



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero por efecto de sustratos orgánicos

Autores

Br. Santos Eladio Castro Centeno
Br. Francisco Enmanuel Pineda Mairena

Asesores

MSc. Roberto Carlos Larios González
Ing. Miguel Jerónimo Ríos

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2023



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

**Crecimiento de plantas de cacao en etapa de
vivero por efecto de sustratos orgánicos**

Autores

Br. Santos Eladio Castro Centeno
Br. Francisco Enmanuel Pineda Mairena

Asesores

MSc. Roberto Carlos Larios González
Ing. Miguel Jerónimo Ríos

**Presentado a la consideración del honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo**

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2023

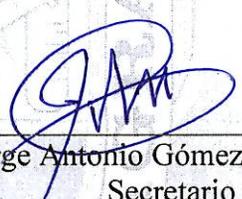
Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del comité evaluador


MSc. Martha Elizabeth Moraga Quezada
Presidente


MSc. Jorge Antonio Gómez Martínez
Secretario


MSc. Rodolfo Munguía Hernández
Vocal

Managua, Nicaragua, 7 de noviembre del 2023.

DEDICATORIA

A Dios padre celestial por ser fuente de amor para con nosotros. A quien con Fe acudimos cuando necesitamos de su mano bondadosa; encontrando a través de su bondad la sabiduría necesaria para poder avanzar en los caminos de esta vida.

A mi madre Rosibell del Socorro Centeno Rodríguez, ya que con su amor me ha servido como fuente de inspiración, sus consejos y apoyo han sido mi soporte durante mi preparación profesional y personal.

A mis hermanos Ervin Noé, Grisel Saelia, Claret Rosibell, Blanca Eloísa y Keyling Masiel, que con su ejemplo de superación me han dado los ánimos de cursar mi carrera profesional. Sus aportes me han permitido desarrollarme, y de la misma manera que ellos alcanzaron sus logros, me concientizaron a seguir los míos.

A mis amigos y profesores, que fortalecieron cada una de mis capacidades logrando con esto, culminar este proceso de formación. Dedicárselos por su indefinido aporte para conmigo.

Br. Santos Eladio Castro Centeno

DEDICATORIA

A Dios padre, a nuestra Madre Santísima virgen María y a nuestro Señor de Esquipulas (Señor de los Milagros), por la sabiduría, favores y virtudes concedidos durante el proceso de mi formación académica que conlleva el período de esta carrera, y poderme consolidar como Ingeniero.

A Luis de Jesús Mairena Herrera (q.e.p.d.), mi abuelo paterno quien en mi vida asumió el puesto de padre, apoyándome desde pequeño. También por la confianza que depositó en las cualidades que encontró en mí, encomendándome que me formara a través del estudio.

A mi tía Elsa Mairena Zelaya, por su apoyo incondicional cumpliendo como una madre el compromiso que adquirió para conmigo.

A toda mi familia, por la confianza depositada en mí y por sus aportes en cada momento de este período formativo.

A profesores y amigos que han estado durante el ciclo de mi carrera, de quienes he recibido apoyo en las travesías universitarias y apoyo moral para la formación de la vida. Con sus consejos, ayudas, conocimientos y valores inculcados, el camino recorrido se volvió más llevadero.

Br. Francisco Enmanuel Pineda Mairena

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir llegar a esta fase de formación, ya que sin él no somos nada y no se mueve ni la hoja de un árbol; y con su divina providencia me ha concedido llegar a este punto de culminación de mi carrera profesional como Ingeniero Agrónomo.

A mi familia, porque los logros alcanzados por cada uno de nosotros son celebrados con amor, cariño, afecto y alegría, y como no serlo, si son nuestro apoyo y fortaleza a cada instante.

A nuestros asesores: MSc. Roberto Carlos Larios González y MSc. Miguel Jerónimo Ríos, que con dedicación nos has guiado por el camino a seguir en el desarrollo de esta investigación, y que han sido fuente de amistad, consejos y sabiduría para nuestra formación.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional Agraria que nos ha permitido cursar y culminar la digna carrera de agronomía, así como a cada uno de los facilitadores que imparten los módulos del pensum de la carrera Ingeniería Agronómica.

A Ingemann, por darnos la oportunidad de ser parte del proyecto investigativo mediante el cual hemos fundamentado nuestra forma de culminación de estudios.

A mi mejor amigo, Francisco Enmanuel Pineda Mairena, por brindarme su confianza, compañerismo, amistad sincera y apoyo incondicional durante el transcurso de nuestra carrera. También por ser mi compañero de tesis y por ser parte fundamental del desarrollo de este proceso investigativo, ya que, gracias a él, ha sido más fácil su comprensión y realización.

Br. Santos Eladio Castro Centeno

AGRADECIMIENTO

Toda la honra y gloria para Dios, nuestro señor quien es el principio y fin de todo lo creado y lo que logramos conocer. Gracias a su voluntad y la Fe puesta en él, hemos podido alcanzar la finalidad de esta prestigiosa carrera.

A mi familia que ha sido ese nicho de fortaleza, confianza, esfuerzo, lucha, valor, y perseverancia, valores que han influido directamente en mi desarrollo.

Agradeciendo a nuestros asesores; MSc. Roberto Carlos Larios González y MSc. Miguel Jerónimo Ríos, por la dedicación y el esfuerzo que ha tenido en el acompañamiento del desarrollo de la investigación y por los consejos que nos dieron en cada momento.

A la Universidad Nacional Agraria, por los beneficios aportados en este caminar, todo lo enseñado e ilustrado en el pensum académico; por la oportunidad de estadía en la sede central que me permitió conocer personas buenas que son importantes en mi vida.

A la empresa Ingemann, por la oportunidad de desarrollar en sus instalaciones el trabajo de investigación y por el apoyo de su personal técnico y de campo.

A mi amigo, ya familia, Santos Eladio Castro Centeno, por su compañerismo y amistad sincera. También por decidir ser mi compañero de tesis, mismo asunto por el cual se nos hizo más fácil la comprensión de los procesos tratados, procedente de la confianza y entendimiento que logramos formular desde que nos conocimos.

Br. Francisco Enmanuel Pineda Mairena

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Vivero de cacao	4
3.2 Fertilización química	4
3.3 Sustratos de uso en viveros	5
IV MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1 Ubicación del área de estudio	8
4.2 Diseño experimental	9
4.2.1 Descripción de los tratamientos	9
4.2.2 Análisis químicos de los sustratos	10
4.3 Manejo del ensayo	11
4.4 Variables evaluadas	11
4.4.1 Altura de planta (cm)	11
4.4.2 Número de hojas	11
4.4.3 Diámetro del tallo (mm)	12
4.4.4 Longitud de raíz (cm) y peso seco de raíz, tallo y hoja (g)	12
4.5 Análisis de datos	12

V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1	Altura de planta (cm)	13
5.2	Número de hojas	14
5.3	Diámetro del tallo (mm)	16
5.4	Longitud de raíz (cm)	18
5.5	Peso seco de raíz (g)	19
5.6	Peso seco del tallo (g)	20
5.7	Peso seco de hoja (g)	22
VI	CONCLUSIONES	24
VII	RECOMENDACIONES	25
VIII	LITERATURA CITADA	26
IX	ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Tratamientos y su codificación	10
2. Componentes de la fertilidad química de los sustratos	10

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del área de estudio	8
2. Altura de planta (cm) por influencia de los sustratos según momento de medición	13
3. Número de hojas por influencia de los sustratos según momento de medición	15
4. Diámetro del tallo (mm) por influencia de los sustratos según momento de medición	17
5. Longitud de raíz (cm) por influencia de los sustratos a los 120 dds	18
6. Peso seco de raíz (g) por influencia de los sustratos	19
7. Peso seco de tallo por influencia de los sustratos	21
8. Peso seco de hojas por influencia de los sustratos	22

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Arreglo espacial de los tratamientos	33
2. Distanciamiento entre unidades experimentales	33
3. Identificación de tratamientos con códigos abreviados	34
4. Medición de la variable altura de planta (cm)	34
5. Medición de diámetro del tallo (mm)	35
6. Peso seco de la hoja (g)	35
7. Peso seco de raíz (g)	36
8. Peso seco del tallo (g)	36
9. Balanza analítica Scout Pro, usada en el pesaje de las muestras	37
10. Vernier utilizado en las mediciones del diámetro del tallo	37
11. Proceso de secado de los segmentos de las plantas	38

