



<https://eqrcode.co/a/4pz6mB>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

# Comparison of Three Variants of Substrate Preparation Used in the Propagation of Cocoa Standards

## *Comparación de tres variantes de preparación del sustrato empleado en la propagación de patrones de cacao*

Ing. Diana Aracelly-López\*, Ing. Luis Fernando Plaza-Avellán, Ing. Betty Janeth Rivadeneira-Moreira, Ing. Flor María Párraga-Palacios, Dr.C. Miguel Herrera-Suárez

Universidad Técnica de Manabí (UTM), Instituto de Postgrado, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

**ABSTRACT.** This research was conducted to compare three variants of substrate preparation used in mass propagation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in nursery conditions. Three treatments were studied: T1-manual mixing with shovel, T2-mechanized mixing with motorized cultivator and T3-mechanized with mixer. Evaluations were made of the physical-chemical characteristics of the substrate, compaction, cotyledon height, number of leaves per plant, stem diameter, plant height at 20, 40 and 60 days, fresh weight of the plant and root and root length. The results showed that there are no statistically significant differences between the treatments, i.e. the method of preparation of the substrate does not have a direct incidence on the agronomic response of the plant, in the conditions and period investigated. The physical-chemical analysis of the mixed substrates showed, in all three cases, a sandy loam texture with an apparent density ranging from 1,17 to 1,19 g/cm<sup>3</sup>, as well as an organic matter content ranging from 1,9 to 3,2 %. The average pH was 5.9. No statistically significant differences were found between the treatments in terms of effects on the vegetative development of the plant throughout the development cycle evaluated. The economic analysis showed that it is more profitable to use mechanized technology if it is used in mass propagation centers, since the productivity of the machines is three (T2) and four times (T3) more than the manual variant.

**Keywords:** substrate, cocoa seedlings, substrate mix.

**RESUMEN.** La presente investigación se realizó con el objetivo de comparar tres variantes de preparación del sustrato empleado en la propagación masiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) en condiciones de vivero. Se estudiaron tres tratamientos: T1-mezclado manual con pala, T2-mezclado mecanizado con motocultor, y T3- mecanizado con mezcladora. Se hicieron evaluaciones de las características físico-químicas del sustrato, compactación, altura del cotiledón, número de hojas por planta, diámetro del tallo, altura de plantas a los 20, 40 y 60 días, peso fresco de la planta y raíz, longitud de la raíz, finalmente se realizó un análisis económico. Los resultados evidenciaron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, es decir el método de preparación del sustrato no tiene una incidencia directa en la respuesta agronómica de la planta, en las condiciones y periodo de tiempo investigado. El análisis físico químico de los sustratos mezclados mostró, que en los tres casos una textura franco arenoso con una densidad aparente que osciló de 1,17 a 1,19 g/cm<sup>3</sup>, de igual forma el contenido de materia orgánica varió de 1,9 a 3,2 %. El pH promedio fue de 5,9. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en lo referente a los efectos en el desarrollo vegetativo de la planta en todo el ciclo de desarrollo evaluado. El análisis económico evidenció es más rentable utilizar una tecnología mecanizada siempre y cuando utilicen en centros de propagación masiva, pues la productividad de las máquinas es tres (T2) y cuatro veces (T3) más que la variante manual.

**Palabras clave:** sustrato, plántulas de cacao, mezcla de sustrato.

\*Author for correspondence: Diana Aracelly-López, e-mail: [diana.aracelly@gmail.com.ec](mailto:diana.aracelly@gmail.com.ec)

Received: 13/11/2019.

Approved: 14/06/2020.

## INTRODUCTION

*Theobroma cacao* L. is a species native to the South American Amazon, whose geographical origin is located within a vast region shared by what is currently Ecuador, Colombia and Peru. Despite its South American origin, it was in Central America that European colonizers discovered the uses of the fruit and its subsequent use as a consumer drink.

At present, 68% of world cocoa production is produced in Africa, with Côte d'Ivoire as the leading country, followed by Ghana, Nigeria and Cameroon. Central and South American countries account for 15% of world cocoa production, with Brazil and Ecuador as the main suppliers. The rest is grown in Asia and Oceania, where Indonesia and Malaysia are the leading producers in this region. This concentration of production corresponds to a narrow strip on the equator, considering the climate and physical requirements of the cocoa tree (Quinteros & Díaz, 2004).

For its part, the Republic of Ecuador has gone from producing around 119,000 MT in 2007 to producing 374,000 MT by the end of 2017 (MAG, 2017). Of this total production, 75% is so far classified as fine aroma cocoa and represents more than 50% of the fine aroma cocoa traded worldwide annually.

The quality that distinguishes Ecuador's fine aroma cocoa is due to a unique sensory richness produced by a variety known as Nacional and according to which work is generated for around 100,000 Ecuadorian families dedicated to its cultivation, 95% corresponding to plantations of less than 10 hectares.

In Ecuador, the planting material recommended for mass propagation is propagated by cloning, using the grafting method. The procedure established for the grafting contemplates on the one hand the selection and use of a plant called "Pattern" and on the other hand the "Clone" itself, this last one recognized as a "Vareta Porta Yemas" which comes from clonal gardens specifically destined for the effect of propagation.

Considering the growth rate of cocoa area in the Republic of Ecuador, the need for clonal plants currently exceeds millions. To cover this growing demand, there are many nurseries in different parts of the Ecuadorian territory dedicated to the propagation and sale of plants, but the great majority of them are not registered or endorsed by the control body "AGRO-CALIDAD" and do not meet the minimum quality standards required for this purpose.

Experience indicates that among the most important cares to be considered in the establishment of a cocoa nursery is the type of substrate to be used, which is the main factor in the success or failure of plant production.

The substrate is produced from the mixture of soil, sand and organic matter that is used to fill the covers (bags) and it is the medium where it is sown the seed that will become the cocoa pattern as an essential part of the grafting process. That substrate is the physical support of the plant and protects the roots during the first months of development and during transport to the planting place.

## INTRODUCCIÓN

*Theobroma cacao* L. es una especie originaria de la Amazonía suramericana, cuyo origen geográfico se sitúa dentro de una vasta región compartida entre lo que actualmente es Ecuador, Colombia y Perú. A pesar de su origen suramericano, fue en Centro América donde los colonizadores europeos descubrieron los usos del fruto y su posterior aprovechamiento como bebida de consumo.

En la actualidad el 68% de la producción mundial de cacao se produce en África, siendo el país líder Costa de Marfil (Côte d'Ivoire), seguido de Ghana, Nigeria y Camerún. Los países de América Central y del Sur representan un 15% de la producción mundial de cacao, siendo los principales proveedores Brasil y Ecuador. El resto se cultiva en Asia y Oceanía, donde Indonesia y Malasia ocupan los primeros lugares como productores en esta región. Esta concentración de la producción corresponde a una franja estrecha que tiene como eje la línea ecuatorial, tomando en cuenta las exigencias de clima y físicas del cacaotero (Quinteros y Díaz, 2004).

Por su parte, la República de Ecuador ha pasado de producir alrededor de 119 mil TM en el año 2007 a producir 374 mil TM al cierre del año 2017 (MAG, 2017). Del total de esta producción, el 75% es hasta ahora clasificado como cacao fino de aroma y representa más del 50% del cacao fino de aroma que se comercializa a escala mundial anualmente.

La calidad que distingue al cacao fino de aroma de Ecuador se debe a una riqueza sensorial única producida por una variedad conocida como Nacional y en función de la cual se genera trabajo para alrededor de 100 000 familias ecuatorianas dedicadas a su cultivo, correspondiendo el 95% a plantaciones de menos de 10 hectáreas.

