



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

DE LOS LLANOS OCCIDENTALES

EZEQUIEL ZAMORA

UNELLEZ

VICERRECTORADO DE PRODUCCION AGRICOLA

PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA

SUBPROYECTO APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y
ORGÁNICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE
PLÁNTULAS DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN
ETAPA DE VIVERO.**

Autores:

Reindysmar Celis

Manuel Avila

Guanare, Julio de 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

DE LOS LLANOS OCCIDENTALES

EZEQUIEL ZAMORA

UNELLEZ

VICERRECTORADO DE PRODUCCION AGRICOLA

PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA

SUBPROYECTO APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y
ORGÁNICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE
PLÁNTULAS DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN
ETAPA DE VIVERO.**

Autores:

Reindysmar Celis. C.I.: 30.074.499

Manuel Avila. C.I.: 30.634.815

Tutor:

Prof. Yamir Terán

Guanare, Julio de 2025



la universidad que
siembra

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
VICE-RECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
PROGRAMA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR
SUBPROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

ACTA

El 10 de julio de 2025 en las instalaciones del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), en Mesa de Cavacas, Guanare, Edo Portuguesa, se reunió el jurado integrado por los profesores Yamir Terán, Pastor Peña y José Tadeo Escobar, para evaluar el trabajo de Aplicación de Conocimientos II (trabajo de grado) titulado **“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN ETAPA DE VIVERO”**, de los ciudadanos Reindysmar Celis Mejías, C.I: 30.074.499 y Manuel Ávila Lugo C.I: 30.634.815. Evaluado el referido trabajo, la calificación del jurado promedió para Reindysmar Celis, cuatro cincuenta y nueve (4,59) puntos sobre cinco (nota aprobatoria) y para Manuel Ávila, cuatro cincuenta y siete (4,57) puntos sobre cinco (nota aprobatoria).

Guanare 24 de octubre de 2025

Prof. Yamir Terán
Tutor - jurado

Prof. Pastor Peña
jurado

Prof. José T. Escobar
jurado

Conformado por:

Prof. Pedro Salazar
Jefe Subproyecto Aplicación
de Conocimientos II (Agronomía)



Prof. José Tadeo Escobar.
Jefe del Sub-Programa Ingeniería
Agronómica

DEDICATORIA

“Dedico esta tesis primeramente a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, quien ha iluminado cada paso de este arduo camino académico. A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificios y apoyo constante han sido el pilar fundamental que me permitió alcanzar esta meta. A mi familia, en especial a mi hermana, por su constante compañía, comprensión y aliento. Asimismo, a mis amigos y a todas las personas cercanas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi formación académica y me brindaron su apoyo, enriqueciendo mi motivación y fortaleciendo mis ganas de seguir adelante en este hermoso camino. A cada uno de ustedes, mi más profundo reconocimiento y gratitud”

Reindysmar Celis

DEDICATORIA

“Les dedico este trabajo a dios primeramente y a todo mi cuadro espiritual, mi madre, familiares, a esa persona especial, amigo y compañeros de vida, maestros y profesores que no se encuentran con nosotros, que con cada uno de su valioso tiempo y sabiduría contribuyeron a la preparación, formación y consolidar cada uno de mis metas, ya que con cada nivel académico fueron inexorable su presencia y apoyo, las cuales quedan grabadas en mis memorias y expresadas con gratitud, todos esos consejos, orientación, enfoque, disciplina y honestidad influyeron en mi formación como persona y profesional”

Manuel Avila

AGRADECIMIENTO

"Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento, primeramente, a Dios, fuente de inspiración y fortaleza constante. A mis padres, por su dedicación y sacrificios, que facilitaron mi formación académica y profesional. A mis hermanos y hermana, cuya comprensión y respaldo emocional fueron fundamentales para superar los retos de este proceso.

Manifiesto mi gratitud hacia la institución que me brindó las herramientas y el ambiente propicio para mi desarrollo académico. Agradezco profundamente a todos los profesores que, a lo largo de mi formación, compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi crecimiento profesional y personal.

De manera especial, extiendo mi reconocimiento al profesor Pastor Peña y a mi tutor, el profesor Yamir Terán, quienes, con su dedicación, experiencia, paciencia y asesoría, guiaron mi aprendizaje y enriquecieron los conocimientos necesarios para alcanzar este logro.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron al éxito de este proyecto, así como a mis amigos, quienes con su apoyo moral y compañía fueron un sostén invaluable durante este proceso. En particular, deseo destacar a mi amigo Stalyn Perdomo, cuya constante motivación y respaldo personal ayudaron a mantener mi ánimo y perseverancia.

A todos, muchas gracias."

Reindysmar Celis

AGRADECIMIENTO

“Primeramente a Dios y a todo mi cuadro espiritual por permitir que se cumpla esta meta y por otra oportunidad de vida, en especial y ante todo le doy agradecimiento a mi madre por el apoyo incondicional que me ha dado ante todas las cosas, con su sudor, esfuerzo, sangre y lágrima me ha apoyado en para mi formación y ser la persona que soy hoy en día y posteriormente un profesional, sobre todo, a Uriel, con todos obstáculos, situaciones en contra, dificultades presentes, me mostro y oriento en cada una de ella como se desenvuelven, si no fuera por ella no sería la persona que soy hoy en día, ante todo, se lo agradezco a ella todo mis logros y metas cumplidas. A todos mis círculos de amistades en especial a Luis, Stephany, Ambar, Alejandra, Nicoll y Fernando, que con todo este trayecto llenaron de humor, apoyo y conocimiento en cada etapa, los apoyo en cada momento de forma genuina, al darme las herramientas que no poseía en su momento, que más amistades son familia y ellos lo demostraron en cada momento. Agradezco al profesor Hector y al profesor Wuilman Castro, que desearía que estuvieran con nosotros para mostrarle los resultados de sus enseñanzas en esos tratos especiales y que me enseñó que un profesor no solo enseña para el momento si no para que perdure en la existencia de la persona, además de ello los hilos de la vida me presento al profesor y tutor Yamir Terán que es innegable su devoción por la educación y sobre todo la formación que nos a dejado a cada uno y como al profesor Pastor Peña le agradezco profundamente que con su forma peculiar de enseñar nos a marcado un antes y un después. A familiares como mi abuelita, que han estado conmigo en los momentos más difíciles porque ellos forman parte de esta historia que se llama logro y tienen su aporte en esta meta cumplida y objetivos alcanzados y por último a una persona que me mostró el mundo de otra manera y permitió que no me desviará del curso de mis logros y objetivos”

Manuel Avila

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN AMPLIADA DEL OBJETO DE ESTUDIO	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.3. BASES CONCEPTUALES.....	12
2.4. BASES LEGALES.....	18
CAPITULO III.....	21
METODOLOGIA.....	21
3.1. Descripción del área de estudio	21
3.2. Tipo de investigación:	22
3.3. Diseño de la investigación:	22
3.4. Variables evaluadas:.....	22
3.4.1. Porcentaje de germinación:	23
3.4.6. Longitud radicular:	24
3.4.7. Peso fresco del tallo:.....	24
3.4.8. Peso fresco de las hojas:	24
3.4.9. Peso fresco de la raíz:	24
3.5. Establecimiento del ensayo experimental:.....	25
3.5.1. Selección y tratamiento de la semilla de Cacao:	25
3.5.2. Selección del fruto en la planta:.....	26
3.5.3. Lavado:	26

3.5.4 Pre-germinado:	26
3.5.5 Desinfección del sustrato:	26
3.5.6. Riego de asentamiento:	27
3.5.7. Colocación de semilla por bolsas:	27
3.5.8. Construcción de umbráculo:	27
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
CAPITULO IV	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
CAPITULO V	43
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXO	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos del ensayo.....	22
Tabla 2 Porcentaje de germinación.....	29
Tabla 3 Estadísticos F (ANOVA) de las variables evaluadas mediante método destructivo en plantas de vivero del cultivo Cacao (Theobroma cacao L.)	30
Tabla 4 Promedios de tratamiento y significancia con prueba de Tukey con corrección de Kruskal y Wallis.....	31
Tabla 5 Resumen de la aplicación del ANAVAR para la Incidencia de daños en plantas de cacao, así como también las pruebas de supuestos del ANAVAR y Correcciones.	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 6 Pruebas de medias de Tukey, para comparación de medias de tratamiento.	37

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Ubicación del ensayo.....	21
Figura 2 Establecimiento del umbráculo	25
Figura 3Promedios de longitud de la raíz principal y peso fresco de las hojas, en plantas de vivero de Cacao a los 7 meses.....	32
Figura 4Promedios de Peso fresco de raíces (gr) y peso fresco de tallos (gr), en plantas de vivero de Cacao a los 7 meses.....	33
Figura 5Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para la altura de la planta	35
Figura 6 Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para Diámetro de Ápice de la planta.....	36
Figura 7Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para Diámetro de tallo de la planta.....	36
Figura 8Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para el número de hojas de la planta de Cacao en el tiempo.	37
Figura 9 Promedios de la altura de plantas y Número de hojas en plantas de vivero de Cacao...	39
Figura 10 Promedios de diámetro de tallo y ápice de plantas de vivero de cacao.....	39
Figura 11 Interacción de tratamiento en cada período mes, en la Altura de plantas.	40
Figura 12 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el diámetro de tallo de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses.....	41
Figura 13 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el diámetro de ápice de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses.....	41
Figura 14 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el número de hojas de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses.....	42
Figura 15 Desinfección y mezcla del sustrato.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16 Semillero y brote de semilla.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17 Establecimiento del umbráculo.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18 Día de trasplante y riego de asentamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19Plántulas de cacao.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20 plagas presentes en el cultivo y medidas realizadas.....	¡Error! Marcador no definido.

Figura 21 Realización de medidas destructivas (separando raíz, tallo y hojas).;Error! Marcador no definido.

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA SOBRE EL
CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN ETAPA DE
VIVERO.**

**EFFECT OF CHEMICAL AND ORGANIC FERTILIZATION ON THE GROWTH OF
COCOA SEEDLINGS (*Theobroma cacao* L.) IN THE NURSERY STAGE.**

Autores: Reindysmar Celis y Manuel Avila

Tutor: Yamir Terán

Año: 2025

Resumen

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) destaca como un sector de gran importancia, con profundas raíces en la historia de América, especialmente en la Alta Amazonía, una región que comparten Venezuela, Colombia y Ecuador, El enfoque de esta investigación es la producción de plántulas de cacao durante la fase de la guardería, con el uso de fertilizantes químicos y orgánicos, la investigación se realizó en el municipio Guanare, estado portuguesa, fue del tipo cuantitativa, con un modelo estadístico completamente aleatorizado (DCA) con 4 tratamientos, 20 repeticiones de cada uno, las plantas fueron tabuladas por tratamiento según la altura de planta, grosor de tallo en su base y ápice, longitud radicular así como el N° de hojas por plantas, Cabe destacar que en el tratamiento testigo se llenaron las bolsas con tierra negra 100%, para tratamiento I, se usó tierra negra con estiércol de bovino en una proporción 1:1, así mismo en el tratamiento II, tierra negra con fertilizante químico (disponible en el mercado) , y finalmente con el tratamiento III, a base de tierra negra mezclado con estiércol de bovino y humus solido de lombriz roja californiana, en una proporción 2:1:1, Los resultados del ANOVA indico diferencias altamente significativas entre tratamientos en la altura y diámetro del tallo y ápice, mientras que el número de hojas mantuvo promedios homogéneos, todas las semillas utilizadas en el ensayo, dieron un 100% de viabilidad, estiércol de bovino y humus solido de lombriz con la tierra negra pueden actuar como sustitución de la fertilización química.

Palabras clave: cacao, abonos orgánicos, tratamientos, fertilización, germinación.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es un pilar esencial para la humanidad, ya que es la base de la producción de alimentos vitales que aseguran nuestra supervivencia. Siendo, el cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*) se destaca como un sector de gran importancia, con profundas raíces en la historia de América, especialmente en la Alta Amazonía, una región que comparten Venezuela, Colombia y Ecuador. Se estima que su uso se remonta a unos 5000 años, lo que demuestra su conexión con las culturas originarias que existieron antes de la llegada de los europeos (Zarrillo, 2018). El cacao, cuyo nombre científico, *Theobroma cacao L.*, fue asignado por Carlos Linnaeus y significa "Alimento de los dioses", pertenece a la familia Malvaceae y a la clase de las Dicotiledóneas. Para que este cultivo se desarrolle de manera óptima, establecer una plantación saludable es un paso fundamental y para este sentido, la etapa de vivero es crucial dentro del proceso productivo, ya que su objetivo es crear las condiciones adecuadas de suelo y clima para la multiplicación y el crecimiento de las plantas de cacao, además de controlar las plagas y enfermedades que puedan afectarlas en esta fase inicial (Castañeda et al., 2021).

Sobre el uso de fertilizantes García, (2018) mostró que la fertilización a través de la técnica de drench en plántulas de cacao Criollo, puede aumentar el número de hojas, el diámetro del tallo, la altura de las plántulas, el área foliar, así como el tamaño y peso de las raíces. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que estos beneficios pueden verse afectados por la degradación de las reservas de materia orgánica del suelo y la alteración de sus características físicas, químicas y biológicas, lo que puede perjudicar el entorno y los ecosistemas. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos se presentan como una opción más sostenible y beneficiosa. No solo alimentan las plantas, sino que también enriquecen el suelo con materia orgánica, mejorando su estructura y fertilidad a largo plazo. Angulo et al., (2021) destacaron la importancia del volumen del sustrato, al determinar que un volumen de 1,5 kg favorece un mejor desarrollo de las plántulas de cacao. Esta investigación se centra en buscar alternativas para aumentar la producción de cacao en la fase de vivero, priorizando prácticas orgánicas que ayuden a conservar los suelos agrícolas y garanticen una plantación libre de químicos.

