



# Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero

## Effect of packaging sizes and three types of substrates to obtain Cacao rootstock (*Theobroma cacao* L.) in nursery

Henry Vargas Q.<sup>1</sup>; Francisco Santa Cruz V.<sup>1,\*</sup>; Analí Lizárraga F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agraria Andenes. Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Micaela Bastidas 314-316 Cusco, Perú.

\*Autor correspondiente: [analilizarraga@hotmail.com](mailto:analilizarraga@hotmail.com) (A. Lizárraga)

ID ORCID de los autores

H. Vargas:  <http://orcid.org/0000-0003-2475-8193>

F. Santa:  <http://orcid.org/0000-0001-6019-4853>

A. Lizárraga:  <http://orcid.org/0000-0003-2673-5841>

---

### RESUMEN

La investigación se realizó en campo experimental de Sahuayaco-La Convención, Cusco perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. La obtención de portainjertos vigorosos es una práctica común para la producción de plantas de cacao en vivero. Se tuvo como objetivos, determinar la dimensión adecuada de envase, tipo de sustrato y la interacción entre estos, para garantizar la obtención de portainjertos de calidad en cacao. El diseño experimental utilizado fue un DCA con arreglo factorial de 4 dimensiones de envase con 3 tipos de sustrato, teniendo 12 tratamientos con 3 repeticiones. Se utilizaron semillas pre germinadas de cacao IMC-67 y para caracterizar el comportamiento de los portainjertos, se evaluaron a los 120 días, longitud de tallo (cm), diámetro del tallo (cm) y número de hojas. Se obtuvieron los mejores resultados con la dimensión de envase 8"x12"x2 mm y el tipo de sustrato 1: mezcla 3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza, respecto a las tres variables evaluadas. En cuanto a la interacción de estas, se concluyó que el sustrato 1 fue determinante para la obtención de las mejores medias, según las variables estudiadas, mas no la dimensión de envases en la mayoría de los tratamientos.

**Palabras clave:** cacao; portainjerto; sustrato; tamaño de envase; vivero.

### ABSTRACT

The research was carried out in an experimental field in Sahuayaco-La Convencion, Cusco, which belongs to the National Institute of Agrarian Innovation-INIA. Obtaining the strongest rootstocks, it is a common practice to make the production of cocoa plants in the nursery. The objectives were to determine the appropriate container size, type of substrate and the interaction between them, to guarantee the best quality of rootstocks in cocoa. The used experimental design was a DCA with a factorial arrangement of 4 different containers size with 3 types of substrate, subjects to 12 treatments with 3 replications. Pre-germinated IMC-67 cocoa seeds were used, and in order to characterize the behavior of the rootstocks, stem length (cm), stem diameter (cm) and number of leaves were evaluated after 120 days. The best answers were obtained with the 8"x12"x2 mm container size and the type of substrate 1: 3: 1: 1/4 mix; agricultural soil: rice husk: chicken manure, for all three evaluated variables. Regarding the interaction between these, it was concluded that substrate 1 was decisive in obtaining the best averages, based on the variables studied, but not packaging size for most of the treatments.

**Keywords:** cocoa; rootstock; substrate; packaging size; nursery.

---

Recibido: 13-04-2020.

Aceptado: 16-05-2020.

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es originario de América Central (Lachenaud y Motamayor, 2017) y de Sudamérica (Valenzuela, 2007; Motamayor *et al.* 2002; Arevalo-Gardini *et al.* 2019), considerada una especie nativa de la amazonía peruana y cultivada originalmente por la tribu de los Matsigenkas (Bioversity, 2009), donde crece espontáneamente desde hace más de 6000 años, y de allí se derivó a otras zonas donde fue domesticada (Sounigo *et al.*, 2003). Considerado uno de los productos agrícolas de mayor importancia en el mundo, debido a que se obtienen subproductos de gran valor nutritivo (López y Gil, 2017; Bekele, 2019). El Perú está clasificado como país productor y exportador de cacao fino de hasta 90% (ICCO, 2010) y segundo productor mundial por su alta calidad y aroma (MINAGRI, 2016), sin embargo, la producción de cacao en Perú está estrechamente relacionada a factores importantes, como inapropiadas prácticas culturales sobre el limitado conocimiento de la fenología del cacao (Gil-Restrepo *et al.* 2017), lo que determina el rendimiento y calidad del producto final. Además, para obtener buenos rendimientos, se requiere de un mejor conocimiento y manejo de este cultivo, como la adecuada obtención de portainjertos. La utilización de portainjertos obtenidos de semillas botánicas permite tener bajos costos de producción de planta, ya que estos tienen diferente capacidad de absorción y transporte de nutrientes a la parte aérea del árbol (Kremer-Khöne y Khöne, 1992). Por