En Ecuador el material de siembra recomendado para su multiplicación masiva, se propaga por clonación, utilizando para esto el método de injerto. El procedimiento establecido para el injerto contempla por un lado la selección y uso de una planta denominada "Patrón" y por otro lado el "Clon" propiamente dicho, este último reconocido como una "Vareta Porta Yemas" la cual proviene de jardines clonales específicamente destinados para el efecto de propagación.

Considerando el ritmo de crecimiento de superficie cacaotera en la República de Ecuador, la necesidad de plantas clonales actualmente rebasa los millones. Para cubrir esta creciente demanda, existe en diversas partes del territorio ecuatoriano, un sin número de viveros dedicados a la propagación y venta de plantas, pero la gran mayoría sin estar registrados o avalados por el organismo de control "AGROCALIDAD" y sin cumplir con los estándares mínimos de calidad requeridos para tal fin.

La experiencia indica que entre los cuidados más importantes que se deben considerar en el establecimiento de un vivero de cacao, se encuentra el tipo de sustrato que se va a utilizar, siendo el principal factor del éxito o fracaso en la producción de plantas.

El sustrato se produce a partir de la mezcla de suelo, arena y materia orgánica que se utiliza para el llenado las fundas (bolsas), siendo el medio donde se siembra la semilla que se convertirá en el patrón de cacao como parte esencial del proceso de injerto. Es a la vez, el soporte físico de la planta y protege a las raíces durante los primeros meses de desarrollo y durante el transporte hasta la siembra.

Un buen sustrato es aquel cuya composición está formada por 50 % de suelo, 25 % de materia orgánica (preferiblemente lombricompost), y 25 % de arena.

A good substrate is one whose composition consists of 50% soil, 25% organic matter (preferably worm compost) and 25% sand.

Despite the above, in Ecuador people dedicated to the multiplication of plants generally use only soil, since this element is obtained from their own land or is acquired at a relatively low cost. In a few cases, mixing with sand is known; both the soil and the sand are mixed manually using the shovel as a tool. Such mixtures are made on a trial basis only.

One of the main problems detected during the elaboration of substrates is the homogenization of the mixed elements and the laboriousness of the process when it is done manually. In conditions of massive production as in the big nurseries, mechanized alternatives are needed for the preparation of the referred substrate with the mixture quality required and the shortening of the preparation times.

Taking these aspects into account, the aim of this work is to compare three variants of substrate preparation used in mass propagation of cocoa in nursery conditions.

## MATERIALS AND METHODS

**Location of the investigation.** The present research was developed in its field phase, between May and August 2018, in the areas of the nursery of Pichilingue Tropical Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP), located at km 5.5 of Quevedo-El Empalme road, Los Rios Province, between the geographical coordinates 01° 06' south latitude and 79° 28' west longitude, at an altitude of 75 m.a.s.

**Experimental design and statistical analysis.** The research was conducted using a completely randomized design with three treatments and five replicates. One hundred cocoa plants under greenhouse conditions are considered as an experimental unit.

Three treatments were evaluated that consist of different substrate preparation technologies for planting cocoa rootstocks. The treatments studied were: T1-manual mixing with shovel, T2-mechanized mixing with motorized cultivator, and T3-mechanized with mixer.

The design specifications of experiments are shown in Table 1.

**TABLE 1. Design specifications**  
**TABLA 1. Especificaciones del diseño**

Number of treatments:	3
Number of repetitions:	5
Number of experimental units:	15
Number of plants per experimental unit:	100
Number of plants per treatment:	300
Number of plans per repeat:	500
Plants evaluated per experimental unit:	25
Total plants evaluated per treatment:	125
Total number of plants evaluated per repeat:	75
Total number of plants assessed in the trial:	375
Total number of plants in the trial:	1500

The mixing of the materials that make up the substrate in each of the treatments involved mixing in 3:1:1 ratio of soil, sand and balsa wood sawdust, respectively.

A pesar de lo anterior, en Ecuador las personas dedicadas a la multiplicación de plantas generalmente utilizan solo suelo, pues este elemento lo obtienen de sus propios predios o se adquiere a un costo relativamente bajo. En pocos casos es conocida la mezcla con arena; tanto el suelo como la arena se mezclan en forma manual utilizando la pala como herramienta. Dichas mezclas se hacen solo al tanteo.

Uno de los principales problemas detectados durante la elaboración de sustratos es la homogenización de los elementos mezclados y la laboriosidad del proceso cuando se realiza de forma manual. Lo que en condiciones de producción masiva como son los grandes viveros se requieren la búsqueda de alternativas mecanizadas para la preparación del referido sustrato, en función de elevar la calidad del mezclado y acortar los plazos de preparación.

Tomando en cuenta estos aspectos el objetivo del trabajo consiste en comparar tres variantes de preparación del sustrato empleado en la propagación masiva de cacao en condiciones de vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización de la investigación.** La presente investigación se desarrolló en su fase de campo entre mayo y agosto del 2018, en las áreas del vivero de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el km 5,5 de la vía Quevedo-El Empalme, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas 01° 06' latitud sur y 79° 28' longitud oeste, a una altitud de 75 m.s.n.m.

**Diseño experimental y análisis estadístico.** La investigación se llevó a cabo utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. Considerándose como unidad experimental a 100 plantas de cacao en condiciones de invernadero.

Se evaluaron tres tratamientos, constituidos por las tecnologías de preparación del sustrato para plantar los patrones de cacao. Los tratamientos estudiados fueron: T1-mezclado manual con pala, T2-mezclado mecanizado con motocultor, y T3- mecanizado con mezcladora.

En la Tabla 1, se muestran las especificaciones de diseño de experimentos.

El mezclado de los materiales que componen el sustrato en cada uno de los tratamientos comprendió la mezcla en proporciones 3:1:1 de tierra, arena y aserrín de madera de balsa, respectivamente.

For each treatment, 500 bags were filled, which were organized in 5 rows and 20 bags per column, thus forming blocks of 100 bags each row. The bags were watered for 30 minutes and then the National type cocoa seeds were planted with the materials recommended for rootstocks (EET 399, EET400, POUND 12, IMC 67 among others), which will become rootstocks.

**T1-Manual mixing.** The shovel was used as a tool to turn and mix the materials homogeneously (Figure 1a).

**T2-Mixed Mechanized with Motorized Cultivator.** For the homogenization of the substrate, three passes were made with a self-propelled, single-axle, 8.3 HP Grillo brand cultivator (Figure 1b). The working device is an adjustable cutter with 4 blades.

**T3-Mechanized with mixer.** The mixing work was carried out for 10 min with a conventional concrete mixer with a capacity of 9 m<sup>3</sup> and a power demand of 13 HP, (Figure 1c).

Para cada tratamiento se llenaron 500 fundas, las cuales se organizaron de cinco filas y 20 por columnas conformando así bloques de 100 fundas respectivamente; se realizó el riego de las fundas por un tiempo de 30 minutos, y luego se procedió a la siembra de las semillas de cacao tipo Nacional de los materiales recomendados para patrones (EET 399, EET400, POUND 12, IMC 67 entre otros), las cuales se convertirán en patrones porta-injertos.

**T1-Mezclado manual.** Se utilizó como herramienta la pala para realizar los volteos y la mezcla de los materiales de manera homogénea (Figura 1a).

**T2-Mezclado Mecanizado con Motocultor.** Para la homogenización del sustrato se realizaron tres pases con un motocultor autopropulsado, de un solo eje de la marca Grillo, de 8,3 HP, (Figura 1b). El órgano de trabajo es una fresa regulable con 4 cuchillas.