CAPITULO I

1.1 DESCRIPCIÓN AMPLIADA DEL OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación son las plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en su etapa de vivero, específicamente bajo tratamientos de fertilización química y orgánica aplicados durante su desarrollo inicial. Esta etapa es fundamental para el cultivo del cacao, ya que el crecimiento vigoroso y saludable de las plántulas en vivero es crucial para garantizar su supervivencia, adaptación y futuro rendimiento en campo.

Sin embargo, su adecuada producción depende en gran medida de prácticas agronómicas eficientes, entre las que destaca el manejo correcto de fertilizantes, tanto químicos como orgánicos, durante la etapa de vivero ya que potencia la calidad y el desarrollo de las plántulas, logrando plantas más resistentes a condiciones adversas y enfermedades.

Esta investigación se enfoca en evaluar cómo la aplicación de fuentes de nutrientes diferentes, incluyendo fertilizantes químicos y mezclas orgánicas que contienen estiércol bovino y humus de lombriz, afecta variables morfológicas esenciales de las plántulas, tales como altura, diámetro del tallo, diámetro del ápice, desarrollo radicular, número de hojas, peso fresco de tallo, hoja y raíz. Además, se considera el impacto ambiental y económico de estas prácticas, buscando alternativas que potencien una producción sostenible y rentable.

El estudio pretende aportar conocimientos científicos y técnicos que permitan optimizar la fertilización en vivero, promover prácticas agrícolas sostenibles, disminuir la dependencia de insumos químicos y mejorar la calidad del cultivo del cacao desde su fase inicial.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La "Estrategia de la FAO (2020) para la integración de la biodiversidad en los distintos sectores agrícolas "señala que se propone integrar la biodiversidad en los sectores agrícolas, en los planos nacional, regional e internacional, de forma estructurada y coherente, teniendo en cuenta las prioridades, las necesidades, los reglamentos y las políticas, así como los marcos de programación por países. El resultado previsto de la aplicación de la Estrategia sería la disminución de los efectos negativos de las prácticas agrícolas en la biodiversidad, el fomento de prácticas agrícolas sostenibles y la conservación, la mejora, la preservación y la restauración de la biodiversidad en su conjunto. Teniendo en cuenta dichos actores para la conservación de nuestra biodiversidad se plantea modificar la practicas de producción del cultivo de cacao, ya que este se considera un cultivo conservacionista, implementando la utilización de fertilizantes orgánicos en sus fases iniciales, para lograr reducir los impactos negativos de la fertilización química, de allí surgen las siguientes interrogantes:

1 ¿Cómo influye la aplicación de abono orgánico sobre la germinación, crecimiento y desarrollo del cacao en fase de vivero?

2 ¿se puede aplicar la fertilización química como adictivo a la fertilización orgánica

3. ¿Qué diferencias se observan en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao en etapa de vivero al aplicar fertilización química frente a la fertilización orgánica?

El objetivo de nuestra investigación es ofrecer alternativas al momento de producir cacao u otro cultivo en etapa de vivero, comparando la fertilización química y orgánica, con la intención de obtener mejores resultados en la calidad del cultivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de sustratos orgánicos y fertilización química en la germinación y crecimiento del cultivo de cacao en fase de vivero.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de germinación y fecha de emergencia de las semillas de cacao.

- Diferenciar las variables de crecimiento de plántulas de cacao establecidas en diferentes sustratos.

- Identificar los sustratos y fertilizantes químicos que favorecen el desarrollo de plántulas de cacao en fase de vivero.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un cultivo de gran importancia económica y social en regiones tropicales, y su adecuada nutrición en la etapa de vivero es fundamental para garantizar el éxito en fases posteriores de desarrollo. En los últimos años, se han realizado diversos estudios orientados a optimizar el crecimiento de plántulas de cacao mediante la utilización de diferentes tipos de fertilización y sustratos.

La nutrición del cacao es un aspecto fundamental para optimizar su crecimiento, rendimiento y resistencia a enfermedades. En este sentido, Herrera *et al.*, (2022) destacó que la inclusión de combinado de *Trichoderma* endófito y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con fertilizantes inorgánicos mejora notablemente la producción de cacao, sumando al estudio dicha mezcla ayudó a controlar enfermedades importantes como la moniliasis y la pudrición parda. El estudio también sugiere que la falta de calcio es un desequilibrio nutricional que puede hacer que las plantas sean más vulnerables a estas enfermedades, afectando su salud y productividad.

Al respecto Ricárdez Pérez, (2016) investigó la mejora en la nutrición de plantas de cacao en vivero mediante el uso de hongos micorrízicos arbusculares y abonos orgánicos, demostrando que la combinación de estos insumos favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso de las plántulas. Este estudio resalta la importancia de alternativas biológicas y orgánicas para reducir la dependencia de fertilizantes químicos tradicionales y mitigar sus efectos negativos sobre el suelo y el ambiente.

Por otro lado, Carbajal Cruz (2018) demostró que un uso adecuado de diferentes mezclas orgánicas como pulpa de café y estiércol de ganado con tierra agrícola, tratado con microorganismos eficiente mejoran significativamente la calidad del sustrato, lo que conlleva a un desarrollo óptimo de las plántulas, aumentando su altura, grosor del tallo, el número de hoja y peso fresco y seco del mismo. Garantizando su supervivencia al momento del trasplante a campo.

Por su parte, Enríquez *et al.*, (2018) realizaron una caracterización de los efectos de diferentes manejos nutricionales en el desarrollo de plantas de cacao en vivero, concluyeron que la elección del sustrato y el tipo de fertilización inciden directamente en parámetros como la altura, el número de hojas y el peso seco de las plántulas. De manera complementaria, Enríquez, et al (2018) abordó el impacto de los fertilizantes de liberación controlada, encontrando que estos pueden mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y el crecimiento inicial, aunque su uso excesivo puede contribuir a la contaminación ambiental.

En el contexto de la fertilización orgánica, Wilter Cordova Salazar, (2020) evaluó diferentes frecuencias de aplicación de fertilizantes orgánicos en el desarrollo de plantones de cacao, mostrando que aplicaciones regulares de abonos orgánicos promueven un crecimiento equilibrado y saludable, además de mejorar la estructura y fertilidad del suelo. De manera similar, García Macías (2021) comparó la fertilización mineral y orgánica en plántulas de cacao CCN-51, concluyendo que los tratamientos orgánicos no solo favorecen el desarrollo vegetativo, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental del sistema productivo.

La investigación de Macay-Moreira y Llerena-Ramos, (2022) se centró en la fertilización biológica con (*Bacillus subtilis*). evidenciando que la inoculación con microorganismos benéficos puede potenciar el crecimiento de las plántulas y fortalecer su resistencia a condiciones adversas, lo que representa una alternativa ecológica viable para los viveros de cacao.

Por otro lado, Onofre Delgado Ricardo Alexander, (2023) realizó una evaluación comparativa de tres diferentes sustratos en el desarrollo de plántulas de cacao, encontrando que los sustratos orgánicos presentan ventajas significativas en términos de retención de humedad y disponibilidad de nutrientes, factores clave para el establecimiento exitoso de las plántulas. Finalmente, Castro Centeno y Pineda Mairena, (2023) analizaron el crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero bajo diferentes sustratos orgánicos, confirmando que estos materiales pueden igualar o superar el desempeño de los sustratos convencionales, además de reducir el impacto ambiental.

A pesar de los avances logrados, persiste la preocupación por los daños al medio ambiente y al suelo asociados al uso intensivo de fertilizantes químicos. Los estudios revisados coinciden en señalar la necesidad de promover alternativas orgánicas y biológicas que permitan mantener la productividad sin comprometer la salud del agro ecosistema. Sin embargo, aún existen vacíos en la comparación integral de los efectos de sustratos orgánicos y fertilización química sobre la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de cacao en vivero, especialmente bajo condiciones locales específicas.

Por lo tanto, la presente investigación se propone evaluar el efecto de sustratos orgánicos y fertilizantes químicos en la germinación y crecimiento del cultivo de cacao en fase de vivero, con el objetivo de aportar información relevante para la adopción de prácticas más sostenibles y eficientes en la producción de cacao.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Origen e importancia del cacao (*Theobroma cacao L*): Desde el punto de vista botánico, el género *Theobroma* comprende al menos 22 especies descritas en Sudamérica, con un centro de origen ubicado en la cuenca alta del Amazonas, en las zonas tributarias de los ríos Napo, Putumayo y Caquetá (Córdova & Solís, 2024). Esta región se caracteriza por su alta diversidad de especies silvestres del género *Theobroma*, lo que confirma su importancia como cuna del cacao. Sin embargo, debido a la gran diversidad morfológica observada en Centroamérica y Sudamérica, algunos autores, como Cuatrecasas (1964), sugieren que el cacaotero pudo tener un origen simultáneo e independiente en Centroamérica.

2.2.2. Nutrición y fertilización en cacao: Richard (2024) investigó el efecto de la nutrición orgánica en la productividad del cacao en la zona agrícola de El Triunfo, provincia del Guayas (México). Su estudio demostró que el uso de humus de lombriz y roca fosfórica a una dosis de 40 kg fue el tratamiento más efectivo y rentable para mejorar la productividad del cacao. Este método no solo generó diferencias significativas en el número y peso de las mazorcas, sino que también ofreció un retorno económico de 1.90 dólares por cada dólar invertido, lo que valida la nutrición orgánica como una alternativa viable para el cultivo.

Mientras Herrera *et al.*, (2020) enfatizan la combinación de biofertilizantes con fertilización inorgánica para potenciar el crecimiento y la salud de las plantas en la Amazonía, Richard pone en relieve el potencial de la fertilización orgánica en zonas agrícolas específicas como Guayas. Lo que ellos sugieren que las estrategias nutricionales deben adaptarse a las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas de cada región para maximizar los beneficios en la etapa de vivero y en el desarrollo posterior de las plantas de cacao.

2.2.3. Adsorción y distribución de nutrientes: En el centro experimental de la Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia (Fedecacao), localizado en el municipio de Miranda, Cauca (Colombia) se evaluó la capacidad de absorción y distribución de los nutrientes N, P y K en hojas, cáscara y almendra de los clones de cacao (*Theobroma cacao L.*), con un diseño experimental que fue bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones con concentración de NPK equivalentes a 25%(T1), 50% (T2), 75% (T3) y 100% (T4). Demostró que la concentración de nutrientes como N y P ocurrió en las almendras en cambio la cascara fue de K, lo que demuestre la evidente la diferencia existente en la capacidad de absorción y distribución de nutrientes entre las plántulas de cacao. (Puentes-Páramo, et al (2014).

2.2.4. Sustratos y condiciones en vivero: El crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en vivero está estrechamente relacionado con las condiciones del sustrato y el espacio disponible para el crecimiento radicular. Gutiérrez, Gómez *et al* (2011) señalan que la reducción del volumen del sustrato y del espacio para el desarrollo de las raíces afecta significativamente el crecimiento de las plántulas. En su estudio, evaluaron diferentes volúmenes de sustrato en tubete (0,4 L), bolsa (1,6 L) y balde (3 L) y encontraron que las plántulas cultivadas en recipientes con menor volumen, como el tubete, mostraron una restricción notable en el crecimiento radicular y aéreo, especialmente después de los 60 días. En contraste las plantas en baldes con mayor volumen de sustrato no presentaron estrés hasta los 120 días, lo que evidencia la importancia del espacio y la cantidad de nutrientes disponibles para un desarrollo óptimo.

2.2.5. Impacto ambiental de la fertilización química y ventajas de la fertilización orgánica: La adopción de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) con fertilización orgánica en el cultivo de cacao, según Hernández y Guzmán (2024), menciona la reducción de la contaminación ambiental y mejora la productividad. En el municipio Vista Hermosa (Meta, Colombia), el 30% de los productores que implementaron BPA disminuyeron el uso de agroquímicos, optando por compostajes y biofertilizantes. Esto no solo preserva la biodiversidad, sino que también incrementa la productividad a mediano plazo al mejorar la salud del suelo.

Además, la fertilización orgánica genera beneficios socioeconómicos, facilitando el acceso a mercados sostenibles con mejores precios y estabiliza la economía de los agricultores, al tiempo que mejora las condiciones laborales al reducir la exposición a químicos tóxicos.

2.2.6. Desarrollo y crecimiento de plántulas: El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta arbórea de gran importancia cultural y económica en regiones tropicales, especialmente en Mesoamérica. Según Pineda Schwarz (2020), el cacao fue altamente valorado por civilizaciones como los mayas, quienes lo utilizaban tanto para la elaboración de bebidas como moneda.

En Guatemala, aunque el cacao no representa una fuente principal de ingresos nacionales, contribuyó significativamente al sustento de numerosas familias rurales, generando empleos y beneficios económicos importantes. En su estudio, Pineda Schwarz (2020) realizó una caracterización botánica y molecular de árboles élite de cacao en la región de la Costa Sur de Guatemala, identificando variedades genéticamente relacionadas y diferenciando claramente al cacao de especies afines como *Theobroma bicolor*. Esta caracterización es fundamental para la selección y conservación de material genético que permita mejorar el desarrollo y productividad del cultivo.