otro lado, el portainjerto de calidad puede brindar cierta tolerancia al ataque de hongos u otros patógenos que pueden afectar a las plántulas. Asimismo, la correcta elección de sustratos y tamaño de envases en la fase de vivero es de suma importancia, ya que incide de forma directa sobre el desarrollo del cultivo (Gardiazabal y Rosenberg, 1991) y puede afectar sobre las variables vegetativas en el cacao. Es por este motivo que, desde hace algunos años, el mercado del chocolate está experimentando un fuerte crecimiento de la demanda (Badrie *et al.*, 2015), empresas chocolateras de todo el mundo visitan el país con el fin de cerrar contratos directamente con los productores de cacao, permitiendo al agricultor tomar conciencia en mejorar sus buenas prácticas agrícolas y manufactureras en toda la cadena de valor, y ofrecer un producto de calidad. Esto abre la posibilidad de poder impulsar su cultivo a través de la utilización de nuevas técnicas de propagación (Leiva-Rojas *et al.* 2019) utilizando portainjertos vigorosos y resistentes.

En la actualidad existe escasa información técnica respecto a la combinación adecuada de preparación de sustrato, y dimensión de envase, para la propagación de cacao. Esta investigación tuvo la finalidad de determinar la mejor interacción entre cuatro dimensiones de envase combinado con tres tipos de sustrato, para obtener portainjertos óptimos en la fase de vivero, para su posterior injertado y trasplante en campo definitivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en viveros del Anexo Sahuayaco de la E.E.A. Andenes perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria- INIA, ubicado en el distrito de Echarate provincia de La Convención, Región Cusco. El área se ubica en las coordenadas: 12°41'8,3" latitud S y 72°31'8,4" longitud O, a una altitud de 850 msnm, con temperaturas de promedio anual de 23,6°C, humedad relativa promedio de 81% y una precipitación anual de 1100 mm en 2017. La zona de vida corresponde a bosque seco sub tropical BS-ST, según el sistema de clasificación de zonas de vida propuesto por Holdridge (1967).

### 2.2. Material vegetal

Como material vegetal de partida, se seleccionaron semillas de clones de cacao IMC-67 (Iquitos mezcla con calabacillo), colección forastero amazónico (García, 2010). Estas semillas fueron seleccionadas de plantas madre georreferenciadas 18 L 0769442(x) 8595568(y), de aproximadamente 30 años de edad, ubicadas en el sector Kepashiato Bajo, distrito de Echarate, Provincia de la Convención, Región Cusco.

### 2.3. Procedimiento

#### 2.3.1. Selección y obtención de semillas para instalación en vivero

Se seleccionaron mazorcas maduras del tronco de la parte baja de las plantas madres, con el fin de

obtener semillas uniformes y más vigorosas. Una vez cosechadas las mazorcas, se procedieron a abrirlas con ayuda de herramienta de corte (machete), haciendo un corte oblicuo en la base del fruto y desechando la placenta del mismo. Se extrajeron las semillas de la mazorca, escogiendo las más vigorosas ubicadas en la parte media y desechando las de los extremos.

#### 2.3.2. Desmulsinado y desinfección de semillas

Obtenidas las semillas se procedió al retiro del muclago de las semillas del cacao, mediante acción mecánica utilizando aserrín durante aproximadamente cinco minutos, finalmente se dejó airear las semillas durante ocho horas, para su posterior desinfección. Como control preventivo para eliminar posibles agentes causales como los hongos y evitar su crecimiento durante la fase de pre-emergencia, se utilizó el fungicida agrícola Parachupadera® (captan + flutonalil) espolvoreando 4 g de producto por 1 kg de semilla.

#### 2.3.3. Instalación de cama pre germinadora

Se instaló una cama pre germinadora, con tamaño de 2 m de largo por 1 m de ancho y una altura de 30 cm, con la finalidad de uniformizar y acelerar el proceso de germinación de las semillas. Antes de proceder al llenado con sustrato en el germinadero, estos se humedecieron con agua hasta obtener una humedad relativa del 60%. El llenado de sustrato en el germinadero se realizó manualmente, la

primera capa con arena fina, a una altura de 20 cm y la segunda capa con aserrín con 10 cm de altura. Al mismo tiempo se desinfectó dicho sustrato con fungicida Ridomil® (30 g/mochila de 15 L). Por último, se procedió a realizar la compactación del sustrato para evitar encharcamientos de agua y espacios de aire.

**2.3.4. Siembra de semillas en las camas pre germinadoras**

Consistió en el colocado de semillas de cacao en hileras distanciadas entre sí por 2 cm. En esta fase, los riegos fueron realizados a diario, con el fin de mantener la humedad constante, durante 3 a 4 días hasta garantizar la emergencia de la radícula en las semillas de aproximadamente un milímetro. Durante este proceso se colocaron en cada cama pre germinadora una cobertura de paja con el objetivo de brindar sombra a las semillas, durante el periodo de emergencia de la radícula.