**T3-Mecanizada con mezcladora.** La labor de mezclado se realizó durante 10 min con un mezcladora de concreto convencional de capacidad 9 m<sup>3</sup> y una demanda de potencia de 13 HP, (Figura 1c).

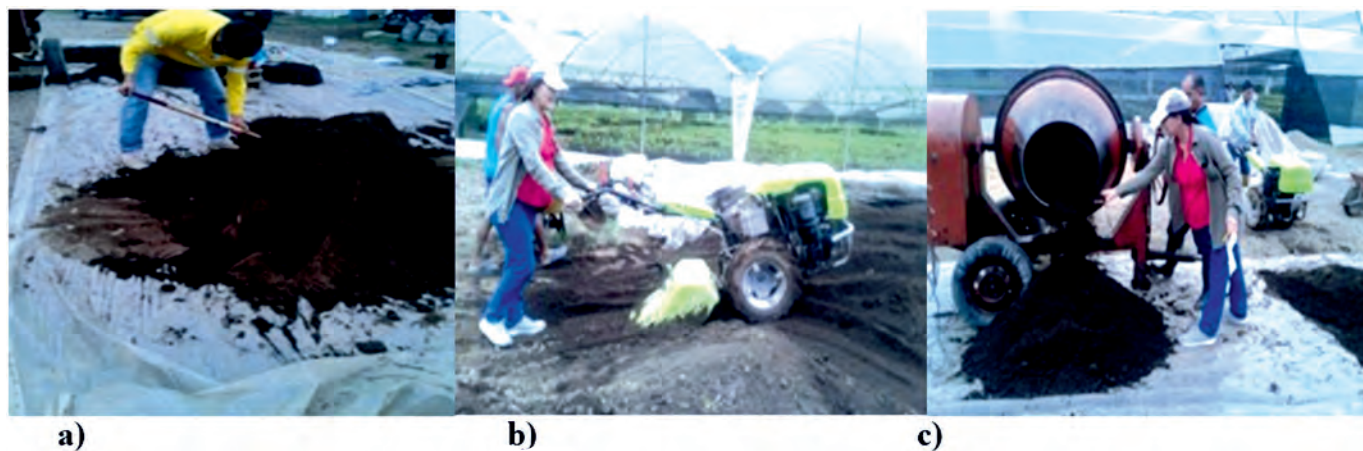


FIGURE 1. Substrate preparation variants. a) T1 - manual mixing with shovel, b) T2 - mechanized mixing with motorized cultivator, c) T3 - mechanized with mixer.

FIGURA 1. Variantes de preparación del sustrato. a) T1-mezclado manual con pala, b) T2-mezclado mecanizado con motocultor, c) T3- mecanizado con mezcladora.

#### Physical-chemical characterization of the substrates.

Samples of the substrates mixed in each treatment were taken and transferred to the soil and water analysis laboratory at INIAP's Pichilingue Experimental Station. The textural classification, bulk density, organic matter, pH, electrical conductivity, macro and micro essential elements were determined.

**Height of the cotyledon.** Measurements were taken with a measuring tape (flexometer) on 25 plants at random for each experimental unit, considering the distance from the root collar to the appearance of the cotyledon on each plant, at 20, 40 and 60 days after planting.

**Number of leaves per plant.** Leaves were counted on 25 plants taken at random in each experimental unit. This procedure was performed at 20, 40 and 60 days after sowing.

**Stem diameter.** This variable was measured with a caliper at half the distance from the root collar to the appearance of the cotyledon, on 25 plants at random in each experimental unit. This process was repeated 20, 40 and 60 days after sowing.

**Height of plants.** It was measured with the measuring tape or flexometer in each of the 25 plants taken at random by each experimental unit, at 20, 40 and 60 days after sowing.

**Caracterización físico-química de los sustratos.** Se tomaron muestras de los sustratos mezclados en cada tratamiento, los cuáles fueron trasladados al laboratorio de análisis de suelos y aguas de la Estación Experimental-Pichilingue del INIAP. En el mismo se determinó la clasificación textural, densidad aparente, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, macro y micro elementos esenciales.

**Altura del cotiledón.** Se tomaron mediciones con ayuda de una cinta métrica (flexómetro) en 25 plantas al azar por cada unidad experimental, considerando la distancia desde el cuello de la raíz hasta la aparición del cotiledón en cada planta, a los 20, 40 y 60 días posteriores a la siembra.

**Número de hojas por planta.** Se realizó el conteo de hojas en 25 plantas tomadas aleatoriamente en cada unidad experimental. Este procedimiento se realizó a los 20, 40 y 60 días después de la siembra.

**Diámetro del tallo.** Esta variable se midió con un Pie de Rey en la mitad de la distancia desde el cuello de la raíz hasta la aparición del cotiledón, en 25 plantas al azar en cada unidad experimental. Proceso que se repite a los 20, 40 y 60 días posteriores a la siembra.

**Fresh plant dough.** It was evaluated 60 days after planting. To do this, the 125 plants were separated from each treatment, they were individually removed from their sheaths and then the soil was washed away from the roots, avoiding their destruction. Finally, a cutting tool is used to make a cut at the height of the neck of the root and a precision scale is used to determine the mass of the aerial part of the plant.

**Fresh root weight.** For the evaluation of this variable the same plants utilized for the previous variable were used, i.e. on the same day, the mass of the cut root part was determined.

**Length of the root.** For each of the roots that were freshly weighed, the main root was measured using the measuring tape.

**Economic analysis.** For each treatment under study, an economic analysis was made considering the respective production costs of each technology used for the mixing of substrates. It assumed a production of 1000 plants and a sales price of \$ 0.35 per plant. The following economic indicators were calculated:

- Gross income = plants produced \* sales price
- Net income = gross income - cost of production
- B/C= Gross income/Total cost of production
- Profitability (%) = net income/cost of production\*100

## RESULTS AND DISCUSSION

### Physical-chemical characterization of the substrates.

The results of the physical analyses of the substrates show (Table 2) that all treatments present a sandy loam textural class, with a content ranging from 56 to 66% sand, 30 to 34% silt, and 4 to 10% clay.

These results show that the physical and chemical characteristics of the prepared substrates do not depend on the technology used in their preparation, but on the mixing ratios and the materials used in the mixtures. In this respect, previous research has shown that the physical composition of the substrate varies according to the materials used and the proportions of the mixtures to be made (Baudoin *et al.*, 2002).

**Altura de plantas.** Se midió con la cinta métrica o flexómetro en cada una de las 25 plantas tomadas al azar por cada unidad experimental, a los 20, 40 y 60 días después de la siembra.

**Masa fresca de la planta.** Se evaluó a los 60 días posteriores a la siembra. Para esto, se procedió a separar las 125 plantas de cada tratamiento, las mismas fueron desfundadas individualmente para posteriormente retirar la tierra de las raíces las cuáles fueron lavadas con agua, evitando su destrucción. Finalmente con una herramienta de corte se realiza un corte a la altura del cuello de la raíz y en una balanza de precisión se determina la masa de la parte aérea de la planta.

**Peso fresco de la raíz.** Para la evaluación de esta variable se utilizaron las mismas plantas que la variable anterior, es decir, en el mismo día, se procedió a determinar la masa de la parte raíz cortada.

**Longitud de la raíz.** A cada una de las raíces que fueron pesadas en fresco, se midió su raíz principal utilizando una cinta métrica.