Por otro lado, Osorio, Leiva et al (2017) analizaron el impacto del tamaño del contenedor en el crecimiento de plántulas de cacao. Su investigación mostró que el volumen del sustrato influye significativamente en la acumulación de biomasa total y en el desarrollo radicular. En contenedores de mayor tamaño (0,1 m³), las plántulas alcanzaron una mayor longitud de raíz principal (62,17 cm) y presentaron un sustrato con menor resistencia a la penetración y temperatura, condiciones que favorecen el crecimiento. Además, se observó que la temperatura de las hojas está relacionada con las condiciones del suelo, lo que afecta la fisiología de la planta. Los autores concluyen que un contenedor con volumen de 0,02 m³ y altura de 45 cm es adecuado para mantener las plántulas hasta 180 días en vivero, optimizando su desarrollo.

Estos estudios resaltan la importancia de seleccionar material genético de calidad y de proporcionar condiciones adecuadas de cultivo en vivero, como el tamaño del contenedor, para favorecer el desarrollo saludable de las plántulas de cacao. Estos factores son determinantes para asegurar un buen establecimiento y crecimiento posterior en campo, contribuyendo a la productividad y sostenibilidad del cultivo.

2.2.7. Eco fisiología del árbol del cacao: El crecimiento y desarrollo del cacaotero dependen de la temperatura, que afecta principalmente al crecimiento vegetativo, la floración y el desarrollo del fruto. La inundación del suelo reduce el área foliar, la conductancia estomática y la tasa de fotosíntesis, además de inducir la formación de lenticelas y raíces adventicias. En la mayoría de los genotipos, la resistencia a la sequía se asocia con el ajuste osmótico.

El cacao produce tallos florales que comienzan su dehiscencia por la tarde y se abren completamente a primera hora de la mañana siguiente, liberando polen en un estigma receptivo. Las flores no polinizadas experimentan abscisión entre 24 y 36 horas después de la antesis. El porcentaje de flores que se transforman en frutos es del 0,5 al 5 %. Los parámetros más importantes que determinan el rendimiento se relacionan con, la intercepción de luz, la fotosíntesis y la capacidad de distribución de foto asimilados, la respiración de mantenimiento, y la morfología del fruto y la fermentación de las semillas, eventos que pueden ser modificados por factores abióticos. El sombreado intenso reduce la producción de semillas y aumenta la incidencia de enfermedades. El cacao es una especie tolerante a la sombra, en la que un sombreado adecuado puede resultar en tasas fotosintéticas, crecimiento y producción de semillas relativamente altas Almeida *et al.*, (2007).

2.3. BASES CONCEPTUALES

2.3.1. Cacao (*Theobroma cacao L.*): De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural México (2018). El cacao, es una planta tropical de gran importancia cultural y económica, que ha sido cultivada desde tiempos prehispánicos, especialmente en México, donde se utilizaba como moneda, remedio medicinal y en bebidas ceremoniales.

Actualmente, el cacao es la base para múltiples productos industriales, entre los cuales destacan siete derivados principales como la cáscara, que se usa como alimento para ganado, las cenizas de la cáscara, empleadas como abono y en la fabricación de jabones; el jugo, que sirve para elaborar jaleas y mermeladas; la manteca, ampliamente utilizada en confitería, cosmética y farmacia para la elaboración de cremas, jabones y otros productos; la pasta o licor, base para el chocolate; el polvo, usado en alimentos y bebidas; y la pulpa, que se aprovecha en la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas. La manteca de cacao es especialmente valorada por sus propiedades humectantes y antioxidantes, lo que la hace fundamental en la industria cosmética y farmacéutica.

El cacao es un cultivo multifacético que no solo tiene un valor histórico y cultural significativo, sino que también es un recurso agrícola estratégico que, con un manejo adecuado, puede contribuir a la sustentabilidad económica, social y ambiental de las regiones donde se cultiva.

2.3.2. Fertilización química: Consiste en suministrar a las plantas nutrientes que están fácilmente disponibles, a través del uso de fertilizantes químicos. Estos fertilizantes son fundamentales para proporcionar los elementos necesarios que las plantas requieren para su crecimiento y desarrollo. Valverde et al., (1998).

2.3.3. Fertilización orgánica: Utiliza abonos de origen natural, como residuos vegetales o animales, que no solo aportan nutrientes esenciales, sino que también mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo así un ambiente más saludable para las raíces y la vida microbiana (Muñoz y Cruz, 1984; Neira, 1986; Valverde et al., 1998; Oyarzún et al., 2002).

2.3.4. Sustratos: Se entiende como cualquier medio que se emplea para cultivar plantas en recipientes o contenedores, es decir, que es toda aquella tierra preparada que se agrega dentro de un contenedor con altura limitada donde las plantas pueden desarrollar sus raíces antes de ser trasplantadas a campo, facilitando el control del ambiente en cultivos de vivero (Burés, 1997; Kämpf et al., 2006).

2.3.5. Plántulas: son las plantas en sus primeras etapas de vida, desde que germinan hasta que desarrollan sus primeras hojas verdaderas. En esta etapa es posible distinguirlas de las malas hierbas, al menos a nivel de género, utilizando guías especializadas que ayudan a su identificación Mamarot (1997).

2.3.6. Vivero: Es el lugar donde se crían y desarrollan las plantas jóvenes antes de ser trasplantadas a su ubicación definitiva. La palabra proviene del latín vivarium, que significa un terreno destinado a cuidar árboles pequeños para su posterior trasplante. Real Academia Española (2001).

2.3.7. Germinación: Es el proceso mediante el cual la semilla comienza a crecer, emergiendo el embrión y formando las estructuras básicas que darán lugar a una planta normal. Es la etapa inicial del desarrollo vegetal. Delouche (2002).

2.3.8. Crecimiento de plantas: Implica un aumento irreversible en su tamaño, masa o volumen, que se traduce en cambios visibles como el desarrollo de hojas, tallos y raíces. Este proceso depende tanto del material genético de la planta como de las condiciones ambientales que la rodean Kru (1997).

2.3.9. Abonos orgánicos: son materiales provenientes de residuos humanos, animales o vegetales que, al aplicarse al suelo, aportan nutrientes esenciales para las plantas y mejoran la fertilidad del suelo, favoreciendo un mejor desarrollo de los cultivos Guzmán (2000).

2.3.10. Fertilizantes minerales: Son insumos agrícolas que suministran nutrientes esenciales para que las plantas crezcan y se desarrollen adecuadamente. Además, ayudan a mantener y mejorar la fertilidad del suelo, asegurando una producción agrícola sostenible. Henao y Baanante (2006).

2.3.11. Nutrientes esenciales: Son aquellos que la planta necesita para completar su ciclo de vida. Estos elementos participan en procesos metabólicos y estructurales fundamentales que no pueden ser reemplazados por otros (Gutiérrez, 1997; Piaggese, 2004).

2.3.12. Materia orgánica: Es la parte del suelo compuesta por restos de organismos en descomposición. Esta materia es vital para mantener la estructura del suelo, su capacidad para retener agua y nutrientes, y para sostener la vida microbiana que beneficia a las plantas Navarro et al., (1995); Gros y Domínguez, (1992).

2.3.13. Suelo agrícola: Es uno de los recursos más valiosos para la producción de alimentos y la vida en general. Su adecuada gestión y conservación son fundamentales para la explotación agropecuaria y forestal, ya que la calidad y uso del suelo determinan en gran medida el éxito de los cultivos Martín y Adad (2006).

2.3.14. Variables de crecimiento (altura, número de hojas, grosor del tallo, desarrollo radicular): El crecimiento en el campo depende de la variación genética y de las condiciones ambientales (relación planta-suelo-atmósfera), por ello se buscó tomar alto número de muestras para acercarse a la medida real del crecimiento de las plantas en una población.

2.3.15. Viabilidad de la semilla: Es el período durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Este tiempo es variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento Doria, J. (2010)

2.3.16. Prácticas agrícolas sostenibles: La producción agropecuaria puede aportar al desarrollo sostenible en varios aspectos. En lo social, si se producen alimentos nutritivos e inocuos a precios razonables, se generan empleos y se reducen riesgos en la salud y la pobreza.

En lo ambiental, si se usan eficientemente los recursos renovables y no renovables, disminuyen las pérdidas de agroquímicos por percolación, volatilización y erosión, se mantiene o mejora la calidad del suelo y se minimiza el riesgo de contaminación de aguas y las emisiones de gases de invernadero a la atmósfera. En lo económico, se genera riqueza y se promueve el comercio de alimentos Rattan Lal (2004).

2.3.17. Impacto ambiental: Los hidrólogos han examinado el balance hídrico general de las cuencas hidrográficas y la FAO (2012) informó que el total global del uso del agua fue del 70% en la agricultura, el 11% en los usos municipales y el 19% en los sistemas industriales. Este gran uso de agua por parte de la agricultura plantea la cuestión de si esta podría ser más eficiente en su uso y reducir el impacto ambiental (OCDE, 2012; Young, 2010).

2.3.18. Conservación del suelo: Bautista-Zúñiga et al. (2003) y IUSS-WRB (2015) expresaron la idea de que el color del suelo puede correlacionarse directamente con el contenido de materia orgánica y, consecuentemente, con su susceptibilidad a la erosión hídrica.

2.3.19. Microorganismos benéficos: Los microorganismos son usados para eliminar problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, y actualmente se aplican ampliamente en la producción natural y agricultura orgánica (Higa, 1991; Parr et al., 1994).

2.3.20. Liberación controlada de nutrientes: El manejo de nutrientes está estrechamente relacionado con el tipo de fertilizante, la dosis, el momento y la ubicación de la aplicación. Por ejemplo, las plantas de arándano prefieren el nitrógeno amoniacal al nitrógeno nítrico para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, la mayoría de los cultivos utilizan tanto nitrógeno amoniacal como nítrico. Un manejo adecuado de nutrientes debe incluir las cuatro R del uso de fertilizantes: aplicar el nutriente correcto, en la dosis correcta, en el momento correcto y en el lugar adecuado para el cultivo seleccionado Mikkelsen Robert (2011)

2.3.21. Biodiversidad agrícola: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) define la biodiversidad agrícola como todos los componentes de la diversidad biológica relevantes para la alimentación y la agricultura, incluyendo la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos a niveles genético, de especies y de ecosistemas, que sostienen las funciones, la estructura y los procesos del agroecosistema.

2.3.22. Producción sostenible: De acuerdo con AGROVOC (2024), la producción sostenible se refiere a la creación de bienes o servicios minimizando los impactos ambientales, sociales y económicos negativos. Este concepto implica el uso responsable de los recursos, la reducción de residuos y la consideración del equilibrio ecológico a largo plazo, garantizando que las necesidades de las generaciones presentes y futuras sean cubiertas.

2.4. BASES LEGALES

2.4.1. Marco Constitucional: La presente investigación se fundamenta en los principios y disposiciones establecidas en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), que promueven el desarrollo sostenible, la protección ambiental y la seguridad alimentaria como pilares fundamentales del desarrollo nacional.

En este sentido, el artículo 127 reconoce el derecho y deber de cada generación de proteger y mantener un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando que toda persona disfrute de un entorno libre de contaminación y que los recursos naturales sean preservados para las futuras generaciones. El Estado tiene la obligación de proteger la biodiversidad, los recursos genéticos y los ecosistemas, promoviendo la participación activa de la sociedad en esta tarea. Asimismo, el artículo 128 establece que el Estado debe desarrollar políticas de ordenación territorial que consideren las realidades ecológicas, sociales y económicas, bajo los principios del desarrollo sustentable y con la participación ciudadana, para asegurar un uso responsable y equilibrado del territorio.

Por último, el artículo 305 señala que el Estado promoverá la agricultura sustentable como base estratégica para el desarrollo rural integral y la seguridad alimentaria, garantizando la producción interna de alimentos y protegiendo a las comunidades campesinas y pesqueras. El artículo 306 refuerza este compromiso al establecer que el Estado facilitará las condiciones para el desarrollo rural, generando empleo, bienestar y capacitación técnica para los productores agrícolas.

2.4.2. Ley de Tierras y Desarrollo Agrario: Conforme a la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario (Gaceta Oficial N° 37.323, 2001), se promueve el uso eficiente y sostenible de las tierras rurales, estableciendo medidas para evitar la infrautilización de terrenos aptos para la agricultura. Esta normativa es fundamental para garantizar que las tierras destinadas a la producción agrícola, como el cultivo de cacao, sean aprovechadas de manera óptima y sostenible.

2.4.3. Ley de Gestión Integral de la Basura: La Ley de Gestión Integral de la Basura (Gaceta Oficial N° 39.945, 2012) regula la gestión ambientalmente responsable de los residuos sólidos, promoviendo la reducción, recolección y disposición segura de desechos. Esta ley respalda prácticas agrícolas que minimicen el impacto ambiental, fomentando la sostenibilidad en el manejo de insumos y residuos orgánicos y químicos empleados en la fertilización.