**2.3.5. Instalación de camas en vivero**

La construcción del vivero se realizó con malla Raschel de 60%, con el fin de dar sombra a las plántulas de cacao en cada uno de los tratamientos. Las columnas fueron de madera aguano con dimensiones de 4"x4" y 6"x6", además se utilizaron tablas de aguano de 2,5 m x 0,3 m x 2", grava de 2" en el piso con 5 cm de espesor. El vivero tuvo características como buenas vías de acceso, que permitieron la entrada y salida de material vegetal, su ubicación fue en terreno plano y no rocoso, con disposición de agua entre otros factores que hicieron posible la producción del material vegetal.

**2.3.6. Desinfección de sustratos y llenado de envases**

Consistió en la desinfección de los diferentes tipos de sustratos, para que estos se encuentren libres de patógenos que puedan afectar el normal desarrollo de

las plántulas de cacao. Esta labor se realizó pulverizando con fungicida Pentacloro® (75 g/mochila de 15 L) cada uno de los sustratos. Se procedió al llenado de los envases (bolsas de polietileno), tres días después de la desinfección. Se utilizaron los sustratos debidamente mezclados y desinfectados, para cada uno de los tratamientos. Por último, se procedió a ubicar los envases conteniendo el sustrato mezcla en hileras dobles por tratamientos y aleatorizados.

**2.3.7. Trasplante de plántulas pre germinadas de cacao**

Se hizo la selección de las semillas pre germinadas, de aquellas que emergieron la radícula de aproximadamente de entre uno a tres milímetros, descartando aquellas que no germinaron, que presentaban dos radículas u otras con deformaciones. Se realizó el trasplante de las semillas previamente pre germinadas a los envases conteniendo los tres tipos de sustratos mezcla. Se procedió a colocar las semillas pre germinadas en los envases a una profundidad de un cm. y en forma vertical con la radícula hacia abajo, haciendo un previo agujero y cubriendo con tierra agrícola y aserrín en el extremo superior de la semilla.

**2.3.8. Manejo agronómico de las plántulas en vivero**

Se realizaron riegos por aspersion permanente las dos primeras semanas, dos veces al día, sucesivamente se fue disminuyendo la frecuencia realizándolo de manera inter diaria hasta llegar a dos veces por semana, según la necesidad hídrica y las condiciones climáticas. El control de malezas se hizo de forma manual cada diez días, con el fin de evitar el daño mecánico en las plántulas y la competencia de los mismos con las malezas.