**Análisis económico.** Por cada tratamiento en estudio se realizó un análisis económico considerando los respectivos costos de producción de cada tecnología empleada para el mezclado de sustratos. Se asumió una producción de 1000 plantas y un precio de venta de \$ 0,35. Se calcularon los siguientes indicadores económicos:

- Ingreso bruto = plantas producidas \* precio de venta
- Ingreso neto= ingreso bruto – costo de producción
- B/C= Ingreso bruto/costo total de producción
- Rentabilidad (%)= ingreso neto/costo de producción\*100

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización físico-químicos de los sustratos.** Los resultados de los análisis físicos de los sustratos muestran (Tabla 2), que todos los tratamientos presentan una clase textural franco arenoso, con un contenido que oscila de 56 a 66% de arena, 30 a 34% de limo, y de un 4 a 10% de arcilla.

Estos resultados evidencian las características físico-químicas de los sustratos preparados no dependen de la tecnología empleada en su preparación, si no de las proporciones de mezclado y de los materiales empleados en las mezclas. Al respecto en investigaciones precedentes se ha demostrado que la composición física de los sustratos varía en función de los materiales empleados y las proporciones de las mezclas a realizar (Baudoin *et al.*, 2002).

TABLE 2. Physical properties of the substrate  
TABLA 2. Propiedades físicas del sustrato

Treatments	Texture (%)			Textural Class	Apparent density g/cm <sup>3</sup>
	Sand	Silt	Clay		
T1	66	30	4	Sandy loam	1,17
T2	56	34	10	Sandy loam	1,18
T3	64	30	6	Sandy loam	1,19

Similarly, no statistically significant differences were found between the densities of the substrate reached in each of the treatments, although the highest values were reached in the substrates prepared with mechanized variants (Table 2).

De igual forma no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las densidades del sustrato alcanzadas en cada uno de los tratamientos, aunque los mayores valores se alcanzaron en los sustratos preparados con variantes mecanizadas (Tabla 2).

Bunt (2012), pointed out that the quality of the seedlings depends on the type of substrate where they grow, particularly, on their physical-chemical characteristics because the development and functioning of the roots are directly linked to the conditions of aeration, water content, in addition to having a direct influence on the availability of nutrients.

González *et al.* (2000), point out that knowledge of the substrate is necessary to optimize the production of plants in nurseries, as well as to reduce and avoid the depletion of non-renewable resources such as the soil, which has been the main substrate in many nursery practices.

The determination of chemical composition of the substrates showed (Table 3), that the pH is similar in all treatments in study, with a value of 5.9, considered moderately acidic.

Bunt (2012), señaló que la calidad de las plántulas depende del tipo de sustrato donde se desarrollan, en particular de sus características físico-químicas debido a que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligados a las condiciones de aireación, contenido de agua, además de tener influencia directa sobre la disponibilidad de los nutrientes.

González *et al.* (2000), señalan que el conocimiento del sustrato es necesario para optimizar la producción de plantas en vivero, además de disminuir y evitar el agotamiento de los recursos no renovables como el suelo, el cual ha sido el principal sustrato en muchas prácticas viveristas.

La determinación de la composición química de los sustratos mostró (Tabla 3), que el PH es similar en todos los tratamientos en estudio con un valor de 5,9 considerado medianamente ácido.

**TABLE 3. Results of chemical analysis of the substrate**  
**TABLA 3. Resultados del análisis químico del sustrato**

Treatments	pH	E.C. (dS/m)	M.O. (%)	ppm		meq/100ml					ppm				
				NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
Shovel	5.9 MeAc	36 DK	1,9 B	12 B	48 A	0,71 A	12 A	1,2 M	7 B	2,6 M	5,3 A	189 A	9,1 M	1,01 A	
Motorized plough	5.9 MeAc	32 DK	3,2 M	11 B	51 A	0,78 A	12 A	1,2 M	9 B	2,9 M	6,1 A	205 A	10 M	0,72 M	
Mixer	5.9 MeAc	36 DK	3,2 M	11 B	48 A	0,75 A	12 A	1,2 M	7 B	2,7 M	5,8 A	195 A	9,3 M	0,35 B	

*MeAc* = Medium Acid; *NS* = Non-Saline; *A* = High; *M* = Medium; *B* = Low.  
*MeAc* = Medianamente Ácido; *NS* = No Salino; *A* = Alto; *M* = Medio; *B* = Bajo.

Regarding electrical conductivity, the treatment (T2) of the motorized cultivator presented the lowest value with 32 dS/m, while the shovel and mixer treatments presented the highest value (36 dS/m), although these are within the range of non-saline substrate.

These results coincide with those reported by Landis *et al.* (2000), Abad *et al.* (2001), Baudoin *et al.* (2002) and Landis & Morgan (2009), who indicate that the pH of the substrate should be slightly acidic (5.5-6.3), so that the nutrients are available, and the electrical conductivity low, so that there are no toxicity problems and that the producer can manage the concentrations of mineral nutrients.

In this regard, several authors Handreck *et al.* (2002) and Landis & Morgan (2009), state that among the main chemical properties responsible for the quality of the substrate are pH and electrical conductivity.

When comparing the organic matter content of the power tiller (T2) and mixer (T3) treatments, it is evident that these were superior (Mo=3.2 %) compared to the shovel treatment which presented a low content (Mo=1.9 %).

For Villegas *et al.* (2017), organic matter is an active component and its incorporation with inorganic substrates improves the pore space, increases moisture retention and cation exchange capacity. Therefore, based on the results of this experimental phase, a direct benefit of the mechanized mixing process at the nursery level can be stated.

Con respecto a la conductividad eléctrica el tratamiento (T2) del motocultor presentó el valor más bajo con 32 dS/m mientras que los tratamientos pala y mezcladora presentaron el valor más alto (36 dS/m), aunque estos se encuentran dentro del rango de sustrato no salino.

Estos resultados coinciden con los reportados por Landis *et al.* (2000); Abad *et al.* (2001); Baudoin *et al.* (2002); Landis & Morgan (2009), quienes indican que el PH del sustrato debe ser ligeramente ácido (5,5-6,3), para que los nutrientes se encuentren disponibles, y la conductividad eléctrica baja, para que no existan problemas de toxicidad y que el productor pueda manejar las concentraciones de nutrientes minerales.

Al respecto varios autores Handreck *et al.* (2002); Landis & Morgan (2009), manifiestan que entre las principales propiedades químicas responsables de la calidad del sustrato se encuentran al PH y la conductividad eléctrica.

Al comparar el contenido de materia orgánica de los tratamientos motocultor (T2) y mezcladora (T3), se evidencia que estos fueron superior (Mo=3,2 %) en comparación al tratamiento pala que presentó un contenido bajo (Mo=1,9 %).

Para Villegas *et al.* (2017), la materia orgánica es un componente activo y su incorporación con sustratos inorgánicos mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico. Por lo tanto, con base en los resultados de esta fase experimental se puede afirmar demostrado un beneficio directo del proceso de mezclado mecanizado a nivel vivero.

With regard to the content of essential elements for the plant, the treatments under study presented similar results for the vast majority of elements, for example: high content of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), iron (Fe) and copper (Cu), an average content of magnesium (Mg), zinc (Zn) and manganese (Mn), low content of nitrogen and Sulphur (S), while the only exception is Boron (B) whose content was different in each of the treatments (shovel = high, power tiller = medium and mixer = low). These Boron variation results are most probably directly correlated to the organic matter used in the mixture (sawdust) for the preparation of the substrate, whose results were also variable depending on the treatment used.

In this regard, Abad *et al.* (2001) and Varela & Martínez (2013) state that the use of organic components in the preparation of substrate has advantages as a storehouse of nutrients, especially nitrogen, phosphorus, potassium, sulfur and micronutrients and slowly releases them, resulting in a more sustainable and economic agriculture in terms of work, fertilizer input and soil degradation.