RESUMEN

La producción de material vegetal de calidad es requerida para asegurar el establecimiento exitoso de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), por lo que es indispensable la producción de plantas en vivero utilizando sustratos que proporcionen condiciones apropiadas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres sustratos orgánicos en comparación al uso de fertilización química, determinando la respuesta en parámetros de crecimiento. El estudio se desarrolló en las instalaciones de la empresa Ingemann Soluciones S. A., ubicada en el kilómetro 43.5 de la Carretera Panamericana, Las Maderas, Tipitapa, Managua, en las coordenadas geográficas 12°23'19' de latitud Norte y a 86°02'39' longitud Oeste. El experimento se estableció el 26 de octubre del 2021 y finalizó el 23 de febrero del 2022. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones de 30 plantas cada una, para un total de 360 plantas, sembradas en bolsa de polietileno de 20 cm X 10 cm. La variedad utilizada fue cacao forastero. Los tratamientos fueron tres sustratos orgánicos, uno a base de cascarilla de arroz carbonizada, un segundo con polvo de frijol carbonizado, un tercero usando suelo de las faldas del cerro Mombacho más estiércol bovino y un cuarto tratamiento que consistió en el uso de suelo. Se evaluaron las variables de crecimiento altura de planta, número de hoja, diámetro del tallo, longitud de la raíz y biomasa seca. Se registraron diferencias significativas en todas las variables, registrando los mejores resultados con el tratamiento a base cascarilla de arroz carbonizada, por lo tanto, se recomienda su uso como sustrato debido a su contribución en el crecimiento de las plantas de cacao a nivel de vivero.

Palabras clave: sustratos orgánicos, producción de plantas en vivero, variables de crecimiento.

ABSTRACT

The production of quality plant material is required to ensure successful establishment of cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.). For that reason, the production of seedlings in a nursery using substrates that provide appropriate conditions is essential. The objective of this research was to evaluate the effect of three organic substrates in comparison to the use of chemical fertilization, determining the response in growth parameters. This study was carried out at the facilities of the company Ingemann Soluciones S. A., located at kilometer 43.5 of the Panamerican's highway, Las Maderas, Tipitapa, Managua, at the geographical coordinates 12°23'19' North latitude and 86°02'39' West longitude. The experiment was established on October 26, 2021 and ended on February 23, 2022. A complete randomized design (RCD) with four treatments and three repetitions of 30 plants each, for a total of 360 plants, planted in a 20 cm x 10 cm polyethylene bag. The variety used was foreign cocoa. The treatments were three organic substrates, one based on charred rice husks, a second with charred bean powder, a third using Mombacho soil plus bovine manure and a fourth treatment that consisted of the use of soil. The growth variables plant height, leaf number, stem diameter, root length and dry biomass were evaluated. Significant differences were recorded in all variables, with the best results recorded with the treatment based on carbonized rice husks; therefore, its use as a substrate is recommended due to its contribution to the growth of cocoa plants at the nursery level.

Keywords: Organic substrates, nursery seedling production, growth variables.

I. INTRODUCCIÓN

El sector cacaoero tiene un aporte vital en el sector agrícola nicaragüense, debido a que el país es uno de los principales productores de cacao fino, materia prima esencial para las empresas chocolateras a nivel internacional, que procesan marcas de los mayores estándares de calidad y comercio (Guido *et al.*, 2016).

El cacao como materia prima agrícolas es crucial en el comercio internacional y es generador de divisas para los países que lo producen. Los países de Centro América no representan una competencia con el mercado mundial en términos de cantidad de cacao producido y comercializado, pero sí en calidad, orientando la producción a los mercados de cacao fino. Para lo que; “Nicaragua presenta un sector cacaoero en plena transformación. El país posee tierras aptas para la producción del cultivo y un aumento en cantidad de productores, los cuales, en su mayoría se encuentran asociados” (Cerrato, 2015, p. 2).

Para establecer plantaciones de cacao se cuenta con la producción de plantas a nivel de viveros, proceso de mayor influencia para asegurar plantaciones de alta calidad y productividad; para esto se tienen diversos cultivares de gran potencial genético, pero este no es desarrollado (no produce el rendimiento esperado) por deficientes prácticas de manejo agronómico y formas de cultivo generalmente convencionales en la fase de vivero, en la que se descuidan labores importantes como la fertilización (sea por baja dosificación en la aplicación o productos de baja calidad) y el uso de sustratos no aptos para la obtención de plantas de calidad.

La etapa de vivero en la producción de plantas es fundamental para la producción de cultivares; resultando en pérdidas para los agricultores por el uso de plantas no aptas para el trasplante, en parte debido al uso de sustratos o fertilización inadecuada o por un manejo completamente convencional.

Hidalgo *et al.* (2009) plantean que:

De la calidad y sanidad de las plantas de cacao depende en parte el éxito de la plantación definitiva en el campo. Dentro de los aspectos a considerar para propagar y desarrollar exitosamente plantas en vivero, la selección y el manejo del sustrato a emplear es uno de los más importantes. (p. 283)

Reyes (2015) expone que la producción de plantas a nivel de vivero permite mantener y supervisar los comportamientos de la genética del rubro que se pretenda establecer y es la base fundamental para el logro exitoso de la producción de calidad.

Lardizábal (2007) indica que los viveros permiten producir plantas compactas, con tallo robusto, coloración idónea, buen sistema radicular, menor stress de trasplante, menos pérdidas de plántulas al trasplante, libres de plagas y enfermedades y permite un mejor monitoreo de las fases posteriores al establecimiento del cultivo.

El uso de sustratos orgánicos para el llenado de bolsas o usos en viveros es una técnica que favorece el desarrollo vegetal de este cultivo, ya que actúa como un excelente portador de nutrientes debido a su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y resto de elementos esenciales; sirven de soporte y anclaje para la planta y se disminuye el uso y dependencia de fertilizantes químicos (recursos externos al sistema) (autoría propia).

La investigación se realizó de manera conjunta entre la Universidad Nacional Agraria y la empresa Ingemann Soluciones S. A., con el propósito de determinar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento de plantas de cacao a nivel de vivero.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comparar el efecto en el crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero con respecto al uso de tres sustratos orgánicos.

2.2 Objetivos específicos

Determinar la respuesta de las variables altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas, por efecto de los sustratos orgánicos en plantas de cacao.

Comparar el efecto de los sustratos orgánicos en la longitud de raíces y la biomasa seca de raíz, tallo y hoja de plantas de cacao.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Vivero de cacao

Para obtener plantas de cacao con excelente capacidad reproductiva y de mercado es necesario el establecimiento y manejo adecuado de los viveros, considerando las condiciones presentadas por el ambiente que ocasionan modificaciones en el carácter genético del material (García y Astudillo, 2010).

Para Gutiérrez *et al.* (2011) los viveros como estrategia agronómica se constituyen en un factor importante que influye en el crecimiento de la planta de cacao. El aumento en la demanda del cacao requiere de la producción de plantas de calidad para asegurar rendimientos satisfactorios.

Gavilánez (2019) determinó que la producción de plantas de cacao a nivel de vivero es una de las actividades prioritarias por parte de los productores.

3.2 Fertilización química

Suquilanda (1996) señala que la aplicación de fertilizantes químicos, consiste en suministrar nutrientes a las plantas a través de sustancias sintéticas solubles en agua (como se cita en Alcívar y Loor, 2016).

LLiuya (2015), expresa que aplicaciones de fertilizantes foliares o abonos sólidos como el estiércol de cuy (cobayo), pollinaza y compost, incrementan la altura en las plantas de cacao, así como el diámetro del tallo y el número de hojas.

Resultados de Sánchez y Dubón (2002) señalan que a pesar de que las plantas en vivero presentan condiciones adecuadas para el trasplante usando fertilizantes químicos, es posible obtener plantas con mejores características utilizando abonos orgánicos, sin embargo,

consideran como limitante el costo de transporte de estos materiales, como ocurre con la fertilización orgánica en cultivos establecidos.

3.3 Sustratos de uso en viveros

Un sustrato es un material sólido natural o sintético que se usa en la producción de plantas a nivel de vivero (Larios, 2022)¹.

Las funciones de los sustratos para producción de plantas según el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA, 2005) son anclaje y soporte para la planta, retención de agua que esté disponible para la planta, intercambio gaseoso entre atmósfera y sistema radicular y suministro de elementos esenciales para la planta.

Sáez (1999) explica que:

Un sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de diversos factores: tipo de planta a producir, fase del proceso productivo en el que se quiere intervenir (semillero, viveros, crecimiento), condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato. (p. 232)

El sustrato utilizado para llenar las bolsas debe ser suelto, rico en materia orgánica, capaz de retener la humedad; indica el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (Carbajal *et al*, 2008).