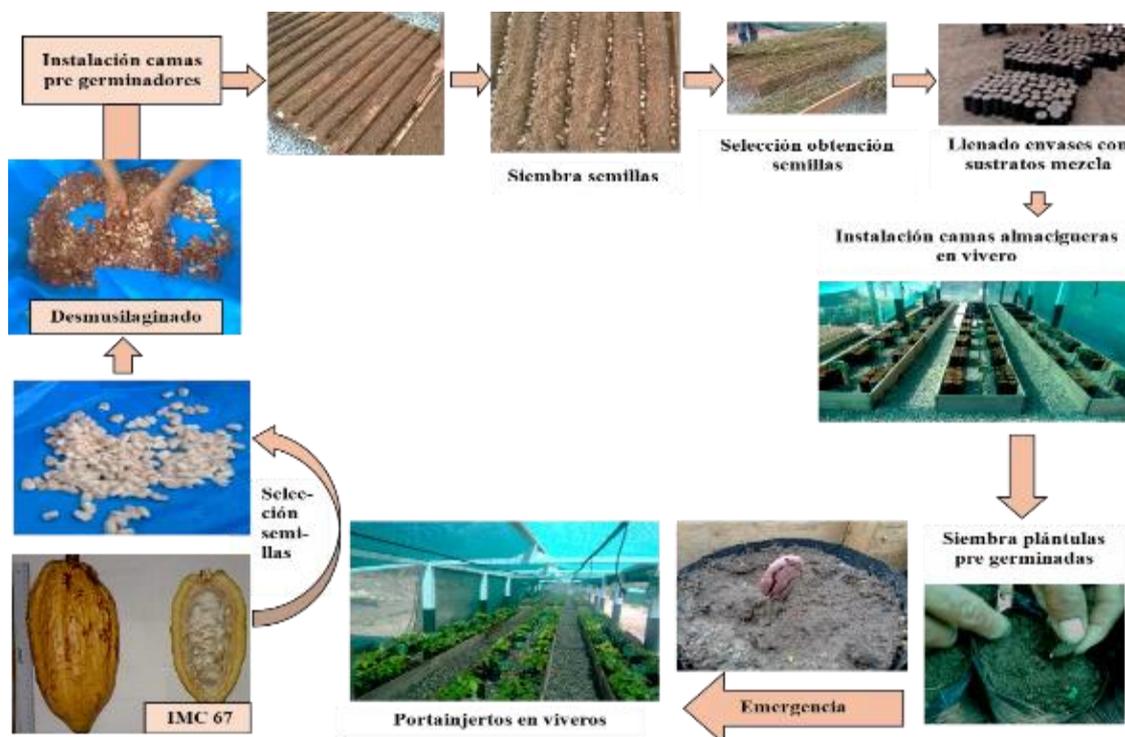


Figura 1. Procedimiento para la obtención de portainjertos de cacao IMC-67, en diferentes dimensiones de envases combinados con distintos tipos de sustratos.

Además, se realizó fertilización foliar Bayfolan®: 45 ml/15 litros de agua + adherente BB-5: 5 ml/15 litros de agua, después de 21 días del trasplante, con el objetivo de acelerar el desarrollo de cada plántula y alcance de las condiciones óptimas en cada uno de los tratamientos. Finalmente, el control fitosanitario, se realizó con el fin de minimizar el ataque de hongos como la *Rhizoctonia solani* Kühn, *Fusarium sp* y *Pythium sp.*, para ello se aplicó fungicida Aliette® (Fosetyl aluminio), además se aplicaron insecticidas Ciclon (Farmagro) y Cyperklin 25®, cada 15 días a una dosis de 20 ml/15 litros de agua y 30 ml/15 litros de agua respectivamente, y para una mejor acción se utilizó cebos tóxicos que consistió en una mezcla de maíz triturado con fipronil, colocando dicha mezcla en las calles y alrededores del vivero, todo ello con el fin de controlar insectos cortadores de hojas (*Atta sp.*) e insectos picadores chupadores. El proceso desde la obtención de mazorcas maduras de plantas madres, en campo hasta conseguir de portainjertos, después de 120 días de cultivo, se detallan en el siguiente esquema (Figura 1).

#### 2.4. Evaluación de variables

Se realizaron las evaluaciones en los portainjertos, con el fin de registrar el comportamiento de estos, para cada uno de los tratamientos. La toma de datos se realizó en el mes de noviembre del 2017, después de 120 días de cultivo. Se tomaron en cuenta la longitud de tallo (cm), para lo cual se midió con una regla milimétrica desde el cuello de la planta, hasta el ápice de la yema terminal; diámetro del tallo (cm), se procedió a la toma de datos con ayuda de un vernier, aproximadamente a cinco cm del cuello de la planta y finalmente se tomaron los datos del número de hojas, para esta actividad se realizó el conteo de las hojas desarrolladas en los portainjertos en cada uno de los tratamientos.

#### 2.5. Análisis Estadístico

Se analizaron los datos de longitud de tallo, diámetro de tallo y número de hojas en los tratamientos realizados con cuatro diferentes dimensiones de envases (Tabla 1) y con tres tipos de sustrato (Tabla 2). El estudio estadístico se realizó con datos de tres repeticiones de 20 plántulas cada uno siendo  $n = 60$  (Tabla 3). La normalidad de los datos obtenidos fue analizada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov a un 95% de confianza y después de comprobar la homogeneidad de varianzas mediante el estadístico de Levene, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) de un solo factor ( $p < 0,05$ ), que nos permite analizar una variable en estudio en los doce tratamientos (Tabla 4) y detectar las diferencias significativas entre ellas. Por último, se aplicó la prueba de post hoc HSD de Tukey ( $p < 0,05$ ), lo que nos proporciona la comparación de medias. El análisis estadístico se llevó a cabo con el software estadístico Minitab versión 19 a un 95% de confianza (Minitab Inc., 2019).

**Tabla 1**  
Dimensiones de envases (bolsa de polietileno)

Dimensión de envase	Descripción
DE1	Bolsa de polietileno de color negro de 8"x12"x2 mm
DE2	Bolsa de polietileno de color negro de 7"x11"x2 mm
DE3	Bolsa de polietileno de color negro de 6"x12"x2 mm
DE4	Bolsa de polietileno de color negro de 6"x8"x2 mm

**Tabla 2**  
Tipo de sustratos

Tipo de Sustrato	Descripción
S1	Mezcla 3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza
S2	Mezcla 1:1/8:1/8; tierra agrícola: arena: compost; + 17 kg gallinaza + 125 g super triple.
S3	Mezcla 3:1:1/8:1/8; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza: ceniza; + 0,5 kg dolomita + 0,5 g guano de isla + 0,5 g roca fosfórica + 0,5 g sulfato de mg.