**Compaction of the substrate.** In Table 4, the averages corresponding to the compaction of the substrates are shown, whose respective analysis of variance did not reflect statistical significance, highlighting that the treatment with shovel generated a greater compaction with  $1.54 \pm 0.83 \text{ kg/cm}^2$ , while the mechanized variants mixer and motorized cultivator registered values of  $1.15 \pm 1.20$  and  $1.06 \pm 0.60 \text{ kg/cm}^2$ .

In this regard, Osorio *et al.* (2017) found that when resistance to soil penetration is greater than  $0.7 \text{ kg/cm}^2$ , longitudinal growth of the taproot stops and affects the accumulation of aerial biomass, decreasing the vigor of the seedlings. Bengough *et al.* (2011), on the other hand, point out that resistance to penetration greater than  $20.4 \text{ kg/cm}^2$  and porosity less than 10% are considered critical limits for root elongation.

Con relación al contenido de elementos esenciales para la planta, los tratamientos en estudio presentaron resultados similares para la gran mayoría de elementos, por ejemplo: alto contenido de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe) y cobre (Cu), un contenido medio de magnesio (Mg), zinc (Zn) y manganeso (Mn), bajo contenido de nitrógeno y azufre; mientras que, la única excepción la presenta el Boro (B) cuyo contenido fue diferente en cada uno de los tratamientos (pala = alto; motocultor = medio; mezcladora = bajo). Estos resultados de variación de Boro, muy probablemente están correlacionados de manera directa con la materia orgánica utilizada en la mezcla (aserrín) para la preparación del sustrato, cuyos resultados también fueron variables en función del tratamiento utilizado.

Al respecto Abad *et al.* (2001); Varela y Martínez (2013), manifiestan que el uso de componente orgánico en la elaboración de sustrato presenta ventajas como un almacén de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y micronutrientes y los va liberando lentamente, dando como resultado una agricultura más sustentable y económica en término de trabajo, insumo de fertilizante y degradación de los suelos.

**Compactación del sustrato.** En la Tabla 4, se muestran los promedios correspondientes a la compactación de los sustratos, cuyo respectivo análisis de varianza no reflejó significancia estadística, destacándose que el tratamiento con pala generó una mayor compactación con  $1,54 \pm 0,83 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que las variantes mecanizadas mezcladora y motocultor registraron valores de  $1,15 \pm 1,20$  y  $1,06 \pm 0,60 \text{ kg/cm}^2$ .

Al respecto Osorio *et al.* (2017) encontró que, cuando la resistencia a la penetración en el suelo es superior a  $0,7 \text{ kg/cm}^2$ , el crecimiento longitudinal de la raíz pivotante se detiene y afecta la acumulación de biomasa aérea, disminuyendo el vigor de las plántulas. Por su parte Bengough *et al.* (2011), señalan que la resistencia a la penetración mayor a  $20,4 \text{ kg/cm}^2$  y la porosidad menor al 10% se consideran límites críticos para la elongación de las raíces.

**TABLE 4. Compaction of the substrate inside the bag**  
**TABLA 4. Compactación del sustrato dentro de la bolsa**

Treatments	Soil compaction (kg/cm <sup>2</sup> ) *
T1: Shovel	1,54±0,83 a
T2: Motorized cultivator	1,06±0,60 a
T3: Mixer	1,15±1,20 a
<b>Average</b>	1,25
<b>Variance</b>	0,71
<b>error</b>	0,83
<b>CV (%)</b>	72,89

\*Averages with the same letter do not differ statistically according to Tukey's test (p>0.05)

\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0,05)

**Cotyledon height.** As shown in Table 5, the mean cotyledon height at 20, 40 and 60 days, according to the analysis of variance in this variable, did not show significant statistical differences (p<0.05) among the treatments studied at 20, 40 and 60 days, with a coefficient of variation of 6.6%, 7.04% and 6.33%, respectively.

**Altura del cotiledón.** Como se presenta en la Tabla 5, los promedios de altura del cotiledón a los 20, 40 y 60 días, De acuerdo con el análisis de varianza en esta variable no se observó diferencias estadísticas significativas (p<0,05) entre los tratamientos en estudios a los 20, 40 y 60 días, con un coeficiente de variación de 6,6%, 7,04% y 6,33%, respectivamente.

The highest cotyledon height at 20, 40 and 60 days was recorded by the mixer treatment with averages of  $5.37\pm 0.25$ ,  $6.12\pm 0.47$  and  $6.71\pm 0.41$ , however, these values did not differ significantly from the other treatments and substrate preparation. These results show that the substrate produced by the different technologies does not influence the development of the cotyledon.

La mayor altura del cotiledón a los 20, 40 y 60 días la registró el tratamiento con mezcladora con promedios de  $5,37\pm 0,25$ ,  $6,12\pm 0,47$  y  $6,71\pm 0,41$ , sin embargo, estos valores no difirieron significativamente de los demás tratamientos e preparación de sustratos. Estos resultados evidencian que el sustrato elaborado por las diferentes tecnologías no influye en el desarrollo del cotiledón.

**TABLE 5. Cotyledon height in cocoa substrate patterns with different preparation variants**  
**TABLA 5. Altura del cotiledón en patrones de cacao en sustrato con diferentes variantes de preparación**

Treatments	Height of cotyledon (cm)		
	20 days	40 days	60 days
T1: Shovel	$5,21\pm 0,15$ a	$6,10\pm 0,23$ a	$6,56\pm 0,27$ a
T2: Motorized cultivator	$5,11\pm 0,52$ a	$5,90\pm 0,52$ a	$6,48\pm 0,53$ a
T3: Mixer	$5,37\pm 0,25$ a	$6,12\pm 0,47$ a	$6,71\pm 0,41$ a
Average	5,23	6,04	6,58
Variance	0,11	0,16	0,15
error	0,12	0,18	0,17
CV (%)	6,60	7,04	6,33

\*Averages with the same letter in each data set do not differ statistically according to Tukey's test ( $p>0.05$ )  
\*Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p>0,05$ )

**Number of sheets.** In Table 6, the averages corresponding to the number of leaves per plant are presented. According to the analysis of variance, the treatments studied did not reach significant differences at 20, 40 and 60 days, with coefficients of variation of 5.71, 8.15 and 5.65%, respectively. The highest average at 20 days was presented in the shovel treatment with  $4.06\pm 0.22$  leaves, which varied at 40 and 60 days, since it was the power tiller treatment that presented the highest number of leaves with  $5.61\pm 0.35$  and  $6.91\pm 0.43$ , respectively.

These results are consistent with those reported by INIFAP (2011) which states that a cocoa plantlet should have, approximately, 5 to 10 turgid and well-developed leaves. Loor *et al.* (2016) state that cocoa plants in nursery conditions should have between 7 and 11 leaves, formed and of an intense green color. Under this last technical consideration, the mechanized treatments would be contributing in a direct way for an improvement of the quality of the standard in appropriate age to be used in the grafting processes.

**Número de hojas.** En la Tabla 6, se presentan los promedios correspondientes al número de hojas por planta, observándose que, de acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos estudiados no alcanzaron diferencias significativas a los 20, 40 y 60 días, con coeficientes de variación de 5,71, 8,15 y 5,65%, respectivamente. El promedio más alto a los 20 días se presentó en el tratamiento pala con  $4,06\pm 0,22$  hojas, lo cual varió a los 40 y 60 días, pues fue el tratamiento motocultor el que presentó mayor número de hojas con  $5,61\pm 0,35$  y  $6,91\pm 0,43$ , respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los reportados por INIFAP (2011) quien manifiesta que una plántula de cacao debe tener aproximadamente entre 5 a 10 hojas turgentes y bien desarrolladas. Al respecto Loor *et al.* (2016) manifiestan que las plantas de cacao en condiciones de vivero el número de hojas debe ser entre 7 a 11, formadas y de coloración verde intenso. Bajo esta última consideración técnica, los tratamientos mecanizados estarían aportando de manera directa para un mejoramiento de la calidad del patrón en edad apropiada para ser usado en los procesos de injerto.