Utilizando sustratos mejorados con diferentes abonos orgánicos en la producción de plántulas (suelo + arena + humus de lombriz / suelo + arena + compost / suelo + arena + estiércol de cuy (cobayo)) Cuví *et al*. (2013) registraron a los 120 días, alturas de plántulas de 34 cm, con diámetro del tallo igual a 6.89 mm, obteniendo los mejores resultados con el sustrato a base de estiércol de cuy (cobayo).

¹ Larios González, R. C. (2022). Profesor Titular, Universidad Nacional Agraria.

Defaz (2016) evaluó el crecimiento de plantas de cacao con relación a distintos sustratos, demostrando que el tratamiento con mejor resultado fue uno con mezcla de 30 % bokashi, +30 % humus de lombriz+20 % tierra negra+10 % aserrín de balsa+10 % cascarilla de arroz quemado, con respecto a las variables número de hojas, diámetro del tallo y altura de planta.

Macías (2013) registró resultados de comparaciones de volúmenes de sustratos, reflejando promedio de altura entre 17.80 cm y 27.29 cm, obteniendo los mejores resultados en los volúmenes mayores, así mismo los datos de diámetros con medias de 12.42 mm (registros de datos en secciones de injertos), en cuanto al número de hojas el promedio registrado fue de 11.51, para lo que justifica que “el crecimiento de la planta se ve afectado por su normal funcionamiento fisiológico y por la restricción de nutrientes y el tamaño de la raíz” (p. 30), aspectos para los cuales los mayores volúmenes aportan mejores condiciones para la planta.

En las plantas de cacao, el crecimiento de la raíz cesa al encontrar mayor resistencia a la penetración, condición que afecta la formación de tejidos aéreos y disminuye su vigor; cuando el volumen del contenedor es mayor, los cambios por efecto del sustrato son mayores (Osorio *et al.*, 2017).

Orozco y Thienhaus (1997) reportan que, con aplicaciones de sustratos orgánicos como gallinaza, se obtiene mayor producción inicial de cacao y mayor diámetro del tallo; por su parte Santelices (2023) expresa que, se ha demostrado mayor interés en los fertilizantes orgánicos por el aporte nutricional y de materia orgánica, ya que promueven mayor desarrollo de las plantas, lo que permite utilizar este tipo de materiales para sustratos en viveros.

Oblitas (2015) indica que la producción orgánica contribuye con la conservación y mejora de las condiciones del suelo ya que orienta la reutilización de algunos residuos de los agroecosistemas.

En relación con la producción en viveros de plantas de cacao, Cortés-Patiño *et al.* (2015) expresan que este material vegetal debe asegurar la supervivencia al trasplante, por lo que

fundamental la producción de este tipo de plantas haciendo uso de sustratos que brinden condiciones adecuadas de crecimiento.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa Ingemann Soluciones S. A., dedicada a la producción y exportación de cacao a mercado internacional, está ubicada en el kilómetro 43.5 de la Carretera Panamericana, Las Maderas, municipio de Tipitapa, departamento de Managua. Se ubica en las coordenadas geográficas $12^{\circ}23'19''$ de latitud Norte y a $86^{\circ}02'39''$ longitud Oeste.



Figura 1. Ubicación del área de estudio.
(Fuente: Google Earth).

La temperatura anual promedio en esta zona oscila anualmente entre 22°C y 35°C , se localiza en una altura aproximada de 50 metros sobre el nivel del mar con precipitación media anual de 1 192 mm y humedad relativa entre 70 % y 80 % (Cuandovisitar.es, s.f).

El experimento se estableció el 26 de octubre del 2021 y finalizó el 23 de febrero del 2022.

4.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) para determinar el efecto de los cuatro sustratos en el crecimiento de plantas de cacao, para ello se utilizaron 30 plantas por tratamiento, de las cuales 10 fueron seleccionadas para el registro de las variables en estudio. Las plantas fueron establecidas en bolsa de polietileno con dimensiones de 25.4 cm x 20.3 cm (10 pulgadas x 8 pulgadas) y calibre de 2 mm; estas dimensiones representan un volumen de suelo aproximado de 1.5 kg. En este caso la variable respuesta es cada variable de crecimiento, la unidad experimental corresponde a las plantas en bolsas (30 por tratamiento) y el factor es el sustrato.

4.2.1 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos consistieron en la combinación de suelo más abonos orgánicos y solo suelo. El primer tratamiento consistió en la combinación de cascarilla de arroz carbonizada más suelo, el segundo tratamiento estuvo conformado por estiércol bovino triturado más suelo Mombacho (suelo proveniente de las faldas del cerro Mombacho en Granada), el tercer tratamiento fue la combinación de polvo de frijol carbonizado más suelo. El polvo de frijol se refiere al residuo producto de la práctica del aporreo de frijol, ya sea manual o mecanizada; este término se utiliza en la zona norte del país y se conoce en otras regiones como broza de frijol. El cuarto tratamiento fue el testigo que consistió en el uso de solo suelo (suelo del área de estudio en Ingemann).

Subsecuentemente los tratamientos a base de material orgánico serán denominados de la siguiente manera: cascarilla de arroz carbonizada igual a cascarilla de arroz, estiércol bovino triturado más suelo Mombacho igual a estiércol bovino más suelo Mombacho y polvo de frijol carbonizado igual a polvo de frijol.

En cada unidad experimental se usó un total de treinta bolsas, sembrando una semilla pregerminada en cada bolsa. Los bancos se formaron de dos hileras, ubicados en dirección

este a oeste. La elección del sitio (sector noreste del vivero) del experimento se realizó según las recomendaciones del responsable del vivero.

La preparación y combinación de los sustratos se desarrolló con las especificaciones del plan de producción de plantas en viveros que desarrolla la empresa, acatando las orientaciones del encargado del vivero, es decir la mezcla de 70 % de suelo y 30 % de cada sustrato orgánico. En las mezclas cascarilla de arroz y polvo de frijol se utilizó suelo del lugar, de igual manera en el tratamiento testigo, en cambio, en el tratamiento que contiene estiércol bovino se utilizó el suelo de las faldas del Cerro Mombacho.

En el Cuadro 1 se indica el nombre de los tratamientos y la codificación utilizada en los rótulos a nivel de campo colocados en la parte frontal del cada tratamiento, así como para facilitar la comprensión de los resultados que se presentan en las figuras de la sección de resultados y discusión.

Cuadro 1. Tratamientos y su codificación

Tratamientos	Códigos
Cascarilla de arroz 30 % más suelo 70 %	CA
Estiércol bovino 30 % más suelo Mombacho 70 %	EB + TM
Polvo de frijol 30 % más suelo 70 %	PF
Suelo 100 %	SU

4.2.2 Análisis químico de los sustratos

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis químico de los sustratos (tratamientos) en estudio.

Cuadro 2. Fertilidad química de los sustratos usados en el vivero de cacao 2021 - 2022

Tratamientos	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
				%					ppm		
CA	7.51	5.47	0.42	0.10	0.05	1.09	0.40	23070	62.50	600	70
PF	7.64	26.46	1.68	0.56	0.27	2.29	0.45	9650	112.50	640	200
SU	7.52	5.60	0.84	0.11	0.07	1.77	0.40	15110	172.50	710	90
EB+TM	6.72	8.08	0.42	0.23	0.06	0.42	0.07	4160	27.50	240	20

Fuente: UNA-LABSA (2022).

El análisis de la fertilidad química se aplicó a la mezcla del 70 % de suelo más el 30 % de cada componente, es decir las muestras se tomaron a los materiales (sustratos) que se utilizaron para el llenado de las bolsas.

4.3 Manejo del ensayo

El vivero se estableció en condiciones de casa malla, las labores correspondientes al manejo de arvenses, plagas, enfermedades, aplicaciones de fertilizantes y riego, se realizaron según el plan de manejo agronómico de la empresa Ingemann, el que es orientado por el encargado del vivero; información que la empresa maneja con reserva.

En el estudio se utilizó cacao forastero, material utilizado por Ingemann; según Reyes, responsable de producción, (comunicación personal, 26 de octubre, 2021), el cacao forastero es usado como patrón en plantas injertadas, por sus cualidades de rusticidad y resistencia a daño causado por patógenos.

4.4 Variables evaluadas

Las variables fueron registradas en diez plantas seleccionadas por cada tratamiento. Los datos se registraron a partir de los 30 días después de la siembra (dds) con intervalo mensuales entre cada medición, culminando la etapa de campo y levantamiento de datos a los 120 dds.

