A. 2023. How many cauliflower seedlings are necessary to estimate experimental precision statistics reliably? *Scientia Horticulturae* 310: 111788.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111788>
- Dushimimana, C.; Magomere, T.; Mulatya, J.; Vandenabeele, J.; Olubayo, F.; ...& Werbrouck, S. P. O. 2022. Variation of morphological traits and quality indices of micropropagated *Melia volkensii* Gürke clones before field planting. *Forests* 13: 337.
<https://doi.org/10.3390/f13020337>
- Frimpong, E. B.; Adu-Ampomah, Y. & Abdul-Karimu, A. 1996. *Efforts to breed for drought resistant cocoa in Ghana*: 375–381. *En*: Proceedings of the 12th International Cocoa Research Conference. Cocoa Producers' Alliance. Lagos, Nigeria.
- Gallegos-Cedillo, V. M.; Diáñez, F.; Nájera, C. & Santos, M. 2021. Plant agronomic features can predict quality and field performance: A bibliometric analysis. *Agronomy* 11: 2305.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>
- García, C. L. 2007. *Mejoramiento genético del cacao*: 69–98. *En*: UNAS (Ed.). Diplomado en Cultivos Industriales Tropicales. Tingo María.
- Gateau-Rey, L.; Tanner, E. V. J.; Rapidel, B.; Marelli, J.-P. & Royaert, S. 2018. Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015–16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. *PLoS ONE* 13: e0200454.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200454>
- Haase, D. L. 2008. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes* 52: 24–30.
- Jaimez, R. E.; Tezara, W.; Coronel, I. & Urich, R. 2008. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 52: 253–258.
- July, M. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Lahive, F.; Hadley, P. & Daymond, A. J. 2019. The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39: 5. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0552-0>

M & O Consulting S. A. C. 2008. Estudio de la caracterización y potencial genético del Cacao en Perú. Proyecto de Cooperación Unión Europea y Perú en Materia de Asistencia Técnica. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Lima, Perú. Documento de Trabajo.

Rodríguez Trejo, D. A. 2008. Indicadores de Calidad de Planta Forestal. Mundi-Prensa. México D. F., México.

Sánchez, S. & Murillo, O. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense* 28: 95–106.

Tsakalimi, M.; Ganatsas, P. & Jacobs, D. F. 2013. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New Forests* 44: 327–339. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9339-3>

Turesson, G. Ö. T. E. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas* 3: 211–350.