**TABLE 6. Number of leaves per plant**  
**TABLA 6. Número de hojas por planta**

Treatments	Number of leaves per plant		
	20 days	40 days	60 days
T1: Shovel	$4,03\pm 0,12$ a	$5,53\pm 0,41$ a	$7,1\pm 0,4$ a
T2: Motorized cultivator	$4,05\pm 0,31$ a	$5,61\pm 0,35$ a	$7,48\pm 0,39$ a
T3: Mixer	$4,06\pm 0,22$ a	$5,36\pm 0,56$ a	$6,91\pm 0,43$ a
Average	4,05	5,50	7,16
Variance	0,04	0,17	0,19



Treatments	Number of leaves per plant		
	20 days	40 days	60 days
error	0,05	0,20	0,16
CV (%)	5,71	8,15	5,65

\*Averages with the same letter in each data set do not differ statistically according to Tukey's test ( $p > 0.05$ )  
 \*Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

**Stem diameter.** Table 7 shows the averages for stem diameter at 20, 40 and 60 days after sowing. According to the analysis of variance, none of the treatments reached statistical significance, being 4.09, 3.35 and 4.35%, the respective coefficients of variation.

**Diámetro del tallo.** En la Tabla 7, se presentan los promedios correspondientes al diámetro del tallo a los 20, 40 y 60 días después de la siembra. De acuerdo al análisis de varianza, ninguno de los tratamientos alcanzó significancia estadística, siendo 4,09, 3,35 y 4,35%, los respectivos coeficientes de variación.

**TABLE 7. Stem diameter in cocoa substrate patterns with different preparation variants**  
**TABLA 7. Diámetro del tallo en patrones de cacao en sustrato con diferentes variantes de preparación**

Treatments	Stem diameter (mm)*		
	20 days	40 days	60 days
T1: Shovel	3,14±0,07 a	3,64±0,04 a	4,37±0,05 a
T2: Motorized cultivator	3,24±0,14 a	3,72±0,15 a	4,54±0,23 a
T3: Mixer	3,19±0,16 a	3,69±0,14 a	4,44±0,24 a
<b>Average</b>	3,19	3,68	4,45
<b>Variance</b>	0,02	0,01	0,03
<b>error</b>	0,02	0,02	0,04
<b>CV (%)</b>	4,09	3,35	4,35

\*Averages with the same letter in each data set do not differ statistically according to Tukey's test ( $p > 0.05$ )  
 \*Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ )

The preparation with a motorized cultivator allowed obtaining flatter stems with greater diameters after 20 days (3.24±0.14 mm), without differing statistically from the other treatments, in such a way that with the mixer an average diameter of 3.19±0.16 mm was registered and with the shovel, a diameter of 3.14±0.07 mm. Similar behavior was observed at 40 and 60 days, with the power tiller producing plants with thicker stems, with averages of 3.72±0.15 and 4.54±0.23 cm, respectively.

La preparación con motocultor permitió obtener planas de mayor diámetro del tallo a los 20 días, con 3,24±0,14 mm, sin diferir estadísticamente de los demás tratamientos, de tal manera que con la mezcladora se registró un diámetro promedio de 3,19±0,16 mm, y la pala 3,14±0,07 mm. Un comportamiento similar se observó a los 40 y 60 días, siendo el motocultor el que produjo plantas de tallos más gruesos, con promedios de 3,72±0,15 y 4,54±0,23 cm, respectivamente.

Indications from INIFAP (2011) show that the stem thickness of cocoa seedlings in the nursery should be greater than 1 cm.

Indicaciones del INIFAP (2011) demuestran que el grosor del tallo de plántulas de cacao en vivero debe ser superior a 1 cm.

**Height of plants.** The averages of plant height at 20, 40 and 60 days are presented in Table 8. According to the results of the statistical analysis, no statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between the treatments under study at 20, 40 and 60 days, the coefficient of variation was 5.28%, 5.13% and 5.42%, respectively.

**Altura de plantas.** Los promedios de altura de plantas a los 20, 40 y 60 días se presentan en la Tabla 8, según los resultados del análisis estadístico no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos en estudio a los 20, 40 y 60 días, el coeficiente de variación fue de 5,28%, 5,13% y 5,42%, respectivamente.

**TABLE 8. Height of plants in patterns**  
**TABLA 8. Altura de plantas en patrones**

Treatments	Height of plants (cm)*		
	20 days	40 days	60 days
T1: Shovel	10,89±0,64 a	19,40±0,46 a	22,94±0,36 a
T2: Motorized cultivator	10,71±0,49 a	18,97±1,03 a	22,99±1,58 a
T3: Mixer	11,26±0,60 a	19,07±1,27 a	22,58±1,40 a

Treatments	Height of plants (cm)*		
	20 days	40 days	60 days
Average	10,95	19,15	22,84
Variance	0,32	0,81	1,26
error	0,34	0,97	1,53
CV (%)	5,28	5,13	5,42

\*Averages with the same letter in each data set do not differ statistically according to Tukey's test ( $p>0.05$ )

\*Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p>0,05$ )

Days after sowing the seeds, the tallest plants were observed in the treatment with mixer ( $11.26\pm 0.60$  cm), value that did not differ significantly from the two remaining treatments, while, at 40 days, the treatment corresponding to the manual mixing (T1) registered greater height of plants ( $19.40\pm 0.46$ ), finding that there were no statistically significant differences with the rest of the treatments. Finally, after 60 days, the treatment with motorized cultivator (T2), was the one that registered the highest plants with  $22.99\pm 1.58$  cm.

These results coincide with those reported by INIFAP (2011) in similar studies where it was determined that the height of cocoa plants in the nursery can range from 20 to 35 cm, in plants of more than 50 days. In this regard, FHIA (2017), indicates that plants intended as patterns in cocoa should reach an average height of 50 cm.

**Fresh biomass.** In Table 9, the values of fresh plant weight and fresh root weight are presented in response to the substrate mixing technologies.

A los días de haber sembrado las semillas, las plantas más altas se observaron con el tratamiento con mezcladora  $11,26\pm 0,60$  cm, valor que no difirió significativamente de los dos tratamientos restantes, mientras que, a los 40 días, el tratamiento correspondiente al mezclado manual (T1) registró mayor altura de plantas con  $19,40\pm 0,46$ , encontrándose que no existen diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos. Finalmente, a los 60 días, el tratamiento con motocultor (T2), fue el que registró plantas más altas con  $22,99\pm 1,58$  cm.

Estos resultados coinciden con los reportados por INIFAP (2011) en estudios similares. Donde se determinó que la altura de las plantas de cacao en vivero puede oscilar entre 20 a 35 cm, en plantas de más de 50 días. Al respecto FHIA (2017), indica que las plantas destinadas como patrones en cacao deben alcanzar una altura promedio de 50 cm.

**Biomasa fresca.** En la tabla 9, se presentan los valores de peso fresco de la planta y peso fresco de la raíz, en respuesta a las tecnologías de mezcla del sustrato.

**TABLE 9. Fresh biomass from cocoa patterns**  
**TABLA 9. Biomasa fresca de patrones de cacao**

Treatments	Fresh biomass (g)*	
	Fresh plant weight	Fresh root weight
T1: Shovel	8,64±0,89 a	2,21±0,37 a
T2: Motorized cultivator	8,32±0,80 a	1,97±0,43 a
T3: Mixer	7,76±1,09 a	2,08±0,44 a
Average	8,24	2,09
Variance	0,83	0,15
error	0,87	0,17
CV (%)	11,34	19,97

\*Averages with the same letter in each data set do not differ statistically according to Tukey's test ( $p>0.05$ )

\*Promedios con la misma letra en cada grupo de datos no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p>0,05$ )

The results of the analysis of variance do not show significant statistical differences ( $p<0.05$ ) among the treatments under study for the variables fresh plant weight and fresh root weight and the coefficient of variation was 11.34% and 19.97%, respectively.