4.4.1 Altura de planta (cm)

La altura de planta se midió con el uso de una cinta métrica; esta medición se realizó desde la base del tallo hasta la yema apical del crecimiento dominante.

4.4.2 Número de hojas

Se contaron las hojas completamente formadas y consideradas fotosintéticamente activas.

4.4.3 Diámetro del tallo (cm)

Se midió con un vernier (pie de rey) a una altura de cinco centímetros desde la base de tallo.

4.4.4 Longitud de raíz (cm) y peso seco de raíz, tallo y hoja (g)

Una vez culminada la fase del vivero a los 120 dds, se seleccionaron cuatro plantas al azar de cada tratamiento; se utilizó un método destructivo, seccionando las plantas en tres partes (raíces, tallo y hojas).

En el caso de la longitud de raíces se midió con una cinta métrica, luego que las raíces fueran lavadas y secadas bajo sombra.

Para la medición del peso seco de raíz, tallo y hojas, las muestras se secaron en un horno marca Memmert a una temperatura de 65 °C durante 72 horas, luego las muestras fueron pesadas en una balanza analítica marca Scout pro. El procedimiento se realizó en el laboratorio de hongos entomopatógenos de la Universidad Nacional Agraria sede central (Managua).

4.5 Análisis de datos

Toda la información fue ordenada en una hoja de cálculo de Excel versión 2022 de Microsoft Office 365 empresarial, luego fueron exportados al programa estadístico Infostat versión libre y se analizaron de forma univariada mediante un análisis de varianza y prueba de comparación por diferencias mínimas significativas de Fisher con un nivel de confianza de 95 %.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de planta (cm)

La altura de la planta de cacao presenta un comportamiento irregular, ya que es influenciada según el genotipo (Orozco y Thienhaus, 1997); también el clima, suelo, sustratos o condiciones controladas están muy involucrados.

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la altura de planta en sus cuatro momentos de medición, indicando que el sustrato a base de cascarilla de arroz (CA) es el tratamiento que mejor respuesta confiera a esta variable.

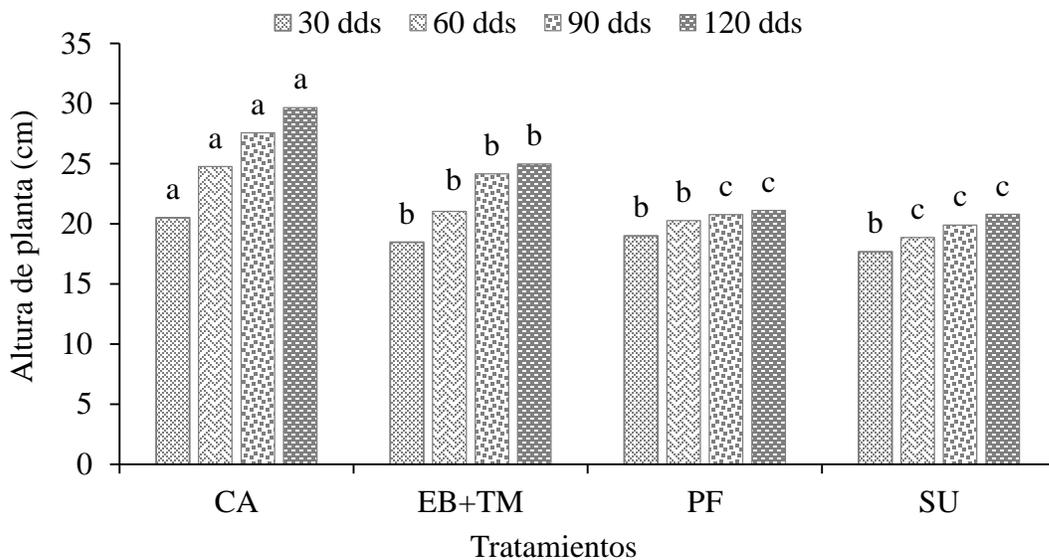


Figura 2. Altura de planta (cm) por influencia de los sustratos según momento de medición.

Rivera y Geeral (2019) reporta mayor altura de planta al hacer combinación de abonos orgánicos más minerales en relación con el uso exclusivo de fertilización química.

Los resultados de Rivera y Geeral (2019) son similares a los obtenidos en este estudio, ya que se registró que el uso de cascarilla de arroz supera en todos los momentos al resto de sustratos, así como a la fertilización química.

A los 120 días después de la siembra (Figura 2), las diferencias estadísticas agrupan a los sustratos en tres categorías, siendo el sustrato a base de cascarilla de arroz quien permite alcanzar la mayor altura (29.66 cm), seguido de estiércol bovino más suelo Mombacho. La tercera categoría está conformada por los tratamientos polvo de frijol y solo suelo.

Espejo (2010) obtuvo mayor altura de planta con el uso de cascarilla de arroz prequemada combinado con suelo, registrando un promedio de 28.49 cm, altura muy similar a la registrada en esta investigación.

También Vargas *et al.* (2020), reportan mayor altura usando una mezcla de cascarilla de arroz, gallinaza y tierra negra.

5.2 Número de hojas

Las hojas tienen como función fundamental la producción de alimentos para la planta mediante el proceso de fotosíntesis, acción que permite su crecimiento y desarrollo (Rojas *et al.* 2012).

En la Figura 3 se observan diferencias estadísticas a partir de los 60 días después de la siembra, registrando un número mayor de hojas con el tratamiento a base de cascarilla de arroz.

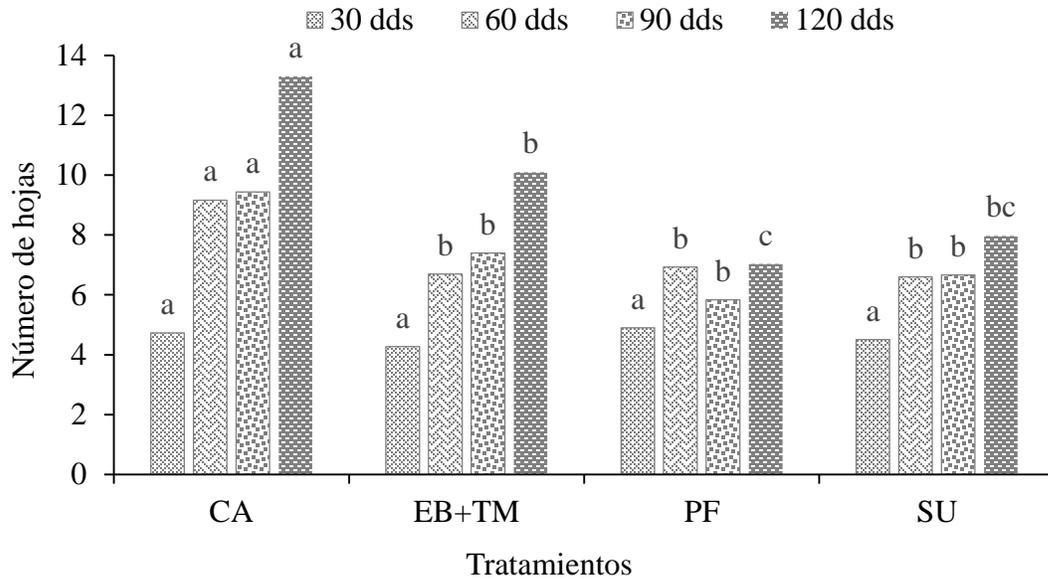


Figura 3. Número de hojas por influencia de los sustratos según momento de medición.

Velalcazar (2019) midió a los 90 días después de la emergencia, el efecto de diferentes sustratos en la producción de plantas del cacao criollo y obtuvo 8.2 hojas como promedio, valor superado en esta investigación al registrarse 9.43 hojas con el uso de cascarilla de arroz, así como por el sustrato a base de estiércol bobino (8.97 hojas).

Vargas *et al.* (2020), también contabilizaron mayor número de hojas con el uso de un sustrato a base de cascarilla de arroz mezclada con suelo (tierra negra) más gallinaza, demostrando los aportes que brinda la cascarilla como sustrato en el crecimiento de las plantas de cacao.

Los sustratos orgánicos según Eghball *et al.* (2004), citado por Aguilar *et al.* (2016), “aumentan la producción de hojas por los siguientes factores: mejoran la estructura del suelo, previenen el estrés hídrico al conservar la humedad, almacenan y liberan lentamente nutrimentos en forma disponible para las plantas y activan la microflora benéfica” (p. 15).

Defaz (2016), con el uso de un sustrato compuesto por 30 % de bokashi + 30 % humus de lombriz + 20 % de tierra negra + 10 % de aserrín de balsa + 10 % de tamo de arroz quemado registró 5.5 hojas por planta, datos recopilados a 30 días después de la emergencia, estos

valores superan a los encontrados en esta investigación con el sustrato a base de cascarilla de arroz (4.9 hojas) registrados a los 30 dds.