2.4.4. Ley Orgánica del Ambiente: la ley orgánica del ambiente (Gaceta Oficial N° 5.833, 2006), tiene como objetivo principal establecer las reglas y principios para cuidar y manejar bien el ambiente, entendiendo que proteger la naturaleza es un derecho y un deber tanto del Estado como de toda la sociedad. Busca que el desarrollo del país sea sostenible, es decir, que se pueda crecer sin dañar el ambiente y asegurando la calidad de vida para todos (Artículo 1).

La ley define la gestión del ambiente como un conjunto de acciones para conocer, proteger, restaurar y aprovechar de forma responsable los ecosistemas, la biodiversidad, los suelos, el agua y otros recursos naturales, siempre pensando en el equilibrio ecológico y el bienestar de las personas (Artículo 2). También explica que el ambiente está formado por elementos físicos, químicos, biológicos y sociales que están en constante cambio por la acción humana o natural (Artículo 3).

2.4.5. La Ley Penal del Ambiente: sanciona acciones que dañan el suelo y el ambiente, recursos vitales para la agricultura. El Artículo 42 castiga la contaminación del suelo con agroquímicos o residuos, mientras el Artículo 43 penaliza la degradación de suelos agrícolas de primera clase o la alteración del paisaje sin respetar la planificación territorial. La ley también aborda incendios y la propagación de especies invasoras que afectan los ecosistemas agrícolas. En resumen, esta ley exige a los agricultores, incluidos los productores de cacao, adoptar prácticas sostenibles y establece sanciones para proteger los recursos agrícolas esenciales.

i

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Descripción del área de estudio: Se estableció en el municipio Guanare, Estado Portuguesa, parroquia Guanare, Barrio San José, calle 2, con su coordenada; latitud: $9^{\circ}2'9.15''N$; longitud: $69^{\circ}46'12.72''O$, debido que posee las condiciones necesarias para el establecimiento del umbráculo de tipo artesanal, es una zona céntrica de gran espacio y de fácil acceso, con su fuente de agua cercana y un espacio amplio y ventilado.

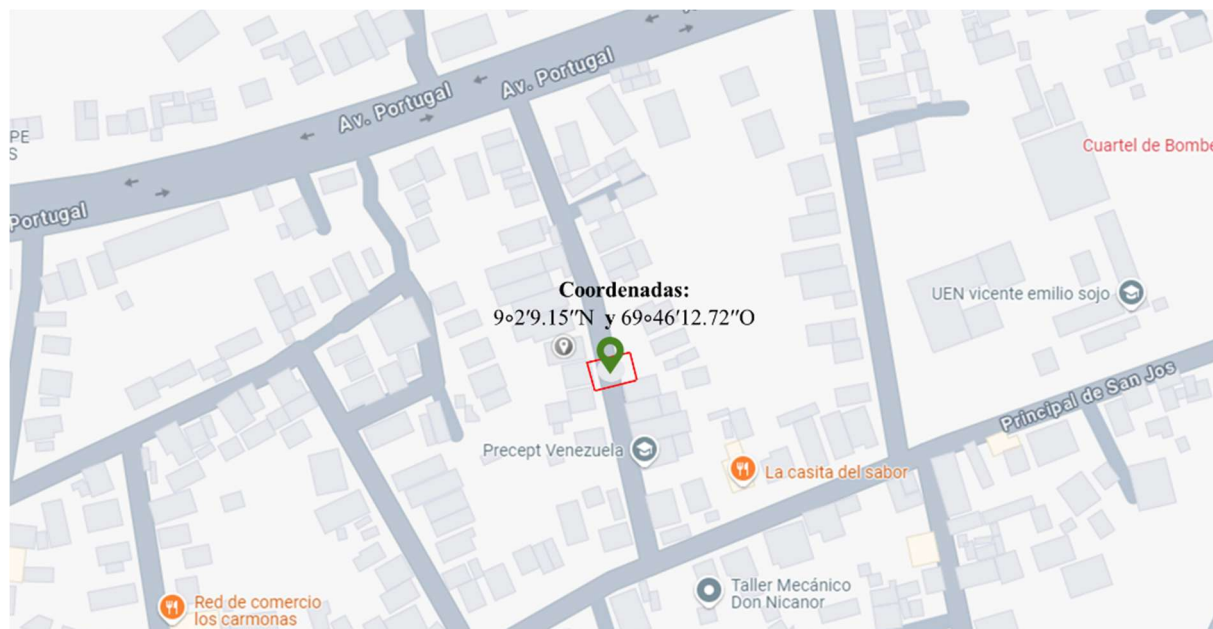


Figura 1. Ubicación del ensayo

3.2. Tipo de investigación: La Investigación fue de tipo cuantitativo de acuerdo a los objetivos, momento de aplicación y forma de medida la respuesta. Al igual que Carbajal Cruz, R. K. (2018). Para ejecutar su trabajo utilizo una investigación de tipo cuantitativa (diseño completo al azar) para poder cumplir con sus objetivos que eran poder medir; altura de la planta, número de hoja, grosor de tallos y peso fresco seco de hoja y longitud radicular de sus respectivos tratamientos con diferencias proporciones de abono orgánicos.

3.3. Diseño de la investigación: El ensayo se instaló con un modelo estadístico completamente aleatorizado (DCA) con 4 tratamientos, 20 repeticiones de cada uno. Por cada tratamiento se utilizaron 20 bolsas de polietileno de dos kilos.

Tabla 1 Tratamientos del ensayo

Tratamiento	Proporción	Bolsa utilizada
T0	100% tierra negra	2 kg
T1	50% tierra negra / 50% estiércol	2 kg
T2	100% tierra negra + fertilización química	2 kg
T3	50% tierra negra / 25% estiércol / 25% humus	2 kg

3.4. Variables evaluadas: El experimento tuvo una duración de 6 meses con mediciones realizadas cada quince días. Al finalizar cada quincena, se registraron y tabularon los resultados por tratamiento considerando las siguientes variables no destructivas: altura de planta, diámetro del tallo en la base y diámetro del ápice, así como el número de hojas por planta.

3.4.1. Porcentaje de germinación: La germinación ocurrió a los 10 días luego de colocar las semillas en el germinador. El porcentaje de germinación fue del 100%, ya que todas las semillas sembradas lograron germinar exitosamente.

3.4.2. Altura de planta: La altura de cada planta se midió desde la base, apoyada sobre el sustrato, hasta el ápice o punta terminal.

3.4.3. Diámetro de tallo en la base: Se tomó la medida del diámetro de la base del tallo de cada planta utilizando un vernier para asegurar precisión en la medición.

3.4.4. Diámetro del ápice: La medición del diámetro en el ápice de la planta se realizó desde la última hoja, también con un vernier, reflejando el grosor en la punta terminal.

3.4.5. Número de hojas: El conteo de hojas se realizó individualmente en cada planta por tratamiento, durante cada evaluación quincenal. La numeración consideró desde la primera hoja completamente formada hasta la última hoja en la parte más alta, es decir, desde la base hasta el ápice.

Al finalizar la etapa de vivero, se seleccionaron cuatro plantas representativas por cada tratamiento, cuyas alturas estaban dentro del rango promedio del grupo. Estas plantas fueron extraídas cuidadosamente de las bolsas para realizar las mediciones destructivas y obtener datos precisos sobre el desarrollo radicular y la biomasa fresca de las plantas.

3.4.6. Longitud radicular: Se midió la longitud de la raíz principal, desde la base del tallo hasta la punta de la raíz, utilizando una regla o cinta métrica adecuada para obtener una medición exacta del sistema radicular.

3.4.7. Peso fresco del tallo: El tallo de cada planta fue separado y pesado inmediatamente después de su extracción para registrar la masa viva, lo que refleja el vigor y desarrollo estructural de las plantas.

3.4.8. Peso fresco de las hojas: Las hojas fueron separadas para medir su biomasa fresca, indicador del estado fisiológico y potencial productivo de cada planta.

3.4.9. Peso fresco de la raíz: Se pesó la masa fresca total del sistema radicular, incluyendo raíz principal y raíces secundarias, para evaluar la capacidad de absorción y anclaje de la planta.

3.5. Establecimiento del ensayo experimental: Fueron empleadas 80 bolsas de polietileno de 2kg, se ubicaron en canteros organizados cada uno de dos columnas y dos filas. Distribuidos para los 4 tratamientos. Cabe destacar que en el tratamiento testigo se llenaron las bolsas con tierra negra 100%, para tratamiento I, se usó tierra negra con estiércol de bovino en una proporción 1:1, así mismo en el tratamiento II, tierra negra con fertilizante químico (disponible en el mercado) , y finalmente con el tratamiento III, a base de tierra negra mezclado con estiércol de bovino y humus solido de lombriz roja californiana, en una proporción 2:1:1. Luego se procedió a la siembra de la semilla de cacao, en cada una de las bolsas con sus respectivos tratamientos aplicados.

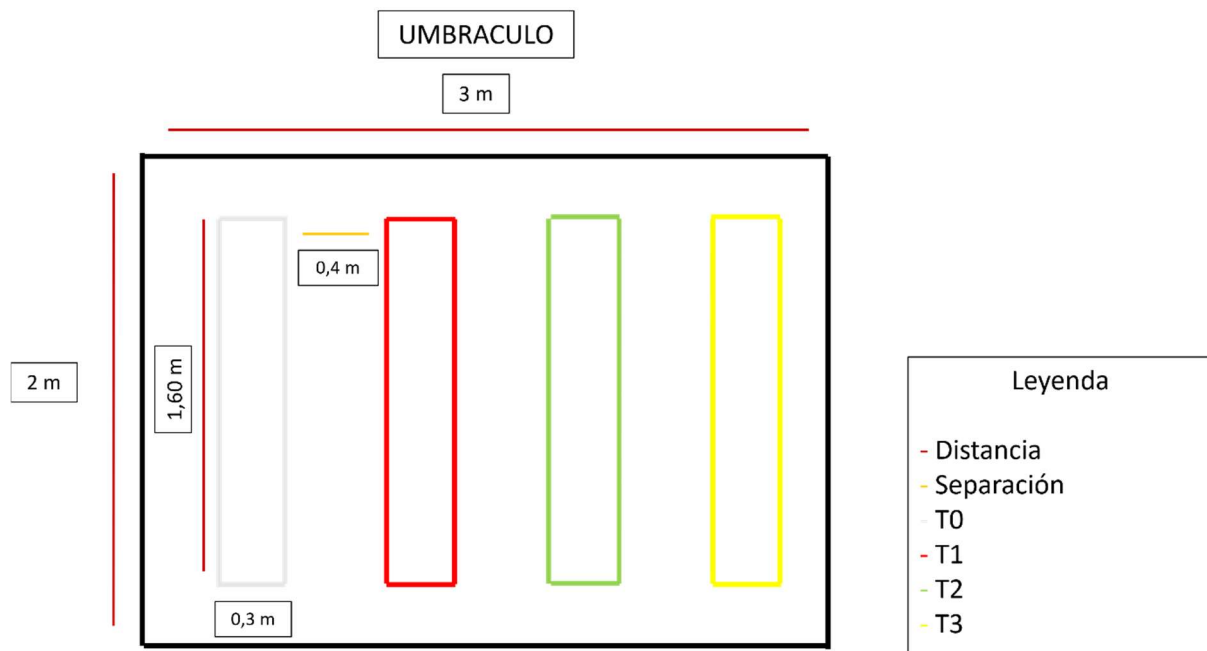


Figura 2 Establecimiento del umbráculo

3.5.1. Selección y tratamiento de la semilla de Cacao: La práctica de selección tuvo como objetivo escoger las mejores semillas para obtener una buena viabilidad y plantas de alta calidad que aseguren el éxito de las futuras plantaciones. Cabe destacar que la variedad utilizada fue trinitaria proveniente de la misma planta, y las semillas de dicha planta utilizada para todos los tratamientos.

3.5.2. Selección del fruto en la planta: Se cosecho las mazorcas en su estado óptimo de madurez (color rojo o amarillo) concentrándose en la sección de mayor producción en el árbol, se extrajeron las semillas del centro de cada mazorca, descartando las semillas de los extremos además de esto se realizó pruebas de flotación en un recipiente de agua para descartar semillas vanas.

3.5.3. Lavado: Se aplicó agua a las semillas y se removió manualmente el mucílago o carnosidad adherido a los granos, frotándolos unos con otros, dichas semillas se extrajeron del agua luego de concluir 10min y se frotaron con arenilla o arena fina para terminar de separar la carnosidad, se volvió a lavar con agua e inmediatamente se colocaron en un sitio ventilado con sombra para su respectivo secado hasta que la semilla estuviese seca.

3.5.4 Pre-germinado: Se preparó un pequeño pre-germinador de 1 m² elaborado con arena fina y tierra negra donde se colocaron las semillas, ubicadas 10 semillas por hilera con un total de 100 semillas para asegurar las semillas utilizadas en el ensayo, se taparon con una capa de sustrato, a esto se le colocó una malla en la parte superior y se regó agua diariamente hasta el inicio del rebrote del embrión (el brote ocurrió a los 10 días).

3.5.5 Desinfección del sustrato: Se realizó con el uso de agua hervida y se aplicó de forma homogénea y suficiente en todo el sustrato, posteriormente se tapó con un plástico por un tiempo de 48 horas, esto para mantener la temperatura alta dentro del sustrato y garantizar un mejor control de los patógenos.

3.5.6. Riego de asentamiento: Esta labor se realizó con la finalidad de la conformación del sustrato dentro de la bolsa.

3.5.7. Colocación de semilla por bolsas: Una vez empleado las labores agronómicas para la preparación de los sustratos en bolsas y el proceso del pre germinado se procedió a la siembra, se colocó 1 semilla por bolsa a una profundidad de 2 cm.