**Tabla 3**  
Diseño experimental (DCA) con arreglo factorial de 4x3. DE = Dimensión de envase; TP = Tipo de sustrato; NR = Número de repeticiones; NPR = Número de plantas por repetición; NTPE = Número total de plantas por experimento; NT = Número de tratamientos

DE	TP	NR	NPR	NTPE	NT
DE1	S1	3	20	60	T1
	S2	3	20	60	T2
	S3	3	20	60	T3
DE2	S1	3	20	60	T4
	S2	3	20	60	T5
	S3	3	20	60	T6
DE3	S1	3	20	60	T7
	S2	3	20	60	T8
	S3	3	20	60	T9
DE4	S1	3	20	60	T10
	S2	3	20	60	T11
	S3	3	20	60	T12

**Tabla 4**  
Interacción de cuatro dimensiones de envase con tres tipos de sustrato, agrupados en doce tratamientos

Tratamiento	Interacción
T1	DE1xS1
T2	DE1xS2
T3	DE1xS3
T4	DE2xS1
T5	DE2xS2
T6	DE2xS3
T7	DE3xS1
T8	DE3xS2
T9	DE3xS3
T10	DE4xS1
T11	DE4xS2
T12	DE4xS3

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**3.1. Análisis de la dimensión de envases y sustratos**

Para la obtención de portainjertos de calidad, se determinó de forma independiente la mejor dimensión de envase y tipo de sustrato. Se analizaron las tres variables en estudio con los datos obtenidos de la media de 720 muestras evaluadas. Los resultados obtenidos muestran que la mejor dimensión de envase, respecto a las tres variables (longitud de tallo, diámetro de tallo y número de hojas) a los 120 días de cultivo, fue la bolsa de polietileno de 8"x12"x2 mm (DE1), con medias de 30,02 cm; 0,56 cm y 16,30 respectivamente, mientras que la bolsa 6"x8"x2 mm alcanzó la menor media, en las tres variables en estudio. Según el análisis estadístico y la prueba de post hoc de Tukey, los resultados de la media respecto a las tres variables para la DE1 y DE2 mostraron que no existen diferencias significativas entre estas (Tabla 5), sin embargo, la DE3 y DE4 sí mostraron diferencia significativa frente a los demás envases evaluados, siendo estas las de menor dimensión. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Osorio *et al.* (2017) en su estudio, donde mencionan que el mayor crecimiento de plantas de cacao IMC-67 fueron las sembradas en contenedores grandes, debido a que el volumen y la altura del contenedor condicionan el crecimiento de la raíz y esto influye en la biomasa de la parte aérea de la planta.

**Tabla 5**

Efecto de cuatro dimensiones de envases, respecto a las variables longitud de tallo, diámetro de tallo y número de hojas/planta. DE= Dimensión de envase; LT= Longitud de tallo; α = Significancia 0,05; DT=Diámetro de tallo; NH= Número de hojas/planta

DE	LT (cm)	α	DT (cm)	α	NH	α
DE1	30,02	a	0,56	a	16,30	ab
DE2	28,67	ab	0,54	ab	16,74	a
DE3	28,73	ab	0,53	a b	15,50	b
DE4	27,54	b	0,52	b	13,97	c

Medias con diferentes letras, presentan diferencias significativas entre dimensiones de envase.

Respecto al sustrato mezcla se realizó el mismo procedimiento con las medias de las 720 muestras. Según los resultados obtenidos el S1: Mezcla 3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza, obtuvo la mayor media respecto a las variables: longitud de tallo, diámetro de tallo y número de hojas, con medias de 36,50 cm.; 0,64 cm. y 18,56 cm. respectivamente. El análisis estadístico de las medias, mostró diferencias estadísticas entre los tres tipos de sustrato, según la prueba de Tukey con un nivel de significancia al 5%. (Tabla 06). Según lo observado en el análisis, el sustrato 1, está compuesto en su mayoría por abonos de origen orgánico, frente a los sustratos 2 y 3 que contienen al menos un compuesto químico. En relación a esta diferencia se puede observar el efecto positivo que causan los abonos orgánicos en variables vegetativas como longitud de tallo, diámetro de

tallo y número de hojas en plántulas de cacao IMC-67, esto concuerda con los resultados obtenidos por Triano-Sánchez *et al.* (2016) donde mencionan que el uso de abonos orgánicos en el sistema de producción del cacao permite mejorar las condiciones nutricionales incluso en el caso de suelos ricos en nutrientes. Asimismo, Hipólito-Romero *et al.* (2017) indican que las plantas de cacao incrementan considerablemente su tamaño, al incorporar biofertilizantes en los sustratos.

**Tabla 6**

Efecto de tres tipos de sustrato, respecto a las variables longitud de tallo, diámetro de tallo y número de hojas/planta. S=Sustrato; LT= Longitud de tallo; α = Significancia 0,05; DT=Diámetro de tallo; NH= Número de hojas/planta

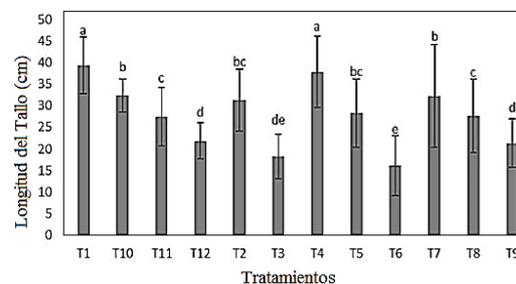
S	LT (cm)	α	DT (cm)	α	NH	α
S1	36,50	a	0,64	a	18,56	a
S2	29,67	b	0,53	b	16,75	b
S3	20,04	c	0,45	c	10,91	c

Medias con diferentes letras, presentan diferencias significativas entre tipos de sustrato

**3.2. Interacción de la dimensión de envase combinado con tipo de sustrato**

**3.2.1. Longitud de tallo**

El análisis estadístico (F = 120,50; p < 0,05) de los datos obtenidos de la interacción de dimensiones de envases (bolsas de polietileno) combinado con los tres tipos de sustrato, respecto a la variable longitud de tallo (cm.) del portainjerto IMC-67, mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, después de 120 días de cultivo. De acuerdo con los resultados obtenidos, las mayores medias se alcanzaron en los tratamientos T1 (DE1xS1), T4 (DE2xS1) T7 (DE3xS1) y T10 (DE4xS1) con valores de 39,32 cm, 38,51 cm 35,78 cm y 32,38 cm. respectivamente (Figura 2). Según los datos obtenidos se puede deducir que el tipo de sustrato es más importante para la obtención de una mayor media de longitud de tallo, frente a la dimensión de envase.



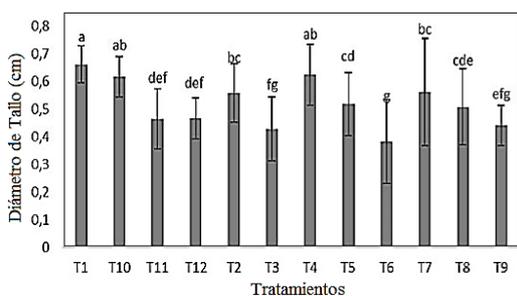
**Figura 2.** Representación gráfica de las medias de longitud de tallo obtenido con cuatro dimensiones de envase combinados con tres tipos de sustrato. Letras diferentes sobre las barras con error indican diferencias significativas entre tratamientos.

Esto concuerda con lo mencionado por Gutiérrez *et al.* (2011) que indican que las plántulas de cacao IMC-67, bajo condiciones de vivero pueden ser

cultivadas en diferentes tipos y tamaños de recipientes, alcanzando una media de 28 cm. para esta variable a los 120 días de cultivo. Asimismo, Cortés-Patiño *et al.* (2015) en su estudio mencionan que la incorporación de microorganismos al sustrato es importante para mejorar el desarrollo vegetal de las plantas de cacao en etapa de vivero. Por otro lado, Fernández *et al.* (2017) señalan en su estudio que el manejo de los balances nutricionales en los sustratos más que de las dosis de fertilizantes, es importante para la obtención de material vegetal de calidad para portainjerto en cultivo de cacao.

### 3.2.2. Diámetro de tallo

Según la prueba ANOVA y la prueba de post hoc de Tukey, los resultados de la media respecto al diámetro de tallo mostraron diferencias significativas entre todos los tratamientos para esta variable ( $F = 87,47$ ;  $p < 0,05$ ). Es importante destacar que el diámetro de tallo presente en el portainjerto influye sobre la calidad de este, debido a que a mayor diámetro del portainjerto mayor cantidad de área foliar, según lo indicado por Reyes *et al.* (2016). De los resultados obtenidos, la mayor media (0,66 cm) se alcanzó con el tratamiento T1 (DE1xS1), seguido de los tratamientos T4 (DE2xS1), T7 (DE3xS1) y T10 (DE4xS1) con medias de 0,64, 0,63 y 0,62 cm. respectivamente, después de 120 días de cultivo (Figura 3) siendo el factor determinante el tipo de sustrato (S1), mas no así el tamaño de envase. Sin embargo, Gamboa *et al.* (2017) indican que el factor determinante es el genotipo del portainjerto utilizado, esto se debe a que en su estudio obtuvo la media más alta para diámetro de tallo de 0.65 cm aproximadamente con el genotipo UF-221 frente al 0,56 cm para el genotipo IMC-67, a los 120 días de cultivo.

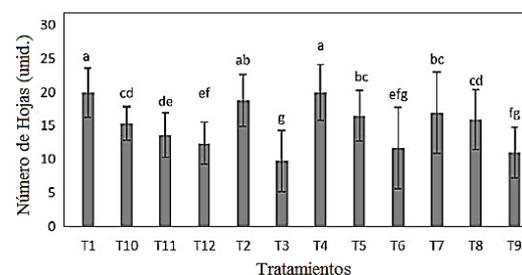


**Figura 3.** Representación gráfica de las medias de diámetro de tallo obtenidos con cuatro dimensiones de envase combinado con tres tipos de sustrato. Letras diferentes sobre las barras con error indican diferencias significativas entre tratamientos.

Asimismo, Orozco y Thienhaus (1997) mencionan que la aplicación de abono orgánico (gallinaza) contribuye al incremento del diámetro del tallo, en plántulas de cacao. Por otro lado, Cervantes-Rodríguez *et al.* (2018), en su estudio señalan que el factor sustrato causó diferencias significativas en el crecimiento de las plantas *Prosopis laevigata* en las variables diámetro y producción de biomasa de la parte aérea de este cultivo.

### 3.2.3. Número de Hojas

El análisis de los datos conseguidos en cuanto a número de hojas de plántulas de cacao en condiciones de vivero, el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T4 (DE2xS1), seguido del tratamiento T1 (DE1xS1) con una media de 20,25 y 19,85 respectivamente y los menores valores se obtuvieron con los tratamientos T3 (DE1xS3) y T9 (DE3xS3) alcanzando solo 10,01 y 10,97 respectivamente. Con estos resultados se puede definir que el tipo de sustrato es más determinante respecto a la dimensión de envase, para la obtención del mayor número de hojas en el portainjerto de cacao IMC-67, a los 120 días de cultivo. Sin embargo, Gutiérrez *et al.* (2011), indican que las plantas de cacao respondieron a la limitación del volumen del sustrato y espacio de crecimiento, por lo que el tamaño y capacidad volumétrica de los contenedores alteró significativamente el crecimiento y desarrollo de las estructuras vegetativas aéreas de las plántulas. Por otro lado, Gamboa *et al.* (2017) concluyen que el genotipo UF-221 fue determinante frente al genotipo IMC-67, obteniendo medias de 12 y 14 respectivo a número hojas, a los 120 días de cultivo. El análisis estadístico de la prueba ANOVA, nos muestra las diferencias significativas en cuanto a la media ( $F = 75,44$ ;  $p < 0,05$ ) para esta variable en cada uno de los tratamientos probados, después de 120 días de cultivo (Figura 4).



**Figura 4.** Representación gráfica de número de hojas obtenidos con cuatro dimensiones de envase combinado con tres tipos de sustrato. Letras diferentes sobre las barras con error indican diferencias significativas entre tratamientos.

## CONCLUSIONES

Respecto a las tres variables en estudio se evidencia que la dimensión de envase 8"x12"x2mm, mostró mejores resultados frente a los demás. Por otro lado, el sustrato S1 (3:1:1/4; tierra negra: cascarilla de arroz: gallinaza), obtuvo el mejor resultado respecto a las tres variables en estudio frente a los otros sustratos. Además, en la interacción de estos dos componentes se observó,

que los tratamientos T1 (DE1xS1) y T4 (DE2xS1) mostraron mejores resultados en las tres variables en estudio, teniendo como factor común al sustrato1, mientras que el tipo de envase fue diferente en los dos casos. Por lo que se puede determinar que el tipo de sustrato influye de forma directa en la obtención de buenos portainjertos frente a la dimensión de envase. En futuros trabajos

de investigación se sugiere utilizar en mayor proporción sustratos de origen orgánico, debido a que en este estudio el Sustrato1 fue el más sobresaliente teniendo como componentes

3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza, respecto a los demás sustratos que al menos contienen un producto químico.

#### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue realizada en el marco del Proyecto "Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia de tecnologías agrarias mediante el uso de material genético de plántulas de alta calidad en el cultivo de cacao en la provincia de la Convención de la región Cusco" con fuente de financiación del Tesoro

público, código en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) 328923. Teniendo como entidad ejecutora al Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA, con administración directa por parte de la estación experimental agraria Andenes-Cusco.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arevalo-Gardini, E.; Meinhardt L.W.; Zúñiga L.C.; Arevalo-Gardini, J.; Motilal, L.; Zhang, D. 2019. Genetic identity and origin of "Piura Porcelana"—a fine-flavored traditional variety of cacao (*Theobroma cacao*) from the Peruvian Amazon. *Tree Genet Genomes* 15(1):11.
- Biodiversity. 2009. Resumen del Proyecto Rescate del cacao Chunchu, un cacao peruano de alta calidad y buena competitividad. Oficina Regional para las Américas. Cali, Colombia. 12 p.
- Badrie, N.; Bekele, F.; Sikora, E.; Sikora, M. 2015. Cocoa Agronomy, Quality, Nutritional, and Health Aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(5): 620–659.
- Bekele, F.L.; Bidaisee, G.G.; Singh, H.; Saravanakumar, D. 2019. Morphological characterisation and evaluation of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad to facilitate utilisation of Trinitario cacao globally. *Genetic Resources and Crop Evolution* 67(3): 621-643.
- Cervantes-Rodríguez, N.; Prieto-Ruiz, J.A.; Rosales-Mata, S.; Félix-Herrán, J.A. 2018. Growth of mesquite in the nursery under different substrate, irrigation and moisture retainer conditions. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 24(1): 17-31.
- Cortés-Patiño, S.L.; Vesga-Ayala, N.P.; Sigarroa-Rieche, A.K.; Moreno-Rozo, L.Y.; Cárdenas-Caro, D.M. 2015. Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro* 27(3): 151-158.
- Fernández, J.; Bohorquez, W.; Rodríguez, A. 2017. Dinámica nutricional de cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas* 10(2): 367-380.
- Gamboa, R.; Borjas, R.; Saravia, D.; Alarcón, G.; Alvarado, L.; Julca, A. 2017. Comportamiento en Vivero de Diferentes Patrones y Plantas Injertadas De Cacao (*Theobroma cacao* L.) en Rio Negro, Satipo, Junín, Perú. *Revista Pakamuros* 5(1): 34-42.
- García, L.F. 2010. Catálogo de cultivares de cacao del Perú. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú. 108 p.
- Gardiazabal, F.; Rosenberg, G. 1991. Cultivo de los cítricos. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota. Chile. 400 pp.
- Gil-Restrepo, J.P.; Leiva-Rojas, E.; Ramírez, R. 2017. Phenology of cocoa tree in a tropical moist forest. *Científica* 45: 240-252.
- Gutiérrez, M.; Gómez, R.; Rodríguez N.F. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(1): 33-42.
- Hipólito-Romero, E.; Carcaño-Montiel, M.G.; Ramos-Prado, J.M.; Vázquez-Cabañas, E.A.; López-Reyes, L.; Ricaño-Rodríguez, J. 2017. Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología* 49(4): 356-365.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Trop. Res. Center, San José, Costa Rica. 206 pp.
- International Cocoa Organization, ICCO. 2010. Annual report 2010/2011. Londres:12 p.
- Kremer-Khõne, S.; Khõne, J.S. 1992. Yield and quality of 'Fuerte' and 'Hass' on clonal rootstocks. South Africa. *South African Avocados Grower's Association Yearbook*. 15: 69-70.
- Lachenaud, P.; Motamayor, J.C. 2017. The Criollo cacao tree (*Theobroma cacao* L.): a review. *Genet Resour Crop Evol* 64(8): 1807–1820.
- Leiva-Rojas, E.I.; Gutiérrez-Brito, E.E.; Pardo-Macea, C.J.; Ramírez-Pisco, R. 2019. Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista fitotecnia mexicana* 42(2): 137-146.
- López Medina, S.E.; Gil, A.E. 2017. Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao". *Arnaldia* 24(2): 609-618.
- MINAGRI. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Un análisis de la producción y el comercio. Primera edición. 90 pp.
- Minitab Inc. 2019. MINITAB statistical software. Minitab Release 13 for Windows
- Motamayor, J.C.; Risterucci, A.M.; López, P.A.; Ortiz, C.F.; Moreno, A. 2002. Cacao domestication. I. The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- Orozco, M.C.; Thienhaus, S. 1997. Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 81-92.
- Osorio, M.; Leiva, E.; Ramírez, R. 2017. Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Rev. Cienc. Agr.* 34(2): 73 - 82.
- Reyes, M.; Marín, L.; Montalván, O. 2016. Prendimiento de dos tipos de injertos en cacao en distintas fases lunares, Siuna, 2014. *Ciencia E Interculturalidad* 17(2): 92-105.
- Sounigo, O.; Lachenaud, P.; Bastide, P.; Cilas C.; N'Goran, J.; Lanaud, C. 2003. Assessment of the value of doubled haploids as progenitors in cocoa (*Theobroma cacao* L.) breeding. *J. Appl. Genet.* 44: 339-353.
- Triano-Sánchez, A.; Palma, D.; Salgado-García, S.; Lagunes-Espinoza, L.C.; Ávalos, V. 2016. Nutrición orgánica en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. *Agro productividad* 9: 38-44.
- Valenzuela A. 2007. El chocolate un placer saludable. Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología. Santiago, Chile. *Nutrición* 34(003): 1-20.