Este mismo autor contabilizó 13.2 hojas por planta a los 75 días después de la emergencia con el mismo sustrato, en cambio en la investigación se logra obtener 13.3 hojas por planta a los 120 días después de la siembra con el tratamiento a base de cascarilla de arroz.

Por su parte Angulo *et al.* (2021), usando diferentes volúmenes de sustratos a los 75 días después de la emergencia registraron 12.75 hojas en promedio en bolsas de 2 kg de capacidad (20 cm x 27.5 cm), utilizando como sustrato único tierra negra y cascarilla de arroz en proporción 2:1; valor que supera a los registrados en esta investigación a los 90 días después de la siembra.

En un sustrato compuesto por suelo agrícola, arena y compost en relación 3:1:1 respectivamente, Lucero (2022) precisó un promedio de 11.55 hojas por planta a los 90 días después de la emergencia; este dato supera en 2.12 hojas por planta al sustrato cascarilla de arroz a los 90 días después de la siembra.

5.3 Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo es una característica importante en la selección de plantas aptas para el trasplante. Martínez *et al.* (2015) señala que un buen diámetro del tallo es de importancia en la utilización de plántulas de cacao para su uso como patrones en la injertación.

En la Figura 4 se presentan los resultados en los diferentes momentos, y se aprecia que el sustrato con cascarilla de arroz es el tratamiento que permite un mayor diámetro del tallo a partir de los 90 días después de la siembra.

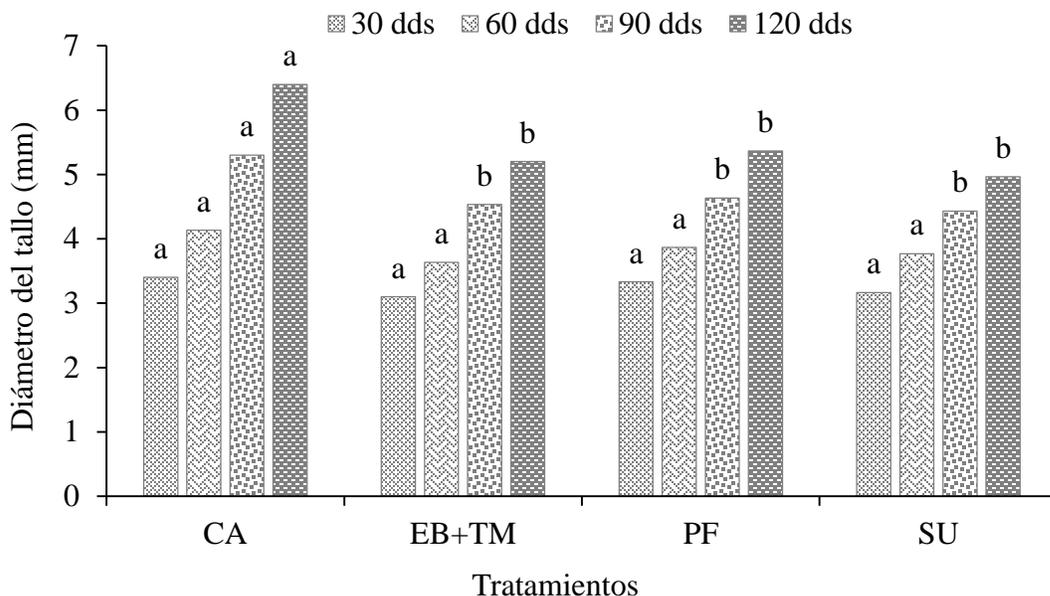


Figura 4. Diámetro del tallo (mm) por influencia de los sustratos según momento de medición.

Cahuana (2021) registró a los 105 días después de la emergencia, valores de 5.82 mm de diámetro del tallo en plantas de cacao al utilizar un sustrato que incluía cascarilla de arroz pre quemada; igualmente Vargas *et al.* (2020), reportan mayor diámetro del tallo con el uso de un sustrato que combina tierra negra, cascarilla de arroz y gallinaza.

Los datos obtenidos en esta investigación a los 90 dds son similares (5.3 mm) a los reportados por Cahuana (2021); en cambio a los 120 dds, los valores usando cascarilla de arroz superan a los de este autor al registrarse 6.4 mm de diámetro del tallo.

Ortega-Martínez *et al.* (2010), explican que no solo el aporte nutricional es un factor que favorece el crecimiento, sino que la fertilidad física como retención de agua y nutrientes, porosidad, intercambio gaseoso, aireación, anclaje de planta de algunos sustratos, posibilitan a las plantas alcanzar mayor diámetro del tallo, que es un indicador del vigor de una planta y muestra la resistencia y fortaleza que pueda tener al ser trasplantada.

5.4 Longitud de raíz (cm)

“La longitud de la raíz puede ser un indicador morfológico que permite diferenciar la respuesta del estrés hídrico” (Martirena-Ramírez *et al.* 2019, p. 231), así como el área de exploración para la absorción de agua y nutrientes.

Al realizar la medición de la raíz a los 120 días después de la siembra, se registra mayor longitud con el uso de cascarilla de arroz (Figura 5).

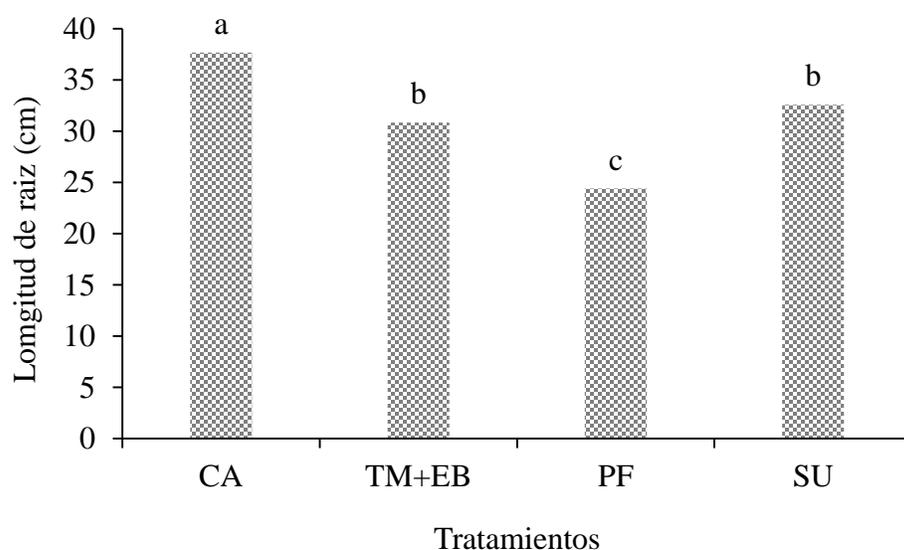


Figura 5. Longitud de raíz (cm) por influencia de los sustratos a los 120 dds.

El tratamiento cascarilla de arroz registra 37.67 cm de longitud de raíz y con el uso de suelo se obtienen 32.50 cm, datos superiores a los de Cortés-Patiño *et al.* (2015), quienes reportan valores de 29.04 cm usando suelo más arena y 25.9 cm al usar un sustrato a base de suelo más arena más lombrihumus más fertilización química.

Ormeño (2011) en la evaluación de abonos orgánicos para producción de plantas de cacao registro a los 120 dds 16.2 cm de longitud de raíz con un sustrato a base de estiércol bovino. Mismos resultados que son superados por el tratamiento suelo Mombacho más estiércol bovino, del cual se registró longitud de raíz de 30.83 cm a 120 dds.

Cuenca (2022) usando un sustrato a base de tierra negra 50 % + arena 25 % + gallinaza 25 %, obtuvo 30.30 cm de longitud de raíz al recopilar datos a 90 días después de la germinación. La longitud de raíz por influencia de los tratamientos a base de cascarilla de arroz, suelo Mombacho más estiércol bovino y solo suelo, superan este valor a los 120 dds.

5.5 Peso seco de raíz (g)

Según Di Benedetto y Tognetti (2016), “el peso seco es un buen estimador del carbono total de la planta, lo que permite analizar importantes aspectos de su fisiología” (p. 260).

El peso seco de raíz es uno de los atributos morfológicos cuantitativos que se emplean para caracterizar la calidad de una planta, además es un descriptor del grado de desarrollo radical. (Navarro *et al.*, 2006).

El tratamiento a base de cascarilla de arroz permite obtener mayor peso seco de raíz, alcanzando 1.05 gramos (Figura 6).