The mixer treatment presented the highest average fresh plant weight with  $8.64\pm 0.89$  g, as well as higher fresh root

Los resultados del análisis de varianza no muestran diferencias estadísticas significativas ( $p<0,05$ ) entre los tratamientos en estudio para las variables peso fresco de la planta y peso fresco de raíz, el coeficiente de variación fue de 11,34% y 19,97%, respectivamente.

El tratamiento mezcladora presentó el promedio más alto de peso fresco de planta con  $8,64\pm 0,89$  g, así como un mayor peso

weight (2.21±0.37 g), values that did not present significant differences with respect to the two other treatments.

In this regard, Mokany *et al.* (2006), found that the relationship between root and aerial biomass is significantly affected by climate and soil factors.

**Root length.** The roots of cocoa reached an average length of 16.73±0.95 cm (Table 10). The statistical analysis showed that there were no statistically significant differences between the sizes of the roots in each treatment, although the longest roots (16.73±1.30 cm) were recorded in the treatment (T3), where the substrate was mixed with the help of the mixer. This is because the substrate of this treatment presents a medium compaction, higher organic matter content, and a better clay content.

In this regard, Alvarenga & Cruz (2003), indicate that the ability of plants to explore the soil depends largely on the distribution of roots in the profile and the characteristics of the soil (Ramírez, 2016).

According to Freddi *et al.* (2006), root growth is inversely related to resistance to soil penetration, an aspect that is consistent with that reported by Osorio *et al.* (2017), in substrates used for cocoa planting.

fresco de la raíz con 2,21±0,37 g, valores que no presentaron diferencias significativas con respecto a los dos tratamientos restantes.

Al respecto Mokany *et al.* (2006), encontraron que la relación de biomasa radical y aérea se afecta significativamente con los factores climáticos y del suelo.

**Longitud de la raíz.** La raíces de los patrones de cacao alcanzaron una longitud promedio de 16,73±0,95 cm (Tabla 10). El análisis estadístico mostró que no existían diferencias estadísticamente significativas entre el tamaño de las raíces de los patrones en cada uno de los tratamientos, aunque las raíces de mayor longitud (16,73±1,30 cm) se registraron en el tratamiento (T3), es decir donde se mezcló el sustrato con ayuda de la mezcladora. Esto debido a que el sustrato de este tratamiento presenta una compactación media, mayor contenido de materia orgánica, y un mejor contenido de arcilla.

Al respecto Alvarenga y Cruz (2003), indican que la habilidad de las plantas para explorar el suelo depende en gran parte de la distribución de las raíces en el perfil y de las características del suelo (Ramírez, 2016).

Según Freddi *et al.* (2006), el crecimiento de la raíz se relaciona inversamente con la resistencia a la penetración del suelo, aspecto que concuerda con lo reportado por Osorio *et al.* (2017), en sustratos utilizados para la siembra de cacao.

**TABLE 10. Root length of cocoa patterns**  
**TABLA 10. Longitud de la raíz de los patrones de cacao**

Treatments	Root length (cm)*
T1: Shovel	16,73±1,30 16,73±1,30 a
T2: Motorized cultivator	16,32±1,14 a
T3: Mixer	15,91±0,39 a
<b>Average</b>	16,32
<b>Variance</b>	0,95
<b>error</b>	1,05
<b>CV (%)</b>	6,27

\*Averages with the same letter do not differ statistically according to Tukey's test (p>0.05)  
\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p>0,05)

**Economic analysis.** In Table 11, the economic analysis of the treatments studied is presented, considering a production volume of 1000 plants, at a selling price of \$ 0.35 each plant, which generates a gross income of \$ 350.00. The greatest economic benefit was seen in preparing the substrate with a shovel, which reflected a net income of \$139.38 with a B/C ratio of 1.66, indicating that for every dollar invested a profit of \$0.66 is obtained, i.e. a 66% return. It is worth mentioning that the motor cultivator and the mixer registered a profitability of 63 and 62%, respectively.

**Análisis económico.** En la tabla 11, se presenta el análisis económico de los tratamientos estudiados, considerándose un volumen de producción de 1000 plantas, a un precio de venta de \$ 0,35, lo que genera un ingreso bruto de \$ 350,00. El mayor beneficio económico se observó al preparar el sustrato con pala, lo que reflejó un ingreso neto de \$ 139,38 con una relación B/C de 1,66, lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de \$ 0,66, es decir el 66% de rentabilidad. Cabe indicar que el motocultor y la mezcladora registraron una rentabilidad de 63 y 62%, respectivamente.

**TABLE 11. Economic analysis of results**  
**TABLA 11. Análisis económico de los resultados**

Economic variables	Treatments		
	T1: Shovel	T2: Motor cultivator	T3: Mixer
Number of plants produced	1000	1000	1000

Economic variables	Treatments		
	T1: Shovel	T2: Motor cultivator	T3: Mixer
Cost of sale (\$)	0,35	0,35	0,35
Gross income (\$)	350,00	350,00	350,00
Cost of production (\$)	210,62	214,42	216,31
Unit cost of production (\$)	0,21	0,21	0,22
Net income (\$)	139,38	135,58	133,69
Net unit income (\$)	0,14	0,14	0,13
B/C	1,66	1,63	1,62
Profitability (%)	66	63	62

The results of the economic analysis show that given the low cost of labor in the case of manual mixing and the need to make an investment for mechanized mixing, traditional mixing, i.e. manual mixing with the aid of a shovel, becomes more profitable. However, this variant is only sustainable for small-scale pattern production. In the case of intensive production or large nurseries, where it is necessary to ensure the filling of a large number of bags in a short period of time, it becomes more feasible to use mechanized technologies, due to the increase in productivity.

## CONCLUSIONS

- The results of the experimental investigations demonstrated that there were no statistically significant differences among the treatments investigated in terms of the method of preparation of the substrate, since these did not have a direct incidence on the agronomic response of the plant, during the period of time of development of the patterns, in the conditions investigated.
- The physical-chemical analysis of the substrates obtained during the mixing process showed great uniformity for the three treatments investigated, showing a substrate with a sandy loam texture and apparent density of 1.17 to 1.19 g/cm<sup>3</sup>, an organic matter content of 1.9 to 3.2 % and pH 5.9, values that are estimated to be adequate for the development of cocoa standards.
- No statistically significant differences were found between the treatments, in terms of effects on the vegetative development of the plant throughout the development cycle evaluated.
- The economic analysis showed that over time, it becomes more profitable to use mechanized technologies as long as they are being used in mass or commercial propagation centers because the productivity of the machines is much higher than the manual mixing technology (shovel).
- The mechanized technologies were three to four times more efficient than the manual one, being the mixer variant (T3) the most productive one, allowing to mix, in the same unit of time, four times more amount of substrate.

Los resultados del análisis económico evidencian que dado lo barato de la mano de obra en el caso del mezclado manual y la necesidad de hacer una inversión para el mezclado mecanizado, se hace más rentable el mezclado tradicional, es decir el mezclado manual con ayuda de la pala, sin embargo esta variante se hace sostenible solamente para pequeñas producciones de patrones, ya para el caso de producciones intensivas, o viveros de grandes donde se debe garantizar el llenado de una gran cantidad de fundas en un corto periodo de tiempo se hace más factible emplear las tecnologías mecanizadas, por el aumento de la productividad.

