



Artículo

Evaluación morfométrica de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) y palta (*Persiana americana* Mill) en fase de vivero, Estación Experimental Sapecho

Morphometric evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and avocado (*Persiana americana* Mill) seedlings in nursery stage, Sapecho Experimental Station

Marcela Daniela Mollericona Alfaro, Esther Esperanza Calle Laime

RESUMEN:

La calidad de plantines está vinculada a factores genéticos, morfológicos y fisiológicos. En la región de Palos Blancos, destacada por la producción de cacao y con aumento del cultivo de palta, la disponibilidad de plantines de calidad es una premisa creciente, para ajustar estándares que favorezcan el establecimiento y desarrollo en campo. La Estación Experimental de Sapecho, se constituye en un importante proveedor de plantines. El presente estudio consistió en la evaluación morfométrica de plantines de cacao *IMC67* (*Theobroma cacao* L.) y palta (*Persiana americana* Mill) variedades *Hass*, *Fuerte* y *Lorena* portainjerto *Topa topa*, mediante las variables altura, diámetro y biomasa, para la determinación de índices, como: Relación Biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (BSA/BSR), Relación Altura/Diámetro o índice de Robustez (IR), Índice de Calidad de Dickson (ICD), Relación altura/longitud de raíz (RA/LR) e Índice de lignificación (IL). Se obtuvo una altura de plantines de cacao de 54.27 cm y diámetro de 5.32 mm. Los plantines de palta alcanzaron alturas de 40.76, 35.73 y 38.85 y diámetros de 4.24, 8.07 y 7.81 mm para las variedades *Fuerte*, *Lorena* y *Hass* respectivamente. Para el BSA/BSR todos los plantines obtuvieron una evaluación *Baja*, y con el IR se destacó la variedad *Lorena* (4.42) seguida de la *Hass* (4.98). Por otro lado, plantines de cacao (12.54) y palta *Fuerte* (9.62) se encuentran en la categoría *Baja*. Los ICD de cacao y palta (0.97 y 1.10) están en la categoría *Alta*. Otros estudios similares permitirán contribuir al desarrollo científico-tecnológico y productivo de la región.

PALABRAS CLAVE:

viveros de frutales, plantines, plántulas, cacao, palta, morfometría,

ABSTRACT:

Seedling quality is linked to genetic, morphological and physiological factors. In the Palos Blancos region, known for cocoa production and with an increase in avocado cultivation, the availability of quality seedlings is a growing premise, in order to adjust standards that favor establishment and development in the field. The Sapecho Experimental Station is an important supplier of seedlings. The present study consisted of the morphometric evaluation of *IMC67* cocoa (*Theobroma cacao* L.) and avocado (*Persiana americana* Mill) varieties *Hass*, *Fuerte* and *Lorena* graft leg *Topa topa*, through the variables height, diameter and biomass, for the determination of indexes, such as: Aerial dry biomass/root dry biomass ratio (BSA/BSR), Height/Diameter ratio or Robustness index (IR), Dickson Quality Index (ICD), Root height/length ratio (RA/LR) and Lignification index (IL). Cocoa seedlings had a height of 54.27 cm and a diameter of 5.32 mm. Avocado seedlings reached heights of 40.76, 35.73 and 38.85 and diameters of 4.24, 8.07 and 7.81 mm for *Fuerte*, *Lorena* and *Hass* varieties, respectively. For the BSA/BSR, all the seedlings obtained a *low* evaluation, and for the IR, the *Lorena* variety stood out (4.42) followed by *Hass* (4.98). On the other hand, cacao (12.54) and avocado *Fuerte* (9.62) seedlings were in the *Low* category. Cocoa and avocado ICDs (0.97 and 1.10) are in the *High* category. Other similar studies will contribute to the scientific, technological and productive development of the region.

KEYWORDS:

fruit tree nurseries, seedlings, cocoa, avocado, morphometry

AUTORES:

Marcela Daniela Mollericona Alfaro: Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. marcela.mollericonalfaro@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8243-781X>

Esther Esperanza Calle Laime: Estudiante de la Carrera de Ingeniería Agronómica Sede-Sapecho y Auxiliar de Investigación, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. estheresperanzacallelaime11@gmail.com

Recibido: 15/07/2021. Aprobado: 28/10/2021.



INTRODUCCIÓN

El éxito de la producción de especies frutales depende de varios factores, entre los cuales destacan la formación y adquisición de plantines de alta calidad. Los sistemas de producción de plantines en los viveros de especies frutales, dependen de las condiciones climáticas, ubicación geográfica, y disponibilidad de recursos como los insumos y la mano de obra. Por tanto, las plantas producidas en viveros deben ajustarse a estándares que favorezcan y garanticen su establecimiento y desarrollo en campo, para fortalecer la producción de cultivos de alta importancia económica como lo son el cacao y la palta.

La supervivencia de los plantines es dependiente de diferentes factores, entre los que sobresale la calidad de la planta. Sánchez y Murillo (2004) mencionan que el principio fundamental en el que se basan los parámetros de calidad es el de la posibilidad de predicción de la supervivencia de la plántula y su potencial para desarrollarse durante los primeros años y meses de crecimiento. La calidad se debe a dos aspectos: la calidad de la semilla (aspecto genético) y la calidad del manejo en el vivero (aspecto ambiental o silvicultural) (Sánchez y Murillo, 2004).

No obstante, en el país y la región existe la falta de este tipo de informaciones en relación a la definición de parámetros en los viveros, junto a los procedimientos necesarios para su evaluación.

La Estación Experimental de Sapecho (EES) localizada en el municipio de Palos Blancos, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se constituye en un hito importante del desarrollo del norte del departamento de La Paz, constituyéndose en un referente a nivel local, nacional e internacional (Ticona et al. 2017).

La EES se destaca por la producción de plantines, tanto de especies frutales como de forestales para proveer a productores de la región. Por lo que se hace necesario contar con parámetros de calidad de los plantines producidos; los cuáles permitirán presentar mayores informaciones para la comercialización y oferta. Además de contribuir con la investigación, ya que, al implementar este tipo de

evaluaciones, a su vez, se constituirá una línea base para las futuras pesquisas o investigaciones que se realicen en el área de viveros en pro de mejorar la producción en la región. La EES iniciaría con el establecimiento de criterios de calidad de plantas en producción de viveros.

En esta misma línea, de acuerdo con Gutiérrez et al. (2011), la demanda creciente de cacao requiere la producción de plantas de alta calidad y su crecimiento en materia, limita su sobrevivencia en condiciones de vivero, por lo que se debe buscar mayor eficiencia en las técnicas de propagación. Según Merchán et al. (2015), el vivero es un lugar donde se desarrollan las plantas de cacao, hasta el establecimiento definitivo, donde se controla las condiciones que afectan el buen desarrollo de la planta en sus primeros meses.

También Villar et al. (2000), mencionan que, al utilizar plantas de calidad en las plantaciones, se incrementa la probabilidad de éxito. Por tanto, es importante conocer los elementos morfológicos y fisiológicos de las plantas en vivero, lo cual debe ser una prioridad para los agentes involucrados en los programas (Sánchez y Murillo, 2004). Los mismos autores señalan que las características fisiológicas y morfológicas permiten definir la calidad de la planta.

Los criterios y parámetros se basan principalmente en la altura total de la plántula, diámetro al cuello y en la calidad y desarrollo potencial de la raíz (Sánchez y Murillo, 2004). Entre los pocos antecedentes existentes, los mismos autores señalan que en Bolivia para 1998, se produjo el documento titulado: “Guía para la evaluación de plántulas en vivero” de Morales y Viedma, basado en experiencias del programa forestal de Cochabamba con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

También Rueda et al. (2014) evaluaron la calidad de plantines en viveros forestales en México realizando una toma de datos mediante un muestreo al azar de 0.15% de los individuos producidos en el vivero; clasificaron la calidad en alta, media y baja en base a la altura, diámetro, biomasa seca aérea y radical, además de los contenidos de N, P, K, C y lignina.

Es en ese sentido, y considerando que la creciente demanda de ambos cultivos requiere mejorar las técnicas de propagación, que el objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación morfométrica de los plantines del vivero de la EES, para lo cual fue empleado un muestreo, y fueron evaluadas variables como la altura, diámetro, biomasa, en plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) y palta (*Persiana americana* Mill). También se analizaron diferentes índices morfométricos, con tal de aportar con información base (dada la inexistencia de parámetros), junto a la evaluación del potencial de supervivencia y desempeño futuro de plantines de cacao y palta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La Estación Experimental de Sapecho (EES) se localiza en el municipio de Palos Blancos, localidad de Sapecho, aproximadamente a 270 km de la ciudad de La Paz. Se ubica a una latitud sur 15°33'53,57", longitud oeste 67°19'11,23" y altitud de 410 msnm, además presenta un clima subtropical, húmedo con variaciones estacionales.

Metodología

El presente estudio es del tipo descriptivo, realizándose evaluaciones de plantines producidos durante el ciclo 2020-2021 en el vivero de la EES. Fueron evaluados portainjertos de cacao del cultivar *IMC67* y plantines injertados de palta *Hass*, *Lorena* y *Fuerte* con portainjerto del tipo *Topa topa*.

El sistema de producción se realizó en bolsas plásticas de 23 cm de alto y 13.5 cm de diámetro para el cacao, y 13.0 cm de diámetro y 26 cm de altura para la palta, alineados en filas, cada una con dos hileras. Como sustrato se utilizó tierra de monte mezclada con abono. Las plántulas permanecieron en el vivero por un tiempo de 10 meses al momento de la evaluación. La producción se realizó de forma sexual en un 100% (por semilla); para el caso del cacao se realizó en almácigo para trasplantarlo posteriormente a las bolsas, y para la palta, se efectuó la siembra directa en las bolsas con sustrato.

La evaluación de los plantines fue realizada mediante un muestreo al azar con confiabilidad del

95%, considerándose 100 plantines de cacao y 110 plantines de palta, los cuáles se ordenaron por medio de tablas en Microsoft Excel a nivel de variedad y especie para el análisis de las variables.

Una vez seleccionadas las plantas mediante el muestreo, se realizó un sub-muestreo para la obtención de la Biomasa (g), a través de la separación de la parte aérea de la raíz y luego se determinó la masa seca (g) y masa húmeda por medio de secado en estufa a 70 °C durante 72 horas.

Variables de estudio

La altura (cm) fue medida con una regla métrica de 30 cm y el diámetro del cuello de la raíz (mm) con un vernier calibrador digital. La biomasa total, de la parte aérea y del sistema radicular (g), se midió con una balanza.

Las variables medidas en base a la metodología empleada por Sánchez y Murillo (2004) y Rueda et al. (2014) se describen a continuación:

- Altura (cm). Es un indicador de la superficie fotosintética y representa al mismo tiempo la capacidad de almacenar carbohidratos (Orozco et al. 2010).
- Diámetro del cuello de la raíz (mm). Es una variable que predice mejor el comportamiento de las plantas en terreno (Orozco et al. 2010).
- Biomasa (g) en húmedo y en seco de la parte aérea y de la raíz, para lo cual se deshidrataron las plantas a 70° C en estufa durante 72 horas.

En base a las variables mencionadas, fueron calculados los siguientes índices:

- Relación Biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (BSA/BSR). Refleja el desarrollo de la planta en vivero para especies con crecimiento normal (Muñoz et al. 2015).

$$\frac{BSA}{BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}} \quad (1)$$

- Relación Altura (cm)/Diámetro (mm). Conocido como el índice de Robustez (IR) o Índice de esbeltez (Orozco et al. 2010).

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}} \quad (2)$$

- Índice de Calidad de Dickson (ICD). el cual reúne varios atributos morfológicos (altura, diámetro, peso seco y peso fresco) en un valor (Dickson et al., 1960; Prieto et al. 2011). Se usa como índice de calidad, a mayor valor del índice, resultará una mejor calidad de planta (Muñoz et al. 2015).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad (3)$$

- Relación altura/longitud de raíz (RA/LR). Predice el éxito de la plantación y debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas (Muñoz et al. 2015).

$$RA/LR = \frac{\text{Altura de planta (cm)}}{\text{Longitud de raíz (cm)}} \quad (4)$$

- Índice de lignificación (IL). Relaciona el peso seco total, entre el peso húmedo total de la planta, el cual determina el porcentaje de lignificación (Muñoz et al. 2015).

$$IL = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso húmedo o fresco total (g)}} * 100 \quad (5)$$

También fueron calculados los estadísticos descriptivos: media y error estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices morfométricos

Mediante la evaluación de las variables mencionadas, en la Tabla 1, se observa que la altura total de los plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en promedio fue de 54.27 cm, con un diámetro basal de 5.32 mm. La biomasa seca aérea promedio (g) fue igual a 12.00 y la biomasa seca de las raíces igual a 3.50. Según Navarro (2008) el patrón apto para ser injertado debe tener entre 30 a 50 cm y un grosor de tallo de 1.5 cm, aproximadamente el grosor de un lápiz común.

Tabla 5. Valores promedio de las variables en la muestra de plantines de cacao en el Vivero de la EES

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Diámetro basal (mm)	5.32	2.08	39.01
Altura total (cm)	54.27	9.97	18.37
Biomasa seca aérea (g)		12.00	
Biomasa seca raíz (g)		3.50	

En relación al diámetro basal (mm) para los plantines de cacao (5.32 mm), el rango de calidad propuesto por Muñoz et al. (2015) indica que diámetros ≥ 4.0 mm se evalúan como de calidad *Alta*. Cabe destacar que los valores propuestos por los autores son sólo referenciales para el presente estudio, dado que fueron propuestos para calificar la calidad de plantas con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado.

Tabla 6. Valores promedio de los índices morfométricos de plantines de cacao en el Vivero de la EES

Índice	Valor
Índice de Robustez (IR)	12.54
Relación BSA/BSR*	3.43
Índice de calidad de Dickson (ICD)	0.97
Relación (RA/LR)**	3.82
Índice de Lignificación (IL, %)	36.90

*Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz

** Relación altura/longitud de raíz

Sobre la relación BSA/BSR, Muñoz et al. (2015) indican que valores >2.5 corresponden a una calidad *Baja*, por lo que los valores obtenidos para los plantines de cacao (3.43) y palta (5.05) se encuentran dentro de esta categoría (Tablas 2 y 4). En lo que respecta al Índice de calidad de Dickson (ICD), el valor obtenido para los plantines de cacao fue igual a 0.97 y para los plantines de palta igual a 1.10, evaluándose como *Altos*, dado que valores ≥ 0.50 son considerados dentro del rango de calidad *Alta*.

Tabla 7. Valores promedio de las variables en la muestra de plantines de palta en el Vivero de la EES

Variable	Fuerte		Lorena		Hass	
	Med.	Desv. Est.	Med.	Desv. Est.	Med.	Desv. Est.
Altura (cm)	40.76	8.40	35.73	8.04	38.85	5.50
Diámetro (mm)	4.24	1.10	8.07	1.85	7.81	2.14
Biomasa seca aérea (g)				10.10		
Biomasa seca raíz (g)				2.02		

Med.: Media; Desv. Est.: Desviación estándar

En lo que respecta a la producción de plantines de palta (*Persiana americana* Mill), se evaluaron tres variedades, obteniéndose que para la variedad *Fuerte* el diámetro de cuello de raíz o diámetro basal (en mm) fue el menor (4.24) en comparación al de las variedades *Lorena* y *Hass* (8.07 y 7.81 mm respectivamente) (Tabla 3). Para la media de altura de planta (cm), la variedad *Fuerte* obtuvo el mayor valor (40.76) seguida de *Hass* (38.85) y *Lorena* (35.73). La producción de biomasa seca (g) registrada en promedio para las tres variedades fue de 10.10 para la parte aérea y de 2.02 para las raíces.

Muñoz et al. (2015) señalan que la altura de la planta es un buen predictor de las dimensiones futuras en campo, pero no lo es para la supervivencia; sin embargo, es conveniente considerar esta variable porque permite competir adecuadamente a los plantines.

Considerando los resultados obtenidos, de acuerdo a la variable altura, la variedad *Fuerte* es la que presenta los mayores valores, seguida de la variedad *Hass*. En la Tabla 4 también puede observarse que la variedad *Lorena* presenta el menor valor del IR (4.42), en comparación a la *Hass* (4.98) y la *Fuerte* (9.62). En este sentido, Muñoz et al. (2015) presentan valores referenciales teniendo los siguientes rangos: *Alta* IR<6.0; *Media* 6.1-8.0 y *Baja* >8.0. Considerando estos rangos, las variedades *Lorena* y *Hass* pueden ser evaluadas dentro del rango de calidad *Alta*, mientras que la variedad *Fuerte* se califica en el rango de calidad *Baja*. Si se considera este rango para los plantines de cacao (Tabla 2), el valor del IR obtenido se encuentra en el rango de calidad *Baja*. De forma similar, Sáenz et al. (2014) y Pietro et al. (2011) indican que el valor del IR debe ser menor a seis, y que, a menor valor, se tiene mejor calidad de la planta, al ser más robustas, bajas y gruesas para sitios con limitación de humedad. Por otro lado, según los mismos autores, mayores valores indican ejemplares con menor resistencia de

la planta a la desecación por el viento, supervivencia y crecimiento potencial en sitios secos.

En cuanto al diámetro (mm), para Muñoz et al. (2015), es la característica de calidad más importante porque permite predecir la supervivencia de la planta en campo y definir la robustez del tallo, por tanto, se asocia al vigor y supervivencia de la planta.

Adicionalmente, Mexal y Landis (1990) mencionan que plantas con un diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas, en función a la especie. Considerando este criterio, los plantines de cacao y de palta (*Lorena* y *Hass*) cumplen con lo recomendado. Para los mismos autores, las características morfológicas: altura y diámetro de tallo, proporcionan la mejor estimación del rendimiento de las plántulas después del trasplante y el diámetro es el mejor indicador de supervivencia.

Tabla 8. Valores promedio de los índices morfométricos de plantines de palta en el Vivero de la EES

Índice	Fuerte	Lorena	Hass
Índice de Robustez (IR)	9.62	4.42	4.98
Relación BSA/BSR*	5.05		
Índice de calidad de Dickson (ICD)	1.10		
Relación (RA/LR)	3.57		
Índice de Lignificación (IL, %)	26.35		

*Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz

En la Figura 1 se observa la relación entre el Índice de Robustez (IR) y el diámetro basal de plantines de cacao, observándose un valor del coeficiente de determinación igual a R^2 igual a 0.86 y una correlación negativa, por lo que se tiene que, a mayor diámetro de plántulas, el IR disminuye. De forma similar se presenta para los plantines de palta (Figura 2), con un R^2 igual a 0.82 y una correlación negativa.

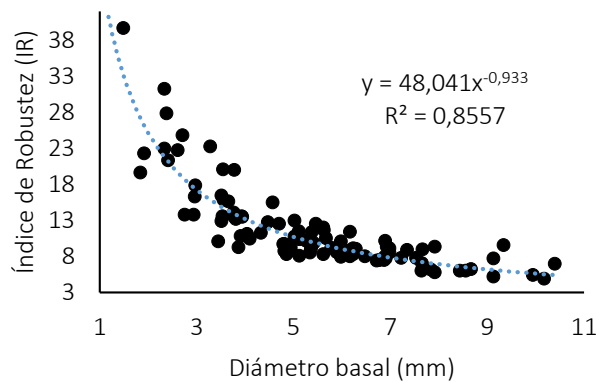


Figura 13. Relación entre el diámetro basal y el índice de Robustez (IR) para plantines de cacao, Vivero de la EES

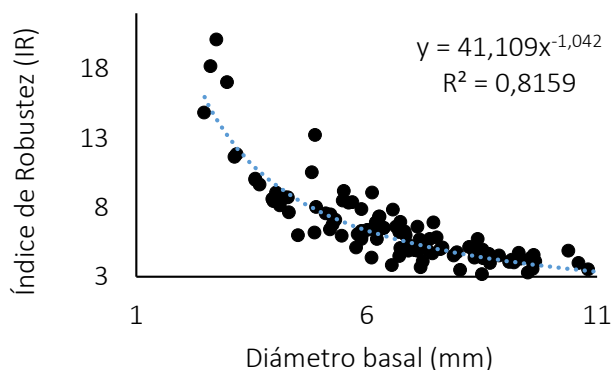


Figura 14. Relación entre el diámetro basal y el índice de Robustez (IR) para plantines de palta, Vivero de la EES

Para la relación altura de tallo y longitud de raíz (RA/LR), Sáenz et al. (2014) mencionan que la relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales; mientras que en sitios sin problemas de humedad el valor de la relación puede ser de 1.5:1 a 2.5:1. Los valores obtenidos en el presente estudio para los plantines de cacao y palta son mayores a los recomendados de acuerdo a los criterios indicados.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que, con base a la altura, los plantines de cacao cultivar IMC67 y palta (*Fuerte y Hass*) presentan los mejores valores.

Para la variable diámetro, se observó que los plantines de cacao y palta (*Hass y Lorena*) alcanzaron los valores apropiados para predecir un mejor comportamiento de las plantas para condiciones de trasplanta en campo.

Se obtuvieron valores inferiores a los recomendados para la Relación Biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (BSA/BSR). De forma contraria sucedió con el Índice de Calidad de Dickson (ICD).

De acuerdo con el Índice de Calidad de Dickson (ICD), ambos grupos de plantines cumplen con los requerimientos que permiten una mejor calidad de planta.

Se observa una alta correlación entre el diámetro basal y el índice de robustez (IR) en los plantines de cacao y palta.

Son necesarios otros estudios similares en diferentes especies y genotipos de cultivos como el cacao, palta, cítricos, entre otros. Además, se requieren estudios relacionados a la caracterización de los sistemas de producción en viveros de la región, para conocer las principales necesidades en el mejoramiento del proceso de producción de plantines. Asimismo, se hace necesario contar con mayores estudios relacionados a las características morfológicas y fisiológicas de plantines en vivero, así como el establecimiento de indicadores de calidad locales.

AGRADECIMIENTOS

A la Estación Experimental Sapecho y a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2009). *Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración*, Conafor. Guadalajara, Jal. México, 9 p.
- Dickson, A. A. L.; Leaf y Hosner, J. F. (1960). *Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries*, For. Chron, 36, 10-13.
- Gutiérrez, M. R.; Gómez, S.; Rodríguez, N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 12(1), 33-42.

- Merchán, M.; Flores, E. y Quiroz, J. (2015). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quevedo, Ecuador.
- Mexal, J. G. y Landis, T. D. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. In *Proceedings, western Forest nursery association*, 13-17.
- Muñoz, H. J. M.; Sáenz, J. T.; Coria, V. M.; García, J. J. M.; Hernández, J. R. y Manzanilla, G. E. Q. (2015). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6 (27), 72-89.
- Orozco, G.; Muñoz, J.; Rueda, A.; Sigala, J. A.; Prieto, J. P. y García, J. J. M. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del Estado de Colima. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, *Rev. Mex. Cien. For.* (1) 2, 134 - 145.
- Navarro, P. M. (2008). *Cultivo del cacao en sistemas agroforestales: Guía técnica para promotores*. IPADE (Instituto para el Desarrollo y la Democracia), Nicaragua.
- Prieto, J. P. A.; Sáenz, R. J.; Alarcón B. A.; Rueda, S. A. y Benavides, D. J. (2011). *Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la sierra madre occidental*. Capítulo II Materiales y Métodos. Campo Experimental Valle del Guadiana CIRNOC. Libro técnico Núm. 3. Durango, Dgo. México, 23-30.
- Rueda, S. A.; Benavides, D. J. y Sáenz, R. J. (2014). *Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayaritt*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (22), 58-73.
- Sáenz, R. J.; Muñoz, F. H. J.; Pérez, C. M. Á.; Rueda - Sánchez, A. y Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(26), 98-111.
- Sánchez, S. y 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, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica, 28 (2), 95-106. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=43628209>.
- Ticona, J.; Maldonado, C.F.; Ticona, C. Q.; Quelali, L. M; Choque, C. E. T.; Alaro, J. M.; Jira, A. H. y Cadena, F. M. (2017). *Investigación y Formación: "Pilares del Desarrollo Productivo Sostenible"*, Estación Experimental de Sapecho, Facultad de Agronomía-UMSA.
- Villar, S. P.; Peñuelas, J. L. R y Carrasco, M, I. (2000). Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta de *Pinus pinea*. In: *Actas del primer simposio sobre el pino piñonero*, Valladolid, España, 1, 221-218.