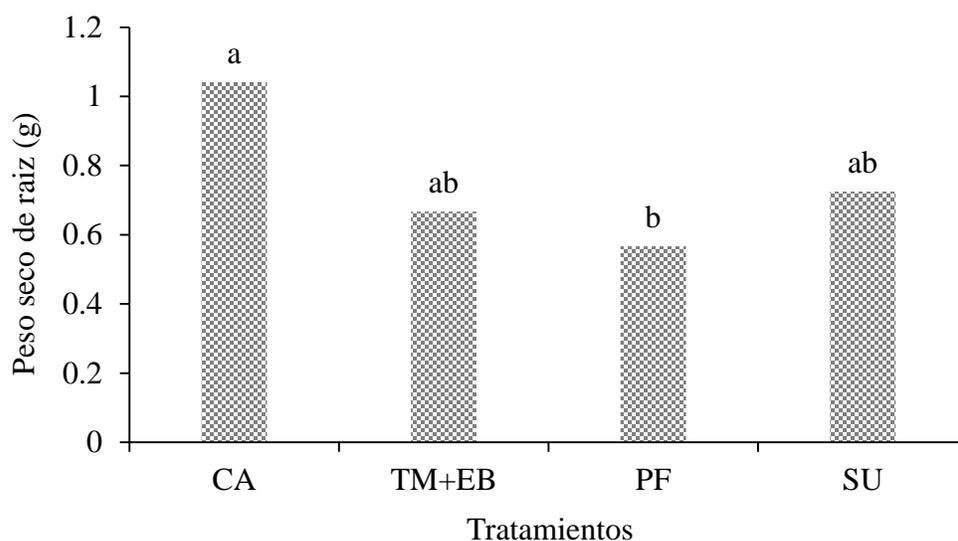


Figura 6. Peso seco de raíz (g) por influencia de los sustratos.

Al utilizar fertilización química en drench (urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio), García (2018) registró peso seco de raíz igual a 1.2 gramos a los cinco meses de edad de la

planta, dato ligeramente mayor al registrado en la investigación con el uso de cascarilla de arroz, pero con una diferencia en edad de plantas de un mes. En cambio, en el mismo tiempo de evaluación (120 dds), Huamancayo (2012), al evaluar el efecto de bocashi en relación 1:1 con suelo agrícola encontró promedios de 0.95 gramos, valor por debajo del registrado con cascarilla de arroz.

Realizando la combinación de estiércol bovino 20 %, suelo 30 %, arena 20 %, humus 20 %, compost 10 %) para sustrato, Rodríguez (2023) registró peso seco de raíz de 0.78 gramos a términos de cuatro meses. El dato registrado por este autor supera a los encontrados en los tratamientos suelo Mombacho más estiércol bovino, polvo de frijol y solo suelo que presentan valores menores, en cambio el tratamiento cascarilla de arroz presentó un valor mayor (1.05 gramos).

Según la Agrícola Nacional S.A. de Chile (ANASAC, 2022), la cascarilla de arroz carbonizada o quemada es un sustrato que se usa solo o en mezcla y favorece el enraizamiento de las plantas, ya que facilita el drenaje, evita problemas de compactación del sustrato y problemas de plagas y enfermedades.

5.6 Peso seco del tallo (g)

Riaño *et al.* (2005) sostienen que, el incremento del peso seco del tallo es un excelente indicador para analizar el crecimiento de las plantas.

En la Figura 7 se observa que con el sustrato cascarilla de arroz se obtiene mayor peso seco del tallo alcanzando un valor de 1.91 gramos.

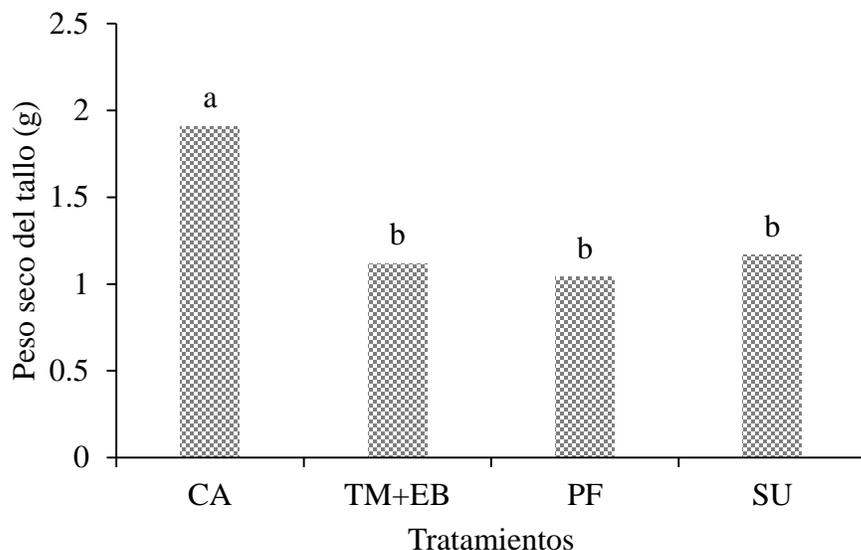


Figura 7. Peso seco de tallo (g) por influencia de los sustratos.

Lliuya (2015), registró mayor peso seco en plántulas de cacao al utilizar diferentes abonos orgánicos en relación con el uso de diferentes fertilizantes químicos.

La cascarilla de arroz favorece las condiciones de aireación, absorción de agua y el movimiento de nutrientes; contribuye con la actividad de macro y microorganismos del suelo y promueve el desarrollo del sistema radicular de las plantas (Brechelt, 2004). Lo que permite un mejor crecimiento y aumento del peso de la parte aérea de las plantas.

Para la producción de plantas es importante considerar no solo el tipo de sustrato, sino sus características físicas, químicas y biológicas (Ortega-Martínez *et al.*, 2010); ya que el crecimiento óptimo de una planta dependerá de condiciones no solo nutricionales, sino de otros parámetros como los que proporciona la cascarilla de arroz mencionados por Bioespacio (2021), como es la aireación, retención y conservación de humedad, regulación del pH del suelo y mejora de las condiciones físicas del suelo y los abonos orgánicos.

5.7 Peso seco de hojas (g)

Corzo *et al.* (2017) expresan que el peso seco de las hojas hace referencia a la cantidad de masa seca que existe en ellas; a través de este peso se estiman valores de biomasa que pueden ser proyectados en relación con la reserva nutricional de una planta.

Los tratamientos cascarilla de arroz (3.08 g) y suelo Mombacho más estiércol bovino (2.81 g) presentaron los datos mayores en peso seco de hojas (Figura 8).

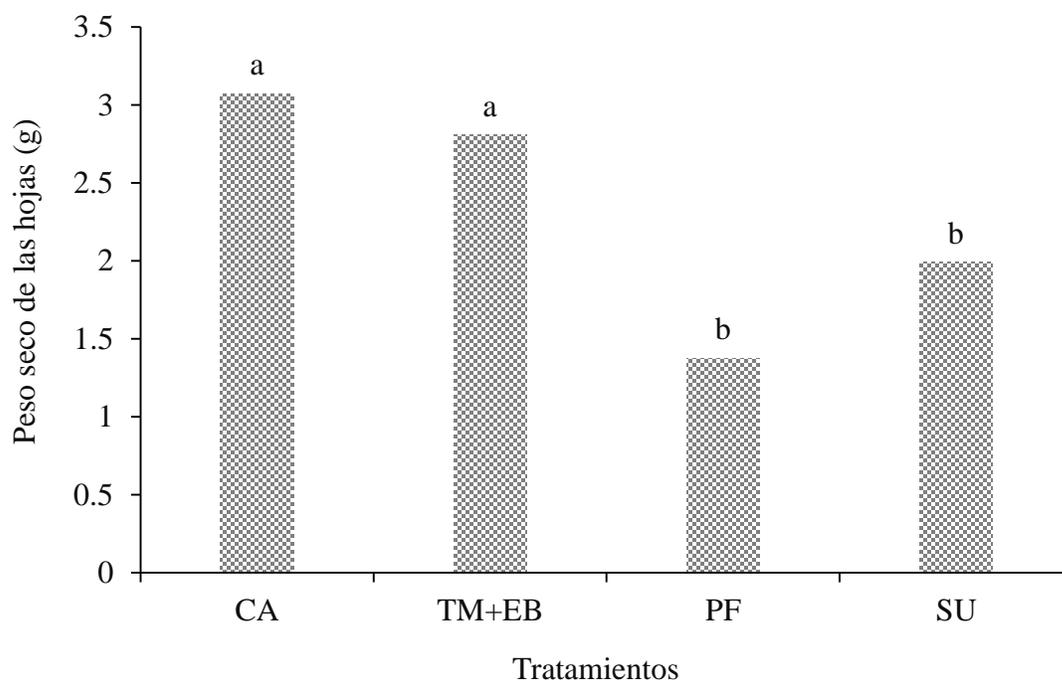


Figura 8. Peso seco de hojas (g) por influencia de los sustratos.