## CONCLUSIONES

- Los resultados de las investigaciones experimentales demostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos investigados en cuanto al método de preparación del sustrato, pues estos no tuvieron incidencia directa en la respuesta agronómica de la planta, durante el periodo de tiempo de desarrollo de los patrones, en las condiciones investigadas.
- El análisis físico químico de los sustratos obtenidos durante el proceso de mezclado mostró gran uniformidad para los tres tratamientos investigados, mostrando un sustrato con una textura franco arenosa y densidad aparente (1,17 a 1,19 g/cm<sup>3</sup>), de igual forma el contenido de materia orgánica (1,9 a 3,2 %) y pH (5,9), valores que se estiman como adecuados para el desarrollo de los patrones de Cacao.
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre en los tratamientos, en lo referente a los efectos en el desarrollo vegetativos de la planta en todo el ciclo de desarrollo evaluado.
- El análisis económico evidenció que en el tiempo se hace más rentable utilizar una tecnología mecanizada siempre y cuando se estén utilizando en centros de propagación masiva o comercial dada que la productividad de las máquinas es muy superior a la tecnología de mezclado manual (pala).
- Las tecnologías mecanizadas fueron de tres a cuatro veces más eficiente que la manual, siendo la variante de la mezcladora (T3) la más productiva, permitiendo mezclar una misma unidad de tiempo cuatro veces más cantidad de sustrato.

## REFERENCES

- ABAD, M.; NOGUERA, P.; BURES, S.: "National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain", *Bioresource technology*, 77(2): 197-200, 2001, ISSN: 0960-8524.
- ALVARENGA, R.; CRUZ, J.: "Manejo de solos em agricultura irrigada", En: *Resende, M., P. Alburquerque y L. Couto. A cultura do milho irrigado*, Ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brasil, pp. 70-106, 2003.
- BAUDOIN, W.; GRAFIADELLIS, M.; JIMÉNEZ, R.; LA MALFA, G.; MARÍNEZ-GARCÍA, P.; NISEN, A.; VERLODT, H.; DE VILELE, O.; VON ZABELITZ, C.; GARNAUD, J.: "El cultivo protegido en clima mediterráneo: Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 90", 2002.
- BENGOUGH, A.G.; MCKENZIE, B.; HALLETT, P.; VALENTINE, T.: "Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits", *Journal of experimental botany*, 62(1): 59-68, 2011, ISSN: 1460-2431, 0022-0957.
- BUNT, B.: *Media and mixes for container-grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants*, Ed. Springer Science & Business Media, Unwin Hyman, London, 309 p., 2012, ISBN: 94-011-7904-2.
- FHIA: *Producción de patrones de cacao de alta calidad*, no. Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero, Inst. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras, 1 p., 2017.
- FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; VERONESI, J.V.; CARVALHO, G.J.: "Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional", *Engenharia Agrícola*, 26(1): 113-121, 2006, ISSN: 0100-6916.
- GONZÁLEZ, M.; FERRERA, R.; VILLEGAS, A.; OROPEZA, J.: "Selección de sustratos de crecimiento en microplántulas de cítricos inoculadas con *Glomus* sp. Zac-19", *Terra latinoamericana*, 18: 369-377, 2000, ISSN: 2395-8030.
- HANDRECK, K.A.; BLACK, N.D.; BLACK, N.: *Growing media for ornamental plants and turf*, Ed. UNSW Press book, 2002, ISBN: 0-86840-796-8.
- INIFAP: *Paquete Tecnológico Producción de Plantas de Cacao en el Trópico Húmedo. Estratégica para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur*, Inst. SAGARPA, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México D. F., 11 p., 2011.
- LANDIS, T.; MORGAN, N.: "Growing media alternatives for forest and native plant nurseries", En: *Dumroese, R.K.; Riley, L.E., tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2008*, Ed. Proc. RMRS-P-58. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, USDA, CO: USA, pp. 26-31, 2009.
- LANDIS, T.; TINUS, R.; MCDONALD, S.; BARNETT, J.: *Manual de viveros para producción de especies forestales en contenedor*, vol. Manual agrícola, USA, 674 p., 2000.
- LOOR, S.R.G.; CASANOVA, M.T. de J.; PLAZA, A.L.F.: *Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café*, Mocache, Ecuador, 103 p., 2016, ISBN: 978-9942-22-103-2.
- MAG: *Boletín situacional de cacao*, Inst. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Sistema de Información Pública Agropecuaria, Ecuador, 11 p., 2017.
- MOKANY, K.; RAISON, R.; PROKUSHKIN, A.: "Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes", *Global Change Biology*, 12: 84-96, 2006, ISSN: 1365-2486.
- OSORIO, M.; LEIVA, E.; RAMÍREZ, R.: "Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor", *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2): 73-82, 2017, ISSN: 2256-2273.
- QUINTEROS, L.; DÍAZ, K.: "El mercado mundial de cacao", *Revista agroalimentaria*, 18: 48-60, 2004, ISSN: 1316-0354.
- RAMÍREZ, R.: "Fertilidad integral del suelo", En: *Actualización en fertilidad del suelo*, Ed. Grafiweb impresores publicistas, Armando Torrente editor, Bogotá, Colombia, p. 41-56 de 233, 2016, ISBN: 978-958-8598-12-3.
- VARELA, A.; MARTÍNEZ, B.: "Uso del compost de biosólidos en la formulación de sustratos para la producción industrial de plantas de *Nothofagus alpina*", *Revista Bosque*, 34(3): 281-289, 2013, ISSN: 0717-9200.
- VILLEGAS, O.; DOMÍNGUEZ, M.; ALBARERA, H.; MARTÍNEZ, M.; CORTÉS, M.; CASTILLO, C.; MAGADAN, M.: *Sustrato como material de última generación*, Ed. OmniaScience, Morelos, México, 62 p., 2017, ISBN: 978-84-945603-7-8.

---

*Diana Aracelly-López*, Mg. Ingeniería Agrícola, Estudiante Programa de Maestría en Ingeniería Agrícola. Instituto de Postgrado. Universidad Técnica de Manabí. Analista en Producción de semilla, Departamento de Producción, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. e-mail: [diana.aracelly@gmail.com](mailto:diana.aracelly@gmail.com)

*Luis Fernando Plaza-Avellán*, Mg. Ingeniería Agrícola, Estudiante Programa de Maestría en Ingeniería Agrícola. Instituto de Postgrado. Universidad Técnica de Manabí. Investigador Agregado 1, Programa Nacional de Cacao y Café, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. e-mail: [luisiniap@hotmail.com](mailto:luisiniap@hotmail.com)

*Betty Janeth Rivadeneira-Moreira*, Mg. Ingeniería Agrícola, Estudiante Programa de Maestría en Ingeniería Agrícola. Instituto de Postgrado. Universidad Técnica de Manabí. Investigador Agropecuario 1, Departamento de Suelos y Aguas, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. e-mail: [diana.aracelly@gmail.com](mailto:diana.aracelly@gmail.com)

*Flor María Párraga-Palacios*, Mg. Ingeniería Agrícola, Estudiante Programa de Maestría en Ingeniería Agrícola, Instituto de postgrado. Universidad Técnica de Manabí, e-mail: [diana.aracelly@gmail.com](mailto:diana.aracelly@gmail.com)

*Miguel Herrera-Suárez*, Profesor Titular, Departamento de Mecánica, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas, y Químicas. Universidad Técnica de Manabí. Coordinador de Maestrías, Instituto de Postgrado Universidad Técnica de Manabí. e-mail: [miguelhs2000@yahoo.com](mailto:miguelhs2000@yahoo.com)

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.