3.5.8. Construcción de umbráculo: Se usaron dos (2) estantillos de 3 m de longitud, seguidamente se colocaron las guías principales en la superficie de los estantillos para luego colocar la poli-sombra cubriendo el techo hasta el costado del umbráculo para garantizar sombra a las plantas de cacao, cabe destacar que este umbráculo tuvo una altura de 1.80mt las cuales son las columnas que soportaron el umbráculo. Posteriormente se elaboraron canteros con una longitud de 1,60 m y un ancho de 0,30 m, donde estuvieron ubicadas las bolsas, con una separación de camellones de 0,40mt. Por ultimo las fichas identificando cada tratamiento.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Ya culminado el periodo de recolección de datos se utilizó el software estadístico SPSS V. 26.0 mediante las siguientes técnicas.

1. Promedios y desviaciones estándar para la descripción de parámetros cuantitativos.

2. Análisis de la varianza para modelo de clasificación simple (DCA), aplicado a las variables: Altura de planta. Diámetro de tallo y ápice y número de hojas.

3. Pruebas de Shapiro y Wilk y de Levene para verificar el cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza.

4. Prueba de Kruskal y Wallis para corregir significancia del ANOVA, cuando no se cumplieron los supuestos.

5. Prueba MDS de rangos para clasificar las tendencias centrales entre tratamientos.

Modelo lineal aditivo

$$X_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_k + (\gamma\tau)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

X_{ijk} : Representa una observación cualquiera de las variables medidas

μ : Efecto de la media general

τ_j : Efecto de tratamiento (Fertilizante)

$(\gamma\tau)$: Error intra sujeto

ϵ_{ijk} : Error experimental

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dando respuesta a nuestro primer objetivo específico, se evaluó el porcentaje de germinación de las semillas en cada uno de los tratamientos aplicados. Este indicador representa el éxito inicial del proceso de establecimiento del cultivo, siendo fundamental para la continuidad y validez del estudio.

Tabla 2 Porcentaje de germinación

Proceso	N° de semillas sembradas	N° de semillas germinadas	Porcentaje de germinación (%)
Pre-germinador	100	100	100

Fórmula para calcular el porcentaje de germinación:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \left(\frac{\text{N° de semillas germinadas}}{\text{N° de semillas sembradas}} \right) \times 100$$

El porcentaje fue del 100% en todos los tratamientos, evidenciando condiciones óptimas y homogéneas para la germinación y asegurando que las diferencias en etapas posteriores no se deban a variaciones iniciales en la capacidad germinativa. Con esta base sólida, se procedió a analizar el efecto de los tratamientos sobre diversas variables morfológicas mediante un análisis de varianza para un modelo de clasificación simple, entre otras pruebas estadísticamente sólidas, a fin de identificar las diferencias significativas y tendencias en el desarrollo de las plantas.

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para un modelo de clasificación simple, utilizando el software SPSS versión 26.0. Previamente, se verificaron los supuestos estadísticos necesarios para la validez del ANOVA: normalidad de los datos, mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y homogeneidad de varianzas entre tratamientos, con la prueba de Levene. En varios de los análisis, estas pruebas indicaron violaciones significativas de los supuestos ($P < 0.01$), lo que podría comprometer la confiabilidad de resultados bajo el ANOVA tradicional.

Para asegurar un análisis estadístico confiable, las diferencias significativas entre tratamientos se corroboraron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, cuya aplicación es adecuada cuando los datos no cumplen con las condiciones de normalidad o igualdad de varianzas, garantizando así la robustez de las inferencias.

La tabla 3, muestra los estadísticos F del ANOVA corregido, que indican diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso fresco de tallo y hojas entre tratamientos, mientras que para la longitud y peso fresco de raíz no se detectaron diferencias significativas, manteniéndose valores homogéneos entre los grupos evaluados.

Tabla 3 Estadísticos F (ANOVA) de las variables evaluadas mediante método destructivo en plantas de vivero del cultivo Cacao (*Teobroma cacao* L.)

Fuente de var.	Long. Raíz (cm)	Peso F,Raíz (gr)	Peso F. Tallo (gr)	Peso F. Hoja (gr)
Tratamiento	0,51 ns	1,88 ns	3,09 *	3,39 *
CV%	50,2 ⁽¹⁾	46,7 ⁽¹⁾	45,0 ⁽¹⁾	24,4

Nota: ns; Sin diferencias significativas ($P>0,05$), *; Diferencias significativas ($P<0,05$)

Nota: ()⁽¹⁾; Corrección de la significancia con Prueba de Kruskal-Wallis por exceso de variación. Reflejan una notable dispersión en los datos, lo que señala que las respuestas de las plántulas fueron heterogéneas y que se debe tener cuidado al interpretar las diferencias entre tratamientos. Esta alta variabilidad indica que factores adicionales no controlados pueden estar influyendo en los resultados, por lo que la corrección estadística y la consideración del CV son esenciales para evitar conclusiones erróneas.

Para profundizar en las diferencias observadas entre los tratamientos, la Tabla 4 presenta los valores promedio de las variables evaluadas en las plantas de cacao a los 7 meses, junto con los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ajustada mediante la corrección de Kruskal-Wallis. Esta prueba permitió identificar qué tratamientos difieren significativamente entre sí en cada una de las variables medidas, proporcionando una visión clara del efecto de la fertilización química y orgánica tiene en el desarrollo inicial de las plántulas en vivero.

Tabla 4 Promedios de tratamiento y significancia con prueba de Tukey con corrección de Kruskal y Wallis

TRATAMIENTO	Long. Raíz (cm)	Peso F, Raíz (gr)	Peso F. Tallo (gr)	Peso F.Hoja (gr)
T0 (Tierra negra)	30,6 a	12,2 a	17,2 a	24,3 a
T1 (Tierra negra + Estiércol)	34,9 a	14,0 a	17,2 a	20,6 ab
T2 (TN + Fertilizante químico)	22,6 a	6,5 a	10,5 b	23,3 a
T3 (TN + Estiércol + Humus de lombriz)	27,2 a	9,0 a	11,8 b	16,2 b

Nota: según el análisis de Tukey corregido con Kruskal-Wallis, los tratamientos T0 (Tierra negra) y T1 (tierra negra + estiércol de bovino) mostraron los mejores resultados en términos de peso fresco de tallo y hojas, con promedios significativamente superiores a los tratamientos T2 (Tierra negra + fertilizante químico) y T3 (Tierra negra + estiércol de bovino + humus de lombriz). Pero, es importante resaltar que, aunque el tratamiento T0 solo incluye tierra negra sin enmiendas adicionales, sus resultados fueron comparables e incluso superiores en algunos casos a los otros tratamientos. Esta respuesta positiva puede atribuirse a la fertilidad natural del sustrato utilizado, que probablemente posea un buen contenido de materia orgánica, nutrientes esenciales y condiciones físicas adecuadas para el crecimiento inicial del cacao en vivero.

Las Figuras 3 y 4 permiten visualizar de manera más clara estas diferencias entre tratamientos. En la Figura 3, se observa que la longitud de la raíz y el peso fresco de hojas son mayores en los tratamientos T0 y T1. Similarmente, la Figura 4 muestra que el peso fresco de raíces y tallo sigue esta misma tendencia, apoyando los resultados numéricos de la tabla

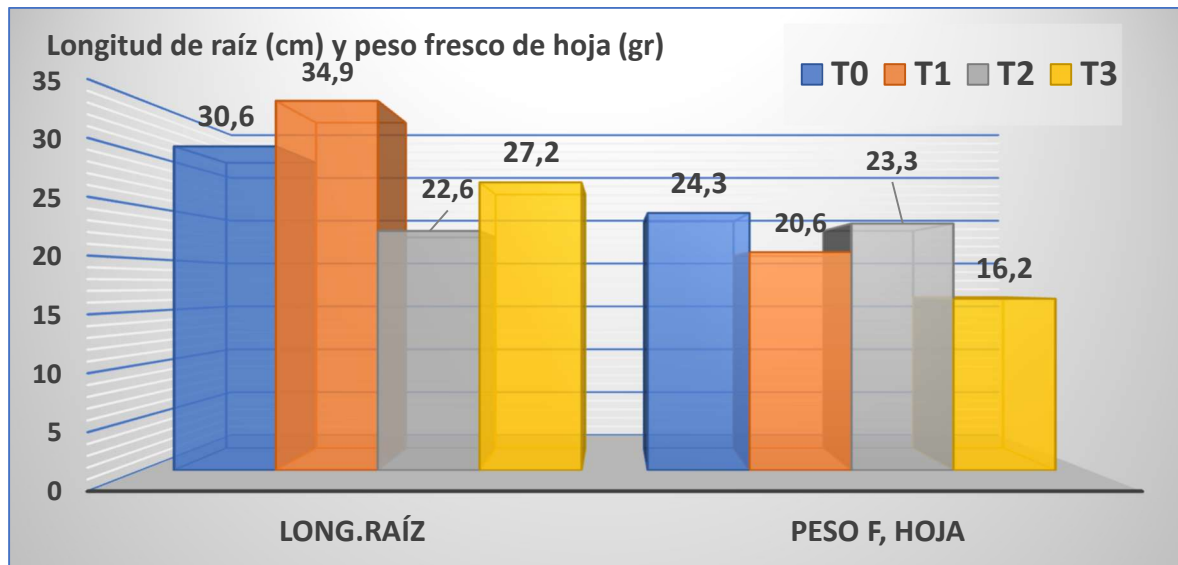


Figura 3 Promedios de longitud de la raíz principal y peso fresco de las hojas, en plantas de vivero de Cacao a los 7 meses

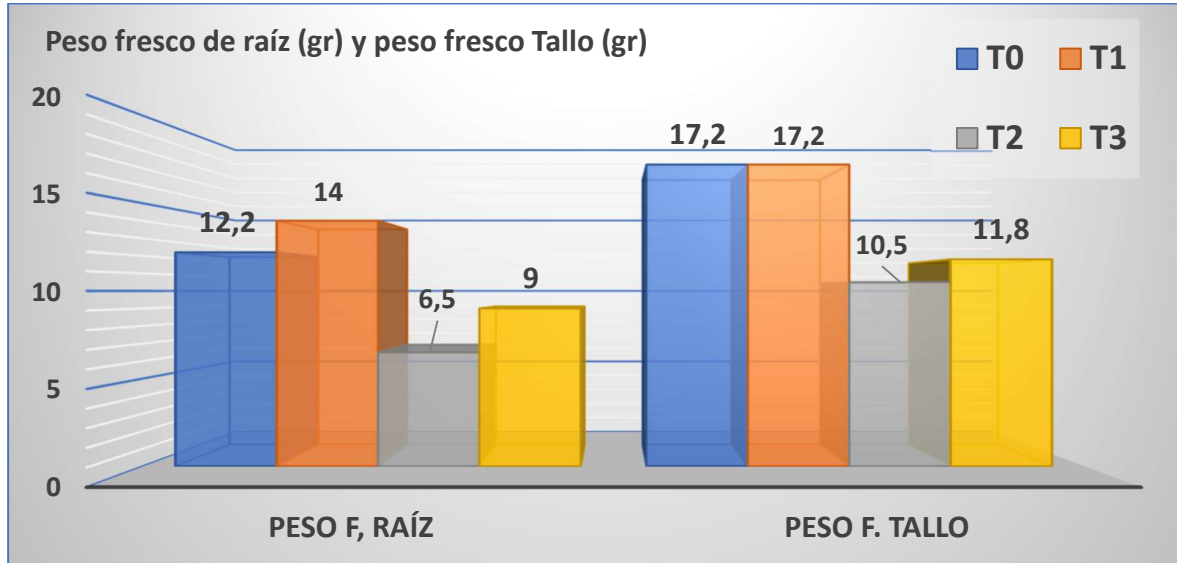


Figura 4 Promedios de Peso fresco de raíces (gr) y peso fresco de tallos (gr), en plantas de vivero de Cacao a los 7 meses

Estos resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Carbajal Cruz (2018), la cual, en su investigación, demostró que el uso de mezclas orgánicas tratadas con microorganismos eficientes, como pulpa de café y estiércol de ganado mezclados con tierra agrícola, favoreció significativamente la altura, el grosor del tallo, el número de hojas y el peso fresco y seco de las partes aéreas y radicales de las plantas. Estos resultados indican que la calidad del sustrato, junto con el tratamiento biológico y proporción de los materiales es fundamental para asegurar un material vegetal en buen estado fisiológico que pueda sobrevivir y desarrollarse adecuadamente al ser trasplantado al campo.

Los resultados presentados en la Tabla 5, corresponden al análisis estadístico mediante ANOVA para las variables altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro del ápice y número de hojas en plantas de cacao en vivero. Se identificaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos en altura, diámetro de tallo y diámetro de ápice, mientras que el número de hojas no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$), manteniéndose homogéneo durante el periodo evaluado y estos resultados coinciden con los obtenidos por Onofre Ricardo, (2023) en su trabajo de investigación, en el cual utilizo diferentes tratamientos orgánicos pero su tratamiento con gallinaza, sustrato y aserrín obtuvieron el mejor resultado relacionado con crecimiento y desarrollo de la planta.

Se evidenció en estos resultados una alta variabilidad en los datos, especialmente en las últimas evaluaciones, acompañada de la presencia de valores atípicos. Por tal motivo, se realizaron pruebas rigurosas para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad, aplicando correcciones mediante la prueba de Kruskal-Wallis cuando fue necesario, garantizando la solidez de las conclusiones extraídas

Tabla 5 Resumen de la aplicación del ANAVAR para la Incidencia de daños en plantas de cacao, así como también las pruebas de supuestos del ANAVAR y Correcciones

Fuente de var.	Altura	Diámetro Tallo	D. ápice	Núm. Hojas
Tratamiento	12,9 **	16,88 **	6,46 (**) ¹	3,33 ns
Mes	357,7 **	631,3 **	593,0 **	573,01 **
Int. mes*tratam	3,71 *	0,90 ns	1,10 ns	8,40 **
CV%	21,5	24,30	28,2 ⁽¹⁾	42,2 ⁽¹⁾
Normalidad	Normalidad	Normalidad	Falta de normalidad	Falta de normalidad
Homogeneidad de Levene	Homogeneidad de var.	Homogeneidad	Homogeneidad	Falta de homogeneidad

Nota: en este análisis se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos para la altura de la planta, diámetro de tallo y diámetro de ápice, mientras que el número de hojas no presentó diferencias significativas.

A continuación, las Figuras 5, 6, 7 y 8 ilustran el comportamiento descriptivo de las variables analizadas a lo largo del tiempo. Se observa claramente la evolución del crecimiento en altura(A), diámetro del tallo (D) y ápice (AP), así como la estabilidad en el número de hojas (NH), mostrando además cómo se distribuyen los datos y resaltando la presencia de valores atípicos en cada evaluación. Estos gráficos permiten visualizar claramente las fluctuaciones en el crecimiento y la variabilidad entre repeticiones, facilitando la interpretación dinámica del efecto de los tratamientos en las características morfológicas y el desarrollo de las plántulas de cacao en la etapa de vivero.

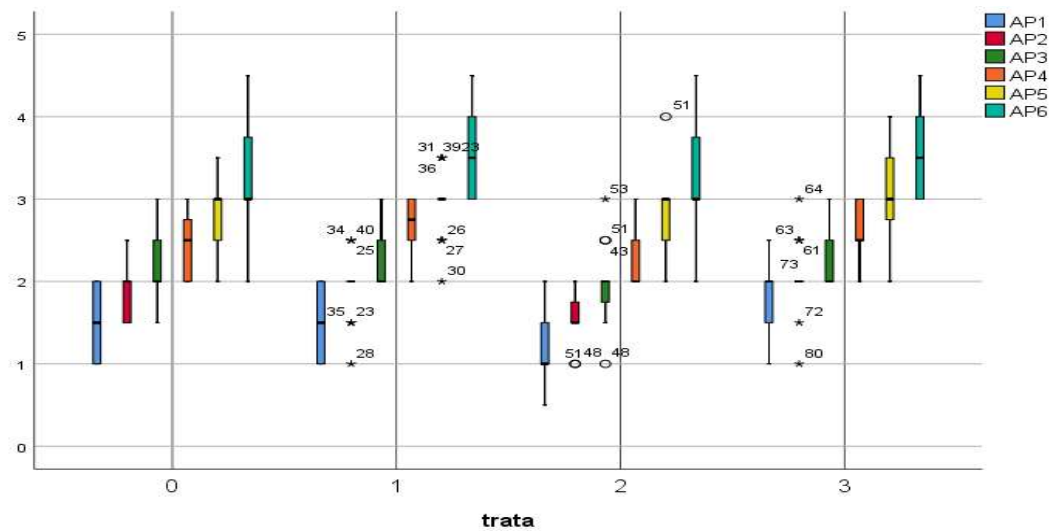


Figura 5 Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para la altura de la planta

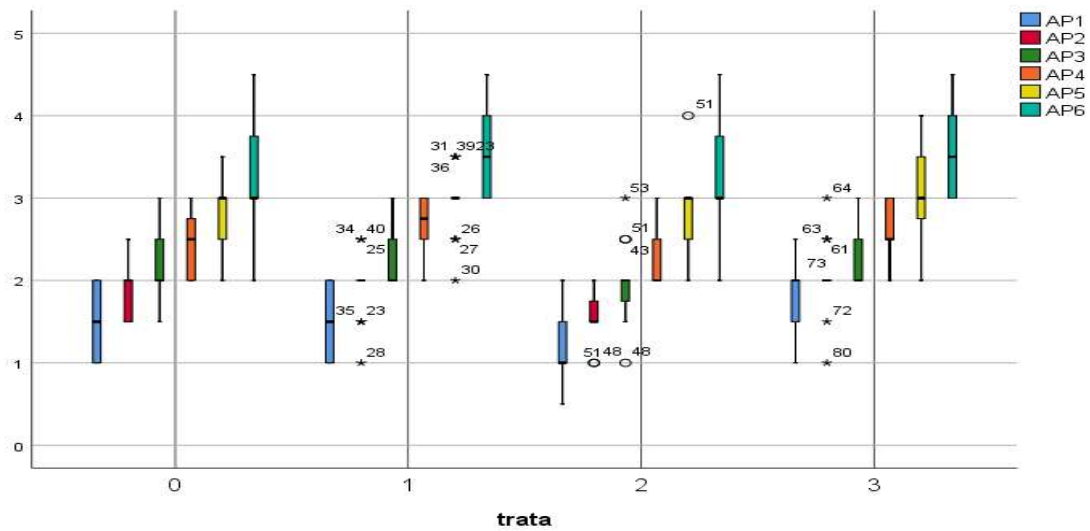


Figura 6 Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para Diámetro de Ápice de la planta.

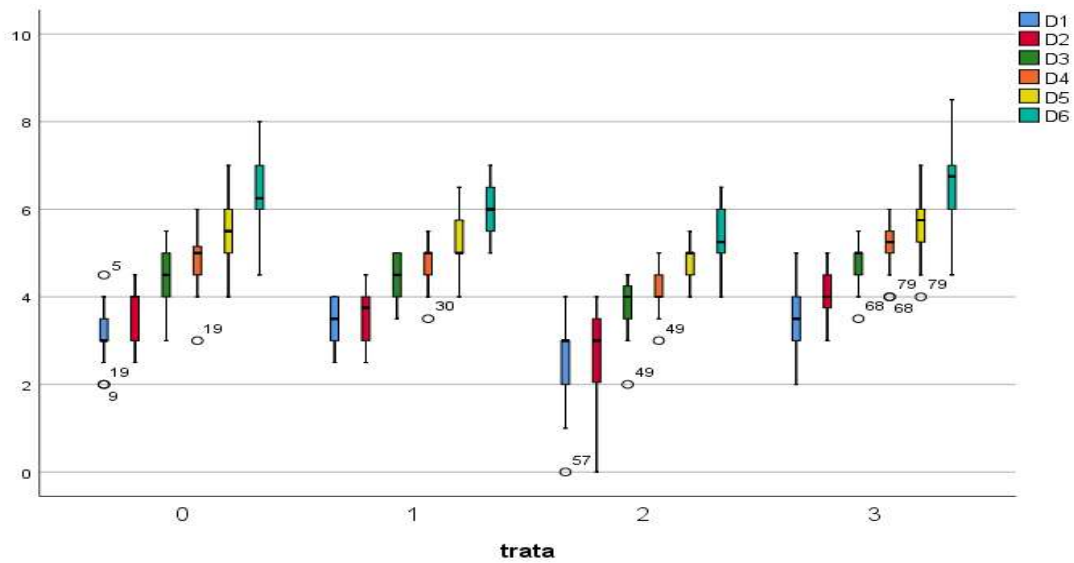


Figura 7 Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para Diámetro de tallo de la planta.

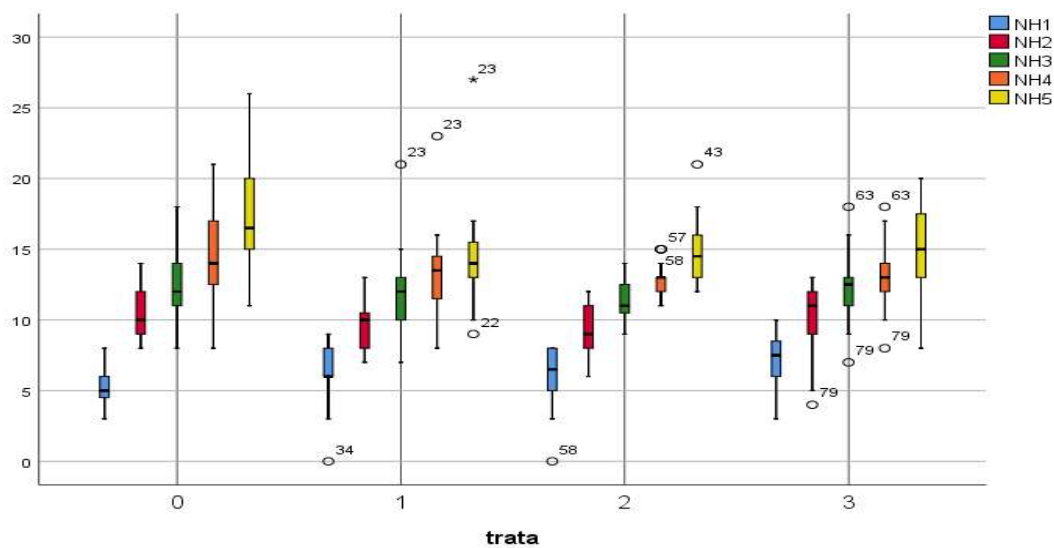


Figura 8 Comportamiento descriptivo de las variaciones y promedios para el número de hojas de la planta de Cacao en el tiempo.

La prueba de comparación de medias de Tukey corregida en algunos casos con MDS de Rangos (Tabla 6), indicó que los tratamientos T1 y T3, presentaron mayor altura de plantas, sin embargo, al analizar en conjunto las diferencias en altura, diámetro de tallo y diámetro de ápice, el tratamiento T3 mostró el comportamiento más consistente y favorable en el desarrollo morfológico. En contraste, el tratamiento que incluyo fertilizante químico mostro los menores valores en estas características de crecimiento.

Tabla 6 Pruebas de medias de Tukey, para comparación de medias de tratamiento.

TRATAMIENTO	Altura (cm)	Diámetro Tallo (mm)	D. ápice (mm)	Núm. Hojas
T0 (Tierra negra)	25,2 a	4,7 ab	2,34 b	13,0 a
T1 (Tierra negra + Estiércol)	20,2 b	4,6 ab	2,50 a	12,0 a

T2 (TN + Fertilizante químico)	22,8 ab	3,9 b	2,20 b	11,9 a
T3(TN + Estiércol + Humus de lombriz)	25,2 a	5,0 a	2,54 a	12,5 a

Nota: Letras distintas en una columna indica promedios diferentes, con **a** como grupo superior.

Nota: Estos promedios se obtuvieron, promediando las 6 mediciones y las observaciones de los promedios individuales de cada medición, se presentaron en los gráficos de las interacciones. (Modelos con medidas repetidas en el tiempo).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logra apreciar que la combinación de estiércol de bovino con humus de lombriz genera un efecto superior al fertilizante químico, favoreciendo un desarrollo más vigoroso de las plántulas durante la etapa de vivero. No obstante, es importante destacar que el tratamiento testigo (T0), conformado únicamente por tierra negra, mostró un desempeño notable en varios parámetros, igualando o incluso superando en algunos casos a los demás tratamientos, tal como se visualiza en las Figuras 8 y 9. En estos gráficos, se observa claramente la evolución temporal de la altura y número de hojas (Figura 8), y el desarrollo en diámetro de tallo y ápice (Figura 9), confirmando que los tratamientos orgánicos favorecen un mejor crecimiento general.

Estos resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por LLiuya Potokar, V. (2015). El cual en su trabajo de investigación mostro que su tratamiento con la mezcla de suelo inceptisols (suelo sin preparación alguna y presente en la zona de producción) y estiércol de cuy tuvieron mejores resultados en la altura de la planta, numero de hojas y el peso de húmedo de la raíz fue superior al de los demás tratamientos.

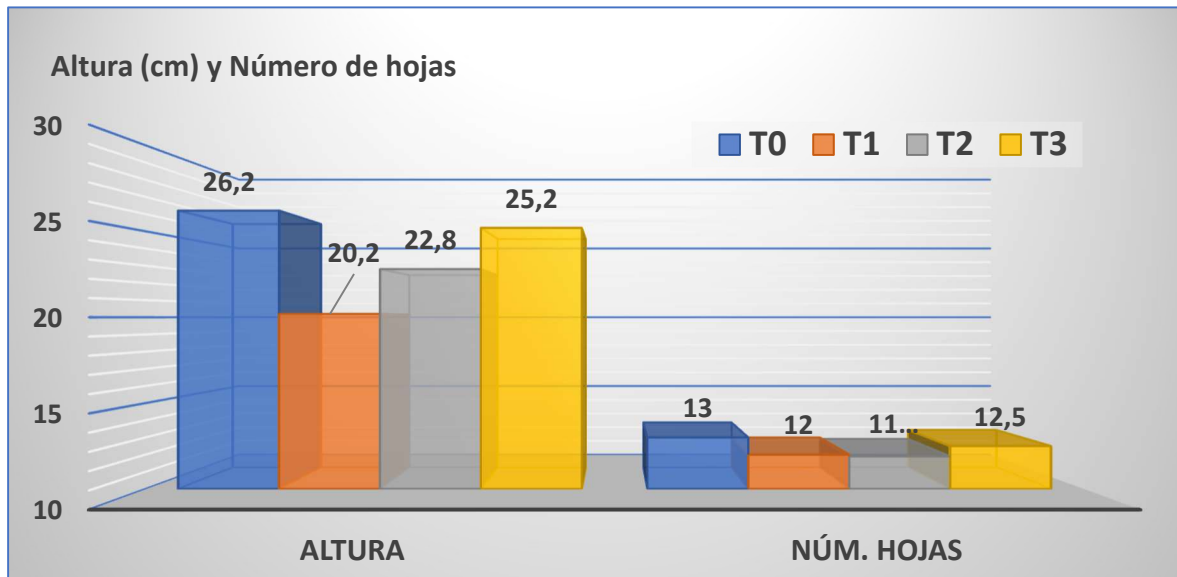


Figura 9 Promedios de la altura de plantas y Número de hojas en plantas de vivero de Cacao.

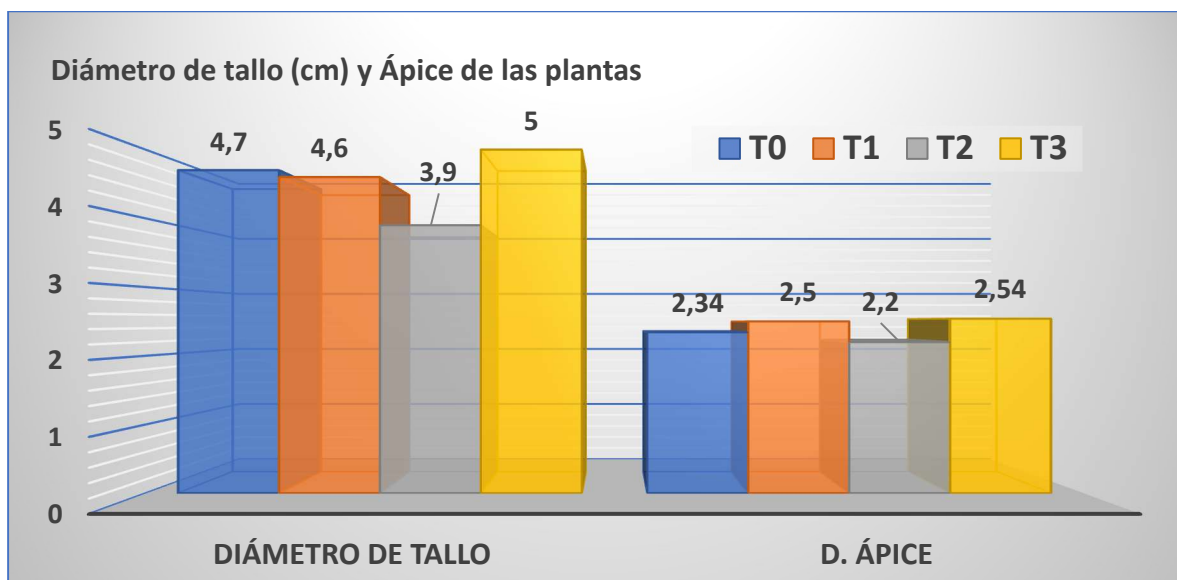


Figura 10 Promedios de diámetro de tallo y ápice de plantas de vivero de cacao.

Al considerar la interacción entre los tratamientos y el período de evaluación, se detectaron efectos significativos ($P < 0,05$) en la altura y número de hojas (como muestra en la tabla 3). El Gráfico 9 evidencia que, a partir de la cuarta evaluación, el tratamiento T3 logra alturas de planta superiores al resto de los tratamientos, destacando su potencial como sustituto eficiente de la fertilización química. Por otro lado, los Gráficos 10 y 11 muestran una similitud en los diámetros de tallo y ápice entre tratamientos, indicando que estas variables no se ven significativamente afectadas por el tipo de fertilización. Por último, el Gráfico 12 muestra la evolución del número de hojas a lo largo de las evaluaciones. En él se observa que, a diferencia de otras variables, el número de hojas se mantuvo relativamente constante y similar entre todos los tratamientos durante el periodo evaluado, sin diferencias significativas apreciables.

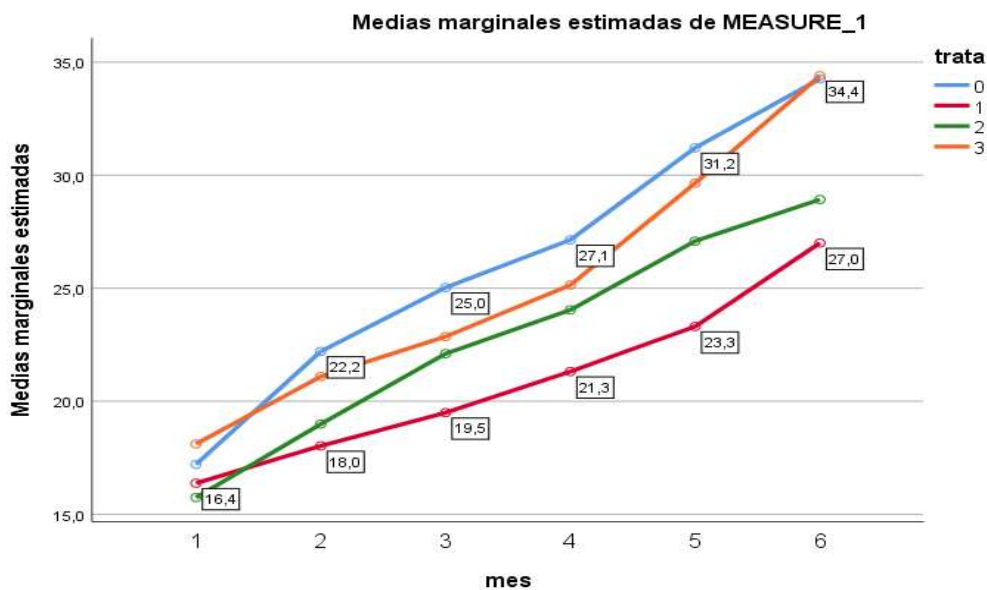


Figura 11 Interacción de tratamiento en cada período mes, en la Altura de plantas.

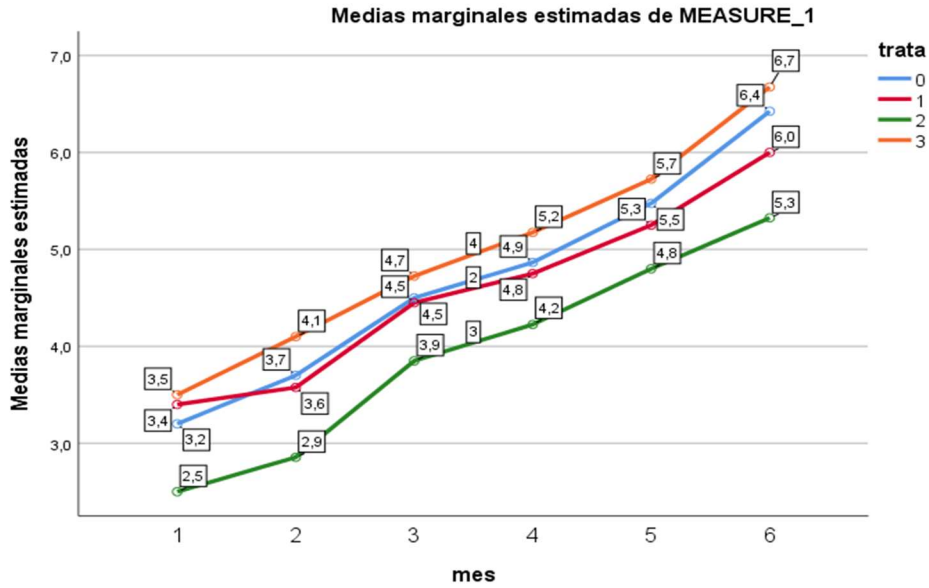


Figura 12 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el diámetro de tallo de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses.

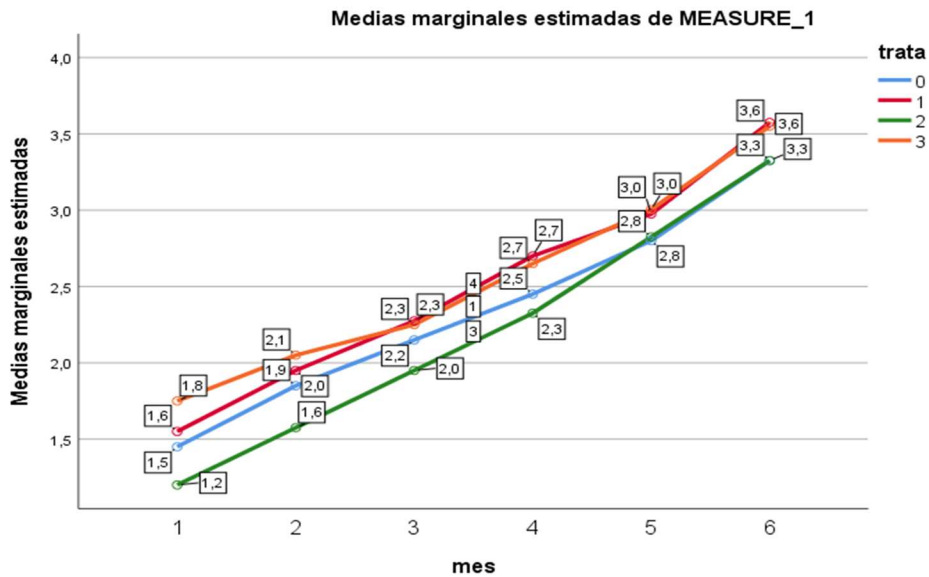


Figura 13 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el diámetro de ápice de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses

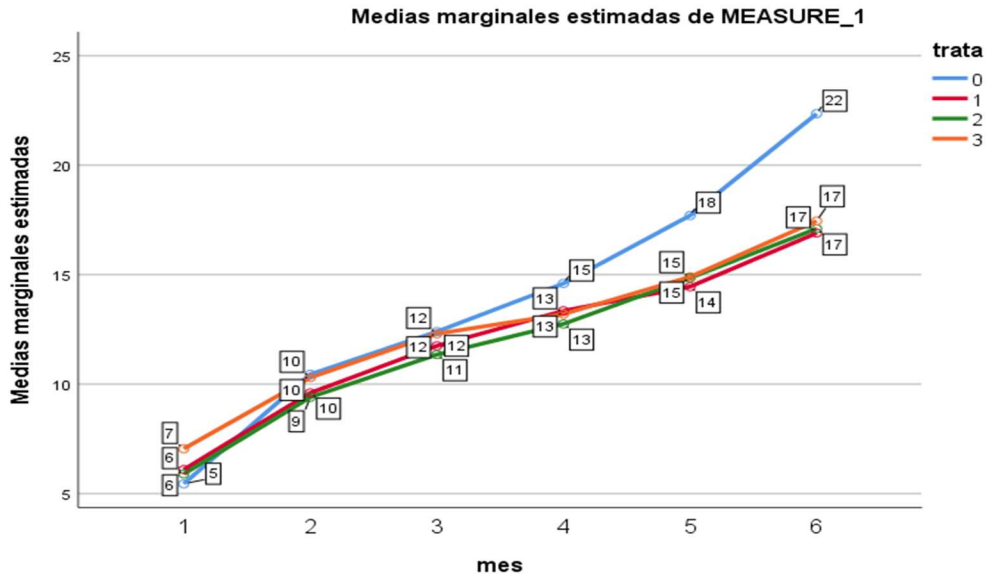


Figura 14 Interacción de tratamiento por período o Mes, en el número de hojas de plantas de Cacao en vivero, durante seis meses

CAPITULO V

CONCLUSIONES

→ El porcentaje de germinación fue del 100%, demostrando la alta viabilidad de las semillas utilizadas y asegurando un buen inicio en el establecimiento del cultivo.

→ Los tratamientos con materia orgánica (T1 y T3) obtuvieron mejores resultados respecto a la altura de la planta, diámetro de tallo y ápice. En cambio, el tratamiento (T2) mostro los resultados menos ventajosos.

→La combinación de abonos orgánicos: Estiércol de bovino y humus solido de lombriz con la tierra negra pueden actuar como sustitución de la fertilización química en la etapa de vivero en el cultivo por presentar parámetros de crecimiento con valores superiores, lo que indico plantas con mejor desarrollo.

→Se observaron algunas similitudes en el desarrollo de las plantas con solo tierra negra (diámetro de tallo y ápice) que deben ser explicadas por una buena fertilidad natural del sustrato base, peros diferentes tratamientos influyeron significativamente en el peso fresco del tallo y hojas, sin embargo, no afecta significativamente en la longitud y peso fresco de la raíz.

RECOMENDACIONES

→ Selección cuidadosa de semillas: Utilizar siempre semillas provenientes del centro de la mazorca.

→ Priorizar abonos orgánicos en vivero: Aplicar tratamientos orgánicos, como estiércol de bovino y humus sólido de lombriz, en combinación con tierra negra, ya que estos favorecen el crecimiento en altura, diámetro de tallo y desarrollo del ápice, superando a los fertilizantes químicos.

→ Considerar la fertilidad natural del sustrato: Evaluar la calidad y fertilidad natural del sustrato base (tierra negra) antes de hacer el trasplante de la semilla ya que en algunos casos puede ser suficiente para un buen desarrollo inicial de las plantas.

→ Sustituir fertilizantes químicos en vivero: Reducir o eliminar el uso de fertilizantes químicos durante la etapa de vivero, ya que los abonos orgánicos pueden igualar o superar sus resultados en parámetros de crecimiento, además de ser sostenibles y económicos.

BIBLIOGRAFÍA

Angulo, C., Racchumi, A., Bardales, R. y Ayala, D. 2021. Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao*) en vivero, usando diferentes volúmenes de sustrato. Artículo en línea. En: <https://es.scribd.com/document/577248325/Articulo-de-Crecimiento-de-plantulas-de-cacao-en-vivero-usando-diferente-volumenes-de-sustrato>. Consulta: Marzo, de 2024

Agro tendencia. Glosario en línea. En: <https://agrotendencia.tv/glosario/desarrollo-vegetativo/>. Consulta: Abril, de 2025.

Ban-Weiss, GA , G. Bala , L. Cao , J. Pngratz y K. Caldeira . 2011. Forzamiento climático y respuesta a cambios idealizados en el calor latente y sensible superficial. Artículo en línea. En: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj14.0064#:~:text=El%20uso%20del%20agua%20en%20los%20sistemas%20agr%C3%ADcolas%2C%20a%20trav%C3%A9s,del%20agua%20para%20la%20agricultura>. Consulta: Junio, de 2025.

Braz. J. Plant Physiol. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. Artículo en línea. En: <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/cH3fMFFp6wY4mfZYFPmS7cj/>. consulta: junio, del 2025

Constitución de Venezuela. Documento legal en línea. En:
<https://www.asambleanacional.gob.ve/storage/documentos/botones/constitucion-nacional-20191205135853.PDF>. Consulta: Junio, de 2025.

Cámara-Córdova, J., & Solís, G. B. 2024. Historia natural del cacaotero *Theobroma cacao* L. El cacao tabasqueño: de los olmecas a nuestro tiempo, 55. Artículo en línea. En:
https://www.researchgate.net/profile/Julio-Camara-Cordova/publication/380369039_Historia_natural_del_cacaotero_Theobroma_cacao_L/links/6639340306ea3d0b742ca70a/Historia-natural-del-cacaotero-Theobroma-cacao-L.pdf.
Consulta: Marzo, de 2025

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 en línea. En:
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2081/1/T026_73991262_T.pdf. Consulta: Febrero, de 2025

Castro Centeno, S. E., & Pineda Mairena, F. E. 2023. Crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero por efectos de sustratos orgánicos. Tesis doctoral en línea. En:
<https://repositorio.una.edu.ni/4714/1/TNF01C355c.pdf>. Consulta: Abril, de 2024

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00. Artículo en línea. En: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tlng=es. Consulta: Junio, de 2025.

Estrada León, Daysi 2019. Manejo de plagas y enfermedades del café. Tesis en línea. En: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2303>. Consulta: Junio, de 2025.

Enríquez Jaramillo, F., Castro, C., & Jiménez Pozo, P. 2018. Caracterización de los efectos el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en vivero. *Revista Alfa*, 2(5), 101–116. Artículo en línea. En: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v2i5.42>. Consulta: Abril, de 2024

FAO. 2020. Estrategia de la FAO para la integración de la biodiversidad en los distintos sectores agrícolas. Roma. Documento en línea. En: <https://doi.org/10.4060/ca7722es>. Consulta: Marzo, de 2025

García Reyes, G. M. 2018. Efecto de fertilización en drench de plántulas de (*Theobroma cacao* L). grupo criollo, en vivero. Artículo en línea. En: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4878/Garcia%20Reyes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Marzo, de 2024.

García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138. Artículo en línea. En: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&tlng=es. Consulta: Junio, de 2025.

García Macías, G. M. 2021. Evaluación de la fertilización mineral y orgánica en plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 en condiciones de vivero. Tesis en línea. En: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARCIA%20MACIAS%20GERALDIN%20MELIS SA.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GARCIA%20MACIAS%20GERALDIN%20MELIS%20SA.pdf). Consulta: Abril, de 2024

Gutiérrez, A. 2020. Caracterización morfológica de tres genotipos criollos promisorios de (*Theobroma cacao L.*), en Panamá. Artículo en línea. En: <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/134/98>. Consulta: Marzo, de 2024

Gutiérrez, M., Gómez, R., & Rodríguez, N. F. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Artículo en línea. En: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945030004.pdf>. Consulta: Julio, de 2024

Guodong Liu, Lincoln Zotarelli, Yuncong Li, David Dinkins, Qingren Wang y Monica Ozores-Hampton 2021. Fertilizantes de liberación controlada y de liberación lenta como herramientas de gestión de nutrientes. Artículo en línea. En: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1255>. Consulta: Junio, de 2025.

Herrera, R., et al. 2022. Interacción de N, P y K sobre características del suelo, crecimiento y calidad de fruto de cacao en la Amazonía ecuatoriana. *Bioagro*, 34(3), 277-288. Artículo en línea. En: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S037939822017000100067&script=sci_arttext. Consulta: Noviembre, de 2024

Hernández, S. P. L., & Guzmán, G. R. P. 2024. Evaluación de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao*): Impacto y Beneficios en la Producción Sostenible en el Municipio de Vista Hermosa, departamento del Meta. Artículo en línea. En: <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/3624/7834>. Consulta: Junio, de 2025.

Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Artículo en línea. En: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>. Consulta: Abril, de 2025

Juan David Ricárdez Pérez. 2016. Mejora en la nutrición de plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en fase de vivero por el uso de hongos micorrízicos arbusculares y abonos orgánicos. Tesis en línea. En: https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2579/1/57689_Documento.pdf. Consulta: Abril, de 2025

Ley de Gestión Integral de la Basura. Documento legal en línea. En: https://adan.org.ve/documentos/Ley_de_Gestion_Integral_de_la_Basura.pdf#:~:text=Art

%C3%ADculo%20%20Principios.%20La%20gesti%C3%B3n%20integral%20de,del%20inter%C3%A9s%20colectivo%2C%20informaci%C3%B3n%20y%20educaci%C3%B3n%20para. Consulta: Junio, de 2025.

Ley de Tierras y Desarrollo Agrario. Documento legal en línea. En: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven28661original.pdf>. Consulta: Junio, de 2025.

Ley Orgánica del Ambiente. Documento legal en línea. En: <https://es.scribd.com/document/66605954/Ley-Organica-del-Ambiente>. Consulta: Junio, de 2025.

Ley Penal del Ambiente. Documento legal en línea. En: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6656.pdf>. Consulta: Junio, de 2025.

López-Santos, A., Bueno-Hurtado, P., Arreola-Ávila, J. G., & Pérez-Salinas, J. E. 2017. Acciones para conservación de suelos identificadas mediante índices Kappa al noreste de Durango, México. *Agro ciencia*, 51(6), 591-605. Artículo en línea. En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000600591&lng=es&tlng=es. Consulta: Junio, de 2025.

MAMAROT (1997), RECASENS & CONESA (2009), VILLARÍAS (2006) o WILLIAMS et al. (1987). Identificación de plántulas con claves dicotómicas. Página web. En: https://www.unavarra.es/herbario/htm/creditos_BAMH_01.htm. Consulta: Junio, de 2025.

Miriela Rizo, Daniel Vuelta, Ana Lorenzo, 2017. Agricultura, Desarrollo Sostenible, Medioambiente, Saber Campesino Y Universidad. Artículo en línea. En: <https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615008/html/>. Consulta: Mayo, de 2025.

Macay-Moreira, J. H., y Llerena-Ramos, L. 2022. Fertilización biológica de (*Bacillus subtilis*) en cacao fase de vivero. Documento en línea. En: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ec03b550-0b24-48a5-9dbf-e6cecebb4014/content>. Consulta: Mayo, de 2025

Morales-Santos, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Esteva, A., Aguilar-Benítez, G., & Kohashi-Shibata, J. 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) silvestre, domesticado y su progenie. Artículo en línea. En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043&lng=es&tlng=es. Consulta: Junio, de 2025.

NSP - ¿Qué es la biodiversidad agrícola? Página web. En: <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/compendium/tools-guidelines/what-is-agricultural-biodiversity/en/>. Consulta: Junio, de 2025.

Onofre Delgado Ricardo Alexander. 2023. Evaluación comparativa de tres diferentes sustratos en el desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*). Tesis en línea. En: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ONOFRE%20DELGADO%20RICARDO%20ALEXANDER.pdf>. Consulta: Abril, de 2025

Osorio, M. A., Leiva, E. I., & Ramírez, R. 2017. Cacao (*Theobroma cacao L.*) seedlings growth in different pot sizes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 4. Artículo en línea. En: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6223306.pdf>. Consulta: Abril, de 2025

Pérez, E., Guzmán, R., Álvarez, C., Lares, M., Martínez, K., Suniaga, G., & Pavani, A. 2021. Cacao, cultura y patrimonio: un hábitat de aroma fino en Venezuela. *RIVAR (Santiago)*, 8(22), 146-162. Artículo en línea. En: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-49942021000100146&script=sci_arttext&tlng=en. Consulta: Mayo, de 2025

Producción sostenible. Glosario en línea. En: <https://www.fao.org/agrovoc/es/concepts-of-the-month/producci%C3%B3n-sostenible#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20sostenible%20se%20refiere,presentes%20y%20futuras%2C%20sean%20cubiertas>. Consulta: Junio, de 2025.

Puentes-Páramo, Yina Jazbleidi, Menjivar-Flores, Juan Carlos, Gómez-Carabalí, Arnulfo, & Aranzazu-Hernández, Fabio. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. Artículo en línea. En: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122014000200007. Consultado: Junio, de 2025

Pineda Schwarz, D. 2020. Caracterización botánica y molecular de los árboles élite de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la Región de Costa Sur, Guatemala. Tesis doctoral en línea. En: <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/3968/Trabajo%20de%20Graduaci%c3%b3n%20-%20Diegopablo%20Pineda%20Schwarz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Abril, de 2025

Revista ALFA. 2018. Caracterización de los efectos de fertilizantes de liberación controlada en plantas de cacao en vivero. Artículo en línea. En: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404560003/>. Consulta: Abril, de 2025

Richard, C. G. J. 2024. Efecto de nutrición orgánica en la productividad del cacao (*Theobroma cacao L.*) El Triunfo-Guayas. Tesis doctoral en línea. En: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTILLO%20GARRIDO%20JOHN%20RICHARD.pdf>. Consulta: Mayo, de 2025.

REVISTA BIO CIENCIAS. Artículo en línea. En:
<https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/31/168#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20sustrato&text=Por%20su%20parte%2C%20Abad%20et,ser%20colocados%20en%20un%20contenedor>. Consulta: Junio, de 2025.

Santos, M.; Segura, M.; Núñez, C.E 2010. Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). Artículo en línea. En:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>. Consulta: Junio, de 2025.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural México. 2018. Los mil y un usos del cacao. Artículo en línea. En: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-mil-y-un-usos-del-cacao#:~:text=Se%20utiliza%20para%20elaborar%20confiter%C3%ADa,%2C%20jabones%2C%20champ%C3%BAs%2C%20etc%C3%A9tera>. Consulta: Junio, de 2025.

Tomás Marín 2016. Crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays*) en un suelo contaminado con petróleo y remediado con extracto de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). Tesis en línea. En: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261592001/html/> .Consulta: Junio, de 2025.

Tipos de fertilización. Artículo en línea. En: <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/tipos-de-fertilizacion/>. Consulta: Junio, de 2025.

Vargas, E. M., Molina, X. C., & Cevallos, E. Z. 2022. Recorrido histórico de la importancia del cacao para la economía de Ecuador. Sinergias Educativas. Artículo en línea. En: <https://www.sinergiaseducativas.mx/index.php/revista/article/view/193/512>. Consulta: Junio, de 2024.

Vivero. Definición en línea. En: <https://dle.rae.es/vivero>. Consulta: Junio, de 2025

Vitriago y Sánchez. 2016. Abono A Base De Los Desechos Orgánicos Para El Desarrollo De Huertos Escolares. Tesis en línea. En: <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/3731/4/loviansa.pdf>. Consulta: Mayo, de 2025.

Ventzislav Lliuya Potokar 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. Tesis en línea. En: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3b7f3d6a-6387-40df-a56c-3370eb00745a/content> . Consulta: Junio, de 2025.

White y Broadley, 2023. Funcionalidad y aplicación de los cereales coloreados. Artículo en línea.

En: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/mineral-fertilizers#:~:text=Introducci%C3%B3n&text=Primero%20fue%20la%20introducci%C3%B3n%20de,teor%C3%ADas%20predominantes%20sobre%20nutrici%C3%B3n%20vegetal.&text=La%20introducci%C3%B3n%20de%20fertilizantes%20minerales%20increment%C3%B3%20la%20producci%C3%B3n%20de%20alimentos>. Consulta: Marzo, de 2025

Wilter Cordova Salaza. 2020. Efecto de diferentes frecuencias de aplicación de fertilizantes orgánicos, en el desarrollo de plántones de cacao (*Theobroma cacao L.*) Sacanche – Huallaga. Tesis en línea. En: <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e1915722-2ef4-4b3d-bd5f-ad8ba47c196f/content>. Consulta: Mayo, de 2025.

ANEXO