El peso seco de las hojas registrado por Carbajal (2018) fue de 0.79 gramos en plantas desarrolladas en un sustrato compuesto por 50 % de estiércol bovino + 50 % tierra agrícola; dato menor a los registrados en este estudio con el uso de cascarilla de arroz y suelo Mombacho más estiércol bovino.

En un sustrato compuesto por suelo y arena en relación 1:1 Cortés-Patiño *et al.* (2015) registró un peso de 2.10 gramos a los 90 días después de la germinación, dato que supera a los registrados en el estudio con el uso del tratamiento solo suelo (1.99 g), a los 120 dds.

Pérez *et al* (2019), obtuvieron 3.6 gramos en peso seco de hoja a los 120 días después de la siembra al determinar biomasa de plantas con el patrón IMC 67, dato similar encontrado con el sustrato cascarilla de arroz que presentó 3.08 gramos.

Un control de calidad, monitoreo y buen manejo de la cascarilla de arroz se hacen indispensable para asegurar su utilidad y desempeño en la producción de plantas de calidad, por su alta fertilidad físico-químico. Al usarla como sustrato aporta nutrimentos que brindan condiciones favorables al desarrollo de las plántulas en viveros Volke *et al* (2001).

FAO (2002) expresa que la aplicación de fertilizantes químicos (abonos completos), tiene inferencia en diversos aspectos de las plantas, detallando específicamente que: el nitrógeno (N) suple de 1 % a 4 % del extracto seco de la planta, el fósforo (P) suple de 0.1 % a 0.4 % del extracto seco de la planta y el potasio (K) suple del 1 % al 4 % del extracto seco de la planta.

Todas las variables de crecimiento (altura de planta, número de hoja, diámetro del tallo, longitud de raíz, peso seco de raíz, tallo y hoja) presentaron mejor comportamiento con el uso del sustrato a base de cascarilla de arroz. Esto nos permite inferir que, a mayor longitud de raíces, se obtiene mayor altura de planta y con esto mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que permite obtener mayor número de hoja, diámetro del tallo y mayor biomasa seca.

VI. CONCLUSIONES

El uso del sustrato orgánico a base de cascarilla de arroz carbonizada permite mejor respuesta de las plantas de cacao en relación con la altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo.

La longitud de raíces y la biomasa seca de raíz, tallo y hojas de las plantas de cacao presentan mayor crecimiento con el uso del sustrato a base de cascarilla de arroz carbonizada.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar sustratos a base de cascarilla de arroz debido a su contribución en el crecimiento de las plantas de cacao a nivel de vivero.

VIII. LITERATURA CITADA

- Agrícola Nacional S.A. de Chile. (2022). *Cascarilla de arroz mejorada*. Anasac. https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-556776412-sustrato-cascarilla-de-arroz-mejorada-1-kilo-anasac-_JM
- Aguilar Jiménez, C. E., Alvarado Cruz, I., Martínez Aguilar, F. B., Galdámez, J. G., Gutiérrez Martínez, A. y Morales Cabrera, J. A. (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra*, 3(1), 11-20. <http://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.211>
- Alcívar Valdez, J. P. y Loor Vélez, M. V. (2016). *Respuesta del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), a la poda y fertilización orgánica y química* [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/461>
- Angulo Villacorta, C. D., Mathius Flores, M. A., Racchumi García, A., Bardales Lozano, R. M., y Ayala Montejó, D. (2021). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L) en vivero, usando diferentes volúmenes de sustratos. *Manglar*, 18(3), 261-266. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.034>
- Bioespacio (2021). Cascarilla de arroz quemada. <https://bioespacio.co/sustratos/cascarilla-de-arroz-quemada/>
- Brechelt, A. (2004). *Manejo ecológico del suelo*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-fama.pdf>
- Cahuana Condori, C. (2021). *Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de cacao (theobroma cacao L.) en el Centro Experimental del Ceibo Ltda. localidad Sapecho–Palos Blancos* [Tesis Doctoral, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/26197>
- Carbajal Cruz, R. K. (2018). *Efecto de fuentes de sustratos orgánicos tratadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (Theobroma cacao L.) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2081>
- Carbajal, M., Carillo Alvarado, T., Solórzano Larrea, R., Cobeña Ruiz, G., Rivera Fernández, G. y Valdez Demera, R. (2008). Propagación de plantas de cacao en viveros. Ecuador: INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Boletín No 340. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/13550>
- Cerrato Sequeira, J. M. (2015). *Competitividad comercial del cacao (Theobroma cacao L.)* [Trabajo de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3138>

- Cortés-Patiño, S. L., Vesga-Ayala, N. P., Sigarroa-Rieche, A. K., Moreno-Rozo, L. y Cárdenas-Caro, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3), 151-158. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000300003
- Corzo, J. M., Juracán, R y Rogel, S. (2017). Parámetros de crecimiento: una herramienta objetiva para la gestión de la productividad. Recuperado de: <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/boletin-no11-agosto-2017.pdf>
- Cuandovisitar.es. (s.f.). Tiempo y clima. Clima Tipitapa y cuando visitar. Recuperado el 24 de agosto 2023 de <https://www.cuandovisitar.es/nicaragua/tipitapa-2964108/#:~:text=La%20temperatura%20media%20anual%20en,media%20anual%20es%201192%20mm>
- Cuenca Borrero, A. G. (2022). *Evaluación del efecto de nueve sustratos en la producción de plántulas del clon IMC 67 de Theobroma cacao L., en vivero*. [Tesis de ingeniería, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio digital UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3441>
- Cuvi Ramírez, M. B., Rodríguez Guerra, Y., Carrera, K. M. E., Asanza, M. y Soria Re, S. (2013). Efecto de abonos orgánicos el cultivo de *Theobroma cacao* L. en vivero del “Recinto el Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador. *Revista amazónica ciencia y tecnología*, 2(1), 31-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5271969>
- Defaz Quilumba, C. L. (2016). *Evaluación de diferentes tipos de sustratos en vivero de cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo] Quevedo. Ecuador. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1908>
- Di Benedetto, A. y Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(3), 258-282. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n3/v42n3a07.pdf>
- Espejo Meza, J. C. (2010). *Efecto de diferentes sustratos en la producción de plantones del Theobroma cacao L. cacao criollo en el sector de Jacintillo-Tingo María*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de la Selva]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/412/T.CSA-29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García Ramírez, R. B. y Astudillo Álvarez, A. R. (2010). *Establecimiento de un vivero de cacao (Theobroma cacao L.) en la Zona del Cantón Ventanas Provincia de los Ríos* [Tesis de Ingeniería, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2957>
- García Reyes, G. M. (2018). *Efecto de fertilización en drench de plántulas de Theobroma cacao L. grupo criollo, en vivero, rio Negro-Satipo*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4878>

- Gavilánez García, K. K. (2019). *Los productores de plántulas de cacao y las variaciones del precio internacional del cacao: 2006-2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40547>
- Guido Sevilla, D. G., Martínez Calderón, L. O. y Valdivia Chévez, K. (2016). *El financiamiento y asistencia técnica de la producción de cacao de pequeños productores del municipio El Tuma-La Dalia en el departamento de Matagalpa, en el I semestre del 2015*. [Trabajo de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Managua FAREM-ESTELÍ]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/2007/1/17356.pdf>
- Gutiérrez, M., Gómez, R. y Rodríguez, N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Ciencia y tecnología Agropecuaria*, 12(1), 33-41. <http://www.redalyc.org/pdf/4499/449945030004.pdf>
- Hidalgo Loggiodice, P. R., Sindoni Vielma, M. y Méndez Natera, J. R. (2009). Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. *Revista UDO Agrícola*, 9(2), 282-288. <https://doczz.net/doc/21391/all-papers---udo-agr%C3%ADcola>
- Huamancayo Ysminio, G. G. (2012). *Efecto del bocashi en las propiedades del suelo y en el crecimiento del cacao (Theobroma cacao L.) fase vivero en Santa Rosa-Naranjillo*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria de la selva]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20500.14292/431/T.CSA-48.pdf?sequence=1>
- Lardizábal, R. (2007). Manual de producción de plántulas en bandejas. Recuperado de: http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/75/EDA_Manual_Produccion_Plantulas_08-07.pdf?sequence=1
- Lliuya Potokar, V. (2015). *Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en un suelo inceptisols en fase de vivero, en el distrito de Nuevo Progreso, Tocache, San Martín* [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1308/VLP_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lucero Reyna, A. (2022). *Efecto de cinco sustratos en el crecimiento del cultivo de Cacao Criollo (Theobroma cacao L), en etapa de vivero, Jamalca-Amazonas 2022*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica Amazónica]. Repositorio Institucional. https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/140/Tesis_Lucero%20Reyna_Alcides.pdf?sequence=5&isAllowed=y

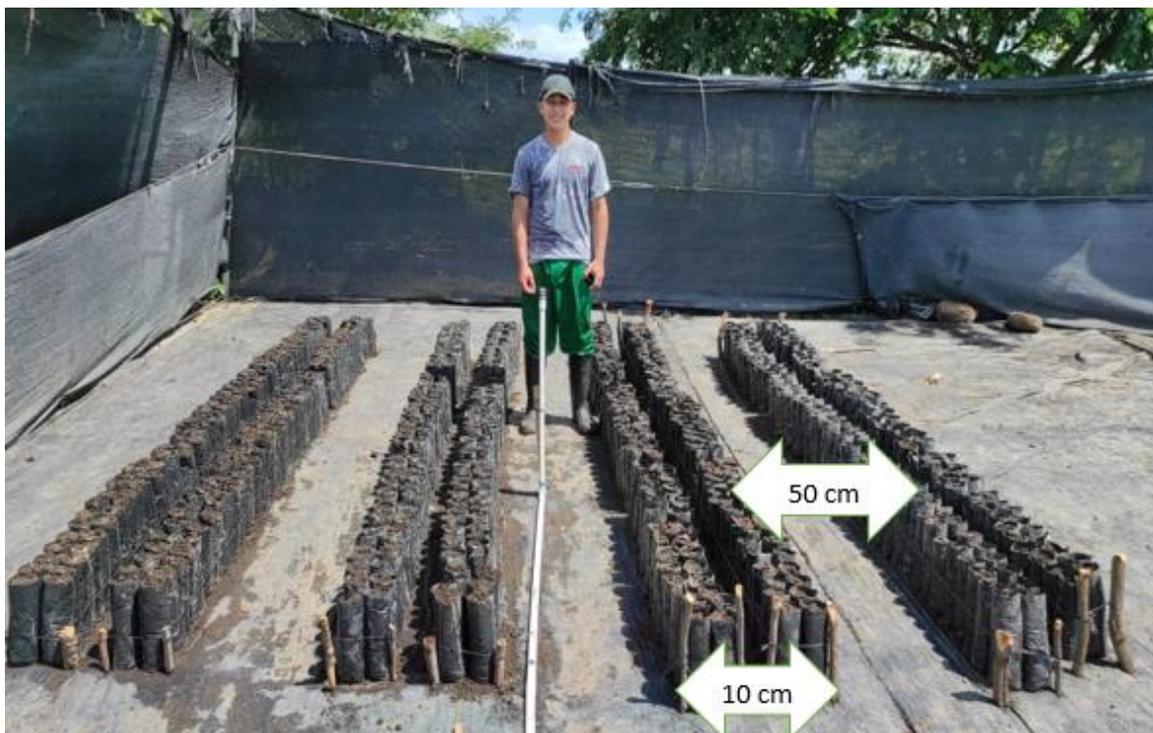
- Macías Zambrano, J. W. (2013). *Comportamiento agronómico de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato* [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/536>
- Martínez, M. R., Mendieta, L. M. y Castellón, O. M. (2015). Prendimiento de dos tipos de injertos en cacao en distintas fases lunares, Siuna, 2014. *Ciencia e Interculturalidad*, 17(2), 92-105. <https://doi.org/10.5377/rci.v17i2.2642>
- Martirena-Ramírez, A., Veitía, N., Torres, D., Rivero, L., García, L. R., Collado, R. y Ramírez-López, M. (2019). Longitud de la raíz: indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en *Phaseolus vulgaris* L. en cada de cultivo. *Biotecnología Vegetal*, 19(3), 225-233. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000300225
- Navarro, R. M., Villar-Salvador, P y Del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plántones. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos degradados. Estado actual de reconocimientos. *Dialnet* 670(8), 67-88. https://www.researchgate.net/publication/236201276_Morfologia_y_establecimiento_de_plantones
- Oblitas Quintanilla, J. D. (2015). *Producción orgánica de cacao (Theobroma cacao) en el valle del río Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEN)*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2079>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2002). Los fertilizantes y su uso. FAO. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2005). *Manual producción de sustratos para viveros*. <https://elibro.net/es/lc/unanicaragua/titulos/92022>
- Ormeño, M. A. (2011). Evaluación de diferentes abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.). <https://www.researchgate.net/publication/268980974>
- Orozco, M. y Thienhaus, S. (1997). Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana*, 81-92 <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/24735>
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R. y Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ra Ximhai*, 6(3), 365-372. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46116015005.pdf>
- Osorio, M. A., Leiva, E. I. y Ramírez, R. (2017). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Ciencias Agrícolas*, 34(2), 73-82. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.73>

- Pérez Moncada, U. A., Ramírez Gómez, M., Serralde Ordoñez, D. P., Peñaranda Rolón, A. M., Wilches Ortiz, W. A., Ramírez, L., & Rengifo Estrada, G. A. (2019). Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) como estrategia para reducir la absorción de cadmio en plantas de cacao (*Theobroma cacao*). *Terra Latinoamericana*, 37(2), 121-130. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.479>
- Reyes Quiñones, J. (2015). Manual diseño y organización de viveros. Santo Domingo, República Dominicana. Recuperado de: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-de-Dise%C3%B1o-y-Organizaci%C3%B3n-de-Viveros.pdf>
- Riaño, A. M., Arcila, J., Jaramillo, A., y Chaves, B. (2005). Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por *Coffea arabica* L cv Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/265886704_Acumulacion_de_materia_seca_y_extraccion_d_enutrimentos_por_Coffea_arabica_L_Cv_Colombia_en_tres_localidades_de_la_zona_cafetera_central
- Rivera, B. y Geeral, W. (2019). *Efecto de la procedencia HMA, dosis de inoculación y fertilización en el desarrollo de plantas de cacao (Theobroma cacao L.) en etapa de vivero*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/201>
- Rodríguez Nieves, C. L. (2023). *Respuesta del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) a la aplicación de estiércol bovino al sustrato en vivero*. [Tesis de ingeniería, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4738>
- Rojas, A., Rojas, J., Ramírez, F., Darío Moreno, O., Castro, F., Pinzón Useche, G. A. y Omar, J. (2012). *Guía técnica para el cultivo del cacao*. (5 ed.). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11685>
- Sáez, J. N. P. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra latinoamericana*, 17(3), 231-235. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Sánchez, J. A. y Dubón, A. (2002). Producción de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L) en vivero utilizando distintos sustratos como abono orgánico. Consejo agropecuario Centroamericano. Recuperado de: http://catalogo.infoagro.hn/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=19975&shelfbrowse_itemnumber=20482
- Santelices Farez, F. J. (2023). *Fertilización orgánica con gallinaza en diferentes fechas y dosis de aplicación en cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTELICES%20FAREZ%20FERNANDO%20AVIER.pdf>

- Vargas, H., Santa Cruz, F. y Lizárraga, A. (2020). Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. *Manglar* 17(2): 127-133. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.019>
- Velalcazar Ramos, K. A. (2019). *Factor sustrato y cobertura en la germinación y desarrollo inicial de patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, finca experimental. La Represa*. [Tesis de graduación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3264>
- Volke, V., Gavi, F., Cabrera, R. I., García, O., & Alcántar, G. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra latinoamericana*, 19(3), 249-258. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=57319306>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Arreglo espacial de los tratamientos



Anexo 2. Distanciamiento entre unidades experimentales



Anexos 3. Identificación de tratamientos con códigos abreviados



Anexo 4. Medición de la variable altura de planta (cm)



Anexo 5. Medición de diámetro del tallo (mm)



Anexo 6. Peso seco de la hoja (g)



Anexo 7. Peso seco de raíz (g)



Anexo 8. Peso seco del tallo (g)



Anexo 9. Balanza analítica Scout Pro, usada en el pesaje de las muestras



Anexo 10. Vernier utilizado en las mediciones del diámetro del tallo



Anexo 11. Proceso de secado de los segmentos de las plantas





**Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible**