

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**FUENTES Y PROPORCIONES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO
DE PLANTONES DE *Garcinia mangostana* Linn. (MANGOSTINO) EN VIVERO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

NILTON TEODORO RUEDA LIBERATO

ASESOR:

JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

Tingo María - Perú

2019



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 037-2019-FA-UNAS

BACHILLER : RUEDA LIBERATO NILTON TEODORO

TÍTULO : "FUENTES Y PROPORCIONES DE MATERIA ORGANICA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE *Garcinia mangostana* Linn. (MANGOSTINO) EN VIVERO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

VOCAL : Ing. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA

VOCAL : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

ASESOR : Dr. JOSÈ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 16 de diciembre del 2019

HORA DE SUSTENTACIÓN : 5:30 p.m.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONO

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 16 de diciembre del 2019.

Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
PRESIDENTE

Ing. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
VOCAL

Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL

Dr. JOSÈ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
ASESOR





“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 255 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
FUENTES Y PROPORCIONES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE <i>Garcinia mangostana</i> Linn. (MANGOSTINO) EN VIVERO	NILTON TEODORO RUEDA LIBERATO	19 % Diecinueve

Tingo María, 31 de julio de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomás Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**FUENTES Y PROPORCIONES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO
DE PLANTONES DE *Garcinia mangostana* Linn. (MANGOSTINO) EN VIVERO**

Autor	: Nilton Teodoro Rueda Liberato
Asesor	: Dr. José W. Zavala Solórzano
Área de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos
Eje temático	: Abonos orgánicos en el cultivo de mangostino
Lugar de Ejecución	: Vivero de la facultad de agronomía UNAS
Duración del trabajo	: 1 año
Financiamiento	: S/ 2 784

Tingo María – Perú, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTOR DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación
Unidad de Gestión de la Investigación

FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Agronomía
Escuela profesional	: Escuela Profesional de Agronomía
Título de la Tesis	: Fuentes y proporciones de materia orgánica en el crecimiento de plántones de <i>Garcinia mangostana</i> Linn. (mangostino) en vivero.
Objetivo General	: Determinar el efecto de dos tipos de compost en el crecimiento de plántones de <i>G. mangostana</i> .
Autor de la Tesis	: Nilton Teodoro Rueda Liberato
DNI	: 72610043
Correo electrónico	: nilton.rueda@unas.edu.pe
Asesores	: Dr. Jose Wilfredo Zavala Solorzano
Área de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Grupo de Investigación	: Recuperación y manejo de suelos degradados y contaminados
Línea de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos.
Lugar de Ejecución	: Vivero de la facultad de agronomía UNAS
Fecha de inicio	: 01 mayo de 2015
Fecha de finalización	: 01 mayo de 2016
Presupuesto	: S/ 2 784.00
Financiamiento	: Propio (x) FIF () Externo ()

Según: **Resolución:** N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

DEDICATORIA

A DIOS: sobre todas las cosas, por haberme permitido cumplir satisfactoriamente mi formación profesional

A mis queridos padres: Rueda Marín Jesús y Liberato Castillo Francisca por darme su apoyo incondicional todos estos años.

A mis hermanos: Linder, Cerilo, y Edgar por ser una fuente de impulso en seguir adelante como un ejemplo para ellos.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros del jurado de tesis: Dr. Hugo Huamani Yupanqui (Presidente), Ing. Luis Mansilla Minaya e Ing. Carlos Miguel Miranda Armas (Vocales) por sus aportes científicos y su acertada colaboración en la corrección del informe de investigación.
- Al Dr. José W. Zavala Solórzano, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto, ejecución y culminación.
- A la Facultad de Agronomía por proporcionarme herramientas y un espacio en el vivero para el desarrollo de la presente tesis.
- A mis amigos Cristian Gómez, Rony Atavillos, Víctor Rivera, Jairo Honorio, Jhon Montañez, Roy Carhua, Cinthia Chate, Magdalena Flores, Deysi Orizano por su apoyo incondicional y los gratos momentos que hemos vivido.
- A todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron en la realización de esta investigación hago extensivo mi agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Fundamentación teórica	3
2.1.1. Historia	3
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Morfología.....	4
2.1.4. Climatología.....	5
2.1.5. Suelo.....	5
2.1.6. Propagación.....	6
2.1.7. Variedades.....	8
2.2. Tipos de compost	8
2.2.1. Compost agrícola	8
2.2.2. Compost de residuos sólidos municipales biodegradables	9
2.3. Características de los suelos.....	13
2.3.1. Compactación del suelo	13
2.3.2. Densidad aparente	13
2.3.3. Humedad	15
2.3.4. Porosidad.....	16
2.4. Absorción de nutrientes por las plantas	17
2.5. Los nutrientes.....	17
2.6. Antecedentes teóricos	19
III.MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.2. Materiales y métodos	22
3.2.1. Suelo y abonos orgánicos.....	22
3.2.2. Microbiología de los abonos	23
3.2.3. Componentes en estudio	24
3.2.4. Tratamientos en estudio	24
3.2.5. Diseño experimental.....	24

3.2.6. Características del campo experimental.....	25
3.2.7. Ejecución el experimento	26
3.2.8. Variables evaluadas	27
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Características del suelo.....	31
4.2. Características biométricas	39
4.3. Análisis de correlación.....	53
4.4. Análisis de rentabilidad.....	55
V. CONCLUSIONES	57
VI.PROPUUESTAS A FUTURO	58
VII.REFERENCIAS	59
ANEXO	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Requisitos físicos-químicos sanitarios de un compost.....	10
2. Relación entre DA (g/cm ³) y porosidad (%)	15
3. Antagonismo de los nutrientes más comunes en América Latina.....	19
4. Condiciones meteorológicas de mayo 2015 – mayo 2016 durante la ejecución del experimento.....	21
5. Análisis de suelo al inicio del experimento.....	22
6. Análisis químico de los abonos orgánicos	23
7. Análisis microbiano.	24
8. Descripción de los tratamientos en estudio.....	24
9. Esquema del análisis de variancia.....	25
10. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), de los tratamientos para las características del suelo.....	33
11. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para proporciones y tipo de compost en las características del suelo.....	36
12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para los efectos principales (A y B) en las características de suelo.....	38
13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), entre tratamientos para las características biométricas.	42
14. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), de las proporciones y tipo de compost en las características biométricas.....	45
15. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para los efectos principales (A y B) en las características biométricas.	48
16. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.	55
17. Valor nutricional de <i>G. mangostana</i> por cada 100 gramos.....	67
18. Resumen del análisis de variancia para las características del suelo.	68
19. Resumen del análisis de variancia para los efectos simples de las características del suelo.	69
20. Resumen del análisis de variancia para las características biométricas.	70
21. Resumen del análisis de variancia para los efectos simples para las características biométricas.	71
22. Resultado de los parámetros evaluados al final del experimento.	72

23. Características de fruto y semilla al inicio del experimento.	72
24. Análisis de correlación de Pearson entre variables edafológicas y biométricas.	74
25. Análisis de suelo final de todos los tratamientos.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Interacción de los minerales en las plantas.....	18
2. Comparativo de tratamientos en cuatro características de suelo.....	34
3. Comparación entre las proporciones de compost y los tipos de compost para las características del suelo.	37
4. Comparativo de tratamientos en cuatro características biométricas.....	43
5. Comparación entre las proporciones de compost y los tipos de compost para las características biométricas.....	46
6. Comparación del Compost agrícola y Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB) a diferentes proporciones.	50
7. Tasa de crecimiento a) Altura de planta b) Diámetro de planta c) Número de hojas....	52
8. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características del suelo y las características biométricas.....	54
9. Comportamiento del pH para el testigo durante los 12 meses del experimento.....	72
10. Valores de las propiedades físicas y químicas al inicio y final del experimento.....	73
11. Croquis del campo experimental.	76
12. Croquis de una parcela experimental.....	77
13. Planta madre de <i>G. mangostana</i> en el BRUNAS	77
14. Acondicionamiento del vivero.	78
15. Preparación del sustrato.....	78
16. Selección de los frutos de <i>G. mangostana</i>	79
17. Extracción de las semillas de <i>G. mangostana</i>	79
18. Limpieza y selección de semillas de <i>G. mangostana</i>	80
19. Germinación de las semillas de <i>G. mangostana</i>	80
20. Poliembrionía en las semillas de <i>G. mangostana</i>	81
21. Medición de la altura del plantón de <i>G. mangostana</i>	81
22. Medición del diámetro de tallo en los plántones de <i>G. mangostana</i>	82
23. Conteo del número de hojas en plántones de <i>G. mangostana</i>	82
24. Síntomas de Toxicidad de los plántones de <i>G. mangostana</i>	83
25. Plántones de mangostino a los 12 meses de crecimiento.	83
26. Visita de los jurados al área experimental.....	84
27. Efecto de Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables y el testigo.....	84
28. Efecto de Compost agrícola y el testigo.	85

RESUMEN

El estudio se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco (UTM 18L, O: 0390560 m, N: 8970048 m, altitud 664 msnm). La temperatura varía entre 29,4 °C (máx.), 19,2 °C (mín.) y 23,9 °C (media). Los objetivos fueron: (1) determinar la mejor fuente y (2) proporción de compost en el crecimiento de plántones de mangostino, (3) evaluar su interacción y (4) realizar el análisis de rentabilidad. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2×4, más un testigo y 3 repeticiones. Se aplicó la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$). Se evaluó los parámetros biométricos de las plantas, compactación del suelo, densidad aparente, humedad, porosidad y rentabilidad. El T₉ (100 % tierra) presentó el mejor crecimiento (23,43 cm de altura, 14,11 hojas, 5,85 mm de diámetro, 397,42 cm² de área foliar). El compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables (RSMB) destacó con 12,38 cm de altura, 10,89 hojas, 4,6 mm de diámetro y 136,34 cm² de área foliar. La mejor proporción fue 80 % tierra y 20 % compost, con 12,5 cm de altura, 4,79 mm de diámetro y 175,07 cm² de área foliar. La mejor interacción fue a₂b₄ (80 % tierra y 20 % compost de RSMB). El tratamiento T₉ presentó la mayor rentabilidad (B/C = 3,65, utilidad S/1778,00), mientras que T₁ y T₅ fueron los menos rentables (B/C = 1,34 y 1,37)

Palabras clave: Plántones de mangostino, fuente de compost, crecimiento, rentabilidad

ABSTRACT

The study was conducted at the nursery of the Faculty of Agronomy, in the district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, Huánuco region (UTM 18L, O: 0390560 m, N: 8970048 m, altitude 664 masl). The temperature ranges between 29,4 °C (max.), 19,2 °C (min.), and 23,9 °C (average). The objectives were: (1) to determine the best source and (2) proportion of compost for the growth of mangosteen seedlings, (3) to evaluate their interaction, and (4) to conduct a profitability analysis. A Completely Randomized Design (CRD) was used with a 2×4 factorial arrangement, plus a control and 3 replications. Duncan's test ($\alpha = 0,05$) was applied. Plant biometric parameters, soil compaction, bulk density, moisture, porosity, and profitability were evaluated. The T₉ treatment (100 % soil) showed the best growth (23,43 cm in height, 14,11 leaves, 5,85 mm in diameter, and 397,42 cm² of leaf area). The compost made from Biodegradable Municipal Solid Waste (BMSW) stood out with 12,38 cm in height, 10,89 leaves, 4,6 mm in diameter, and 136,34 cm² of leaf area. The best proportion was 80 % soil and 20 % compost, with 12,5 cm in height, 4,79 mm in diameter, and 175,07 cm² of leaf area. The best interaction was a₂b₄ (80 % soil and 20 % BMSW compost). The T₉ treatment had the highest profitability (B/C = 3,65, profit S/1778), while T₁ and T₅ were the least profitable (B/C = 1,34 y 1,37).

Keywords: Mangosteen seedlings, compost source, growth, profitability

I. INTRODUCCIÓN

Garcinia mangostana L. (mangostino) es una especie originaria de Malasia y las Islas Molucas, considerada como la fruta más exquisita de los trópicos (Osman y Milan, 2006). Los principales productores de esta fruta son países asiáticos, destacando Tailandia, Malasia, Filipinas e Indonesia (Downton y Chakco, 1998). Es una fruta de origen tropical muy poco conocida y uno de los cultivos menos estudiados en el Perú y en el mundo, principalmente por su lento crecimiento y la tardanza en iniciar la producción. En Centro y Sudamérica existen pocas plantaciones comerciales, ya que se trata de un frutal que demora varios años en dar la primera cosecha. Sin embargo, es una especie prometedora por su excelente calidad y la creciente demanda en los mercados nacionales e internacionales. En el Perú, fue introducida en 1950 en la Estación Experimental Agrícola de Tingo María y más adelante en la Estación Experimental Agrícola de Tulumayo; pero confinada solo a estas dos áreas, permaneció prácticamente desconocida por más de 40 años. El lento crecimiento de las plantas y la producción irregular año tras año desaniman a los productores, lo que limita el interés en establecer nuevas áreas de cultivo. Uno de los principales problemas aparece ya desde la fase de vivero, donde los plántones no crecen con suficiente vigor y, en muchos casos, dependen de sustratos costosos o poco disponibles. Esto refleja una dificultad práctica: todavía no se cuenta con estudios suficientes sobre el uso de sustratos alternativos que permitan un desarrollo más rápido y económico de los plántones de mangostino. Por esta razón se hace necesario investigar opciones que ayuden a mejorar el crecimiento de los plántones en vivero, utilizando insumos accesibles, de menor costo y que no contaminen. El compost agrícola y el compost obtenido de residuos sólidos municipales biodegradables son alternativas que pueden aportar nutrientes y al mismo tiempo ayudar a aprovechar desechos orgánicos. Probar su efecto en distintas proporciones puede dar a conocer combinaciones que impulsen el desarrollo de los plántones, reduzcan costos y contribuyan con un manejo más sostenible.

Con este estudio se busca determinar la mejor fuente de compost para el crecimiento de los plántones de mangostino, establecer la proporción más adecuada de compost en el sustrato, evaluar la interacción entre fuente y proporción, y realizar un análisis de costos de los tratamientos. Los resultados podrían brindar a los productores información práctica para la etapa de vivero, facilitando que el cultivo del mangostino tenga mejores condiciones de adopción en el país. De esta manera, se plantea la hipótesis de que el uso de compost agrícola y de residuos sólidos municipales, aplicados en proporciones adecuadas, mejora significativamente el crecimiento de plántones de *Garcinia mangostana* L. en vivero y permite reducir los costos de producción frente al uso de sustratos convencionales. Por ello se plantean los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar el efecto de dos tipos de compost en el crecimiento de plantones de *G. mangostana*.

Objetivos específicos:

1. Determinar la mejor fuente de compost en el crecimiento de plantones de *G. mangostana*.
2. Determinar la mejor proporción de compost en el crecimiento de plantones de *G. mangostana*.
3. Determinar la mejor interacción de fuente y proporción en el crecimiento de plantones de *G. mangostana*.
4. Efectuar el análisis de costos de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Historia

G. mangostana es originario de Tailandia y Birmania (Morton, 1987), pero incierto según Hoyos (1987); Osman y Milan (2006), quienes creen que es originario de las Islas Sundas y Molucas en el Siglo VI, Pero Revelo (2007) afirma su origen atribuible a todo el sudeste asiático, donde la evidencia histórica muestra que sus habitantes la habían utilizado como fuente de alimento y medicina natural antes de 1 700. Los científicos y botánicos especulan que el mangostán se introdujo por primera vez en Tailandia, se trasplantó a Ceilán en el siglo XIX y luego a la India muchos años después. El árbol es común en el sudeste asiático tropical en Mindanao y la provincia de Sulu en Filipinas. El mangostán o magostán recibe su nombre científico *Garcinia mangostana* en latín en honor al científico y sacerdote Laurentiers Garcin, quien descubrió la fruta en las islas Sunda y Molucca en el oeste del archipiélago malayo, y es conocido por ser el primero en escribir en de la misma manera. Los primeros indicios de su presencia en las Américas datan de 1 850, donde llegó a las Islas del Caribe, en particular a Trinidad y Tobago; el árbol fue introducido a Panamá y Puerto Rico a principios del siglo XX, y a Honduras unos años después, y llegó a países como Colombia y Ecuador en América del Sur en 1924; se intentó introducir la especie a Hawaii, California y Florida, pero las condiciones eran desfavorables para su crecimiento. En los últimos años, el cultivo de esta fruta se ha extendido por todas las regiones tropicales del mundo, distribuyéndose principalmente en los países de origen y gran producción como Filipinas, Tailandia, Malasia, Vietnam y Australia.

2.1.2. Taxonomía

Según Morton (2005), *G. mangostana* presenta la siguiente clasificación:

Categoría	: Taxón
Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malpighiales
Familia	: Guttiferae
Género	: <i>Garcinia</i>
Especie	: <i>mangostana</i>
Variedad	: Lynn

Nombre común	: Idioma
Mangostán o mangostino	: Español
Mangosteen	: Inglés
Mangostanier	: Francés
Mangostao	: Portugués
Manggis	: Holandés, Filipino e Indonesio
Manggistan	: Alemán
Mangcorte	: Vietnamita
Manggustan	: Malayo
Mongkhut	: Camboyano

2.1.3. Morfología

Los árboles de mangostán crecen lentamente y requieren una década o más para dar frutos. Sin embargo, pueden florecer tan pronto como 6 años después de la siembra (IBPGR 1986). El árbol crece lentamente, alcanzando una altura de 6 a 25 metros. Tiene un tronco cilíndrico que mide de 35 a 55 centímetros de diámetro. La madera interior es amarga, gomosa y amarilla. La corteza exterior es negra y coriácea con una gruesa capa de escamas. Sus muchas hojas dan sombra en el verano, lo que lo convierte en un buen árbol para ese propósito (Yaacob y Tindall, 1995).

El fruto es una baya y mide entre 3,5 a 6,5 cm de diámetro (Vargas, Alix y Lobo, 1999). Apreciado por su delicado sabor, el fruto tiene aproximadamente el tamaño de una mandarina, pesa entre 80 y 140 gramos y consiste en una cáscara (cáscara) púrpura-púrpura de 3 a 6 mm de espesor. La pulpa consta de 4 a 8 partes blancas oblongas y es jugosa y sabrosa (FAO, 2010; Othman y Tindall, 1995).

Las semillas son el resultado del desarrollo apomíctico de los carpelos y tienen forma de aplanado ovalado, de 2,5 cm de largo y 1,6 cm de ancho (Vargas, Alix, & Lobo, 1999). El fruto puede no tener semillas o tener de 1 a 5 semillas adheridas a la pulpa, que es ligeramente ácida y suave, y tiene un sabor extraordinario (Diczballis, 2011; Osman y Milan, 2006). Hojas simples opuestas, ovadas, pecíolo corto, café claro (cuando son jóvenes), amarillo oscuro en las hojas intermedias; además, las hojas adultas son de color verde claro a verde oscuro, ligeramente lustrosas en el haz, fuerte resistencia, gruesas, de 9 a 25 de largo cm y de 4 a 10 cm de ancho (Vargas et al., 1999). Flores unisexuales, redondas, muy carnosas, constituidas por 4 pétalos y muchos estambres, rojas en su madurez, de 4 a 5 cm de diámetro; también aparecen en los extremos de las ramas en racimos de 3 a 9 flores (Downton y Chacko 1998).

2.1.4. Climatología

El mangostán es una fruta puramente tropical, es decir crece en los trópicos, incluyendo la faja que rodea al Ecuador, entre las latitudes 23°N y 23°S, clima caracterizado por un clima promedio. Un clima no árido se puede definir como una temperatura superior a 18°C, y estas características permiten un óptimo desarrollo del mangostán (IBPGR, 1986).

Días et al. (2011), confirmaron que las condiciones agroecológicas ideales para el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos de mangostán son: la altitud oscila entre 0 y 600 metros, la precipitación media anual es mayor a 1270 mm, la humedad relativa es mayor al 80 %, y la temperatura media anual es de 24 - 35°C. Por otro lado, Othman (1995) y Symington (2004) mencionan que no puede tolerar temperaturas menores de 4.5 °C ni mayores de 37,8 °C, sin embargo, las plántulas de vivero mueren a los 7° C: limitado a altitudes menores de 450 m, pero algunas especies pueden crecer hasta 1500 m. Generalmente se requiere que la humedad atmosférica sea alta, la precipitación anual sea de al menos 50 %, la precipitación anual sea de al menos 127 mm y no haya sequía a largo plazo. No obstante, estudios recientes señalan que determinados huertos logran desarrollarse en zonas caracterizadas por condiciones climáticas extremas, con niveles de humedad relativa del 80 % y precipitaciones anuales que no superan los 200 mm, lo cual demanda prácticas de manejo agronómico especializadas. Cabe destacar que estos cultivos también exhiben capacidad de adaptación a ambientes con una humedad atmosférica del 99 % y un régimen pluviométrico de hasta 255 mm anuales.

2.1.5. Suelo

Días et al. (2011), mencionan que necesita hasta 12 % de pendiente, suelo con alto contenido de materia orgánica, pH entre 5 y 6,5 y sombra parcial los primeros 4 años.

Con 15 a 30 días de suministro de agua ininterrumpido, comienza la floración (Nakasone y Paull, 1998). CONAFRUT (1999), también indicó que el mangostán crece mejor en suelos de hasta 2,0 m de profundidad, bien drenados, además deben tener una humedad uniforme y un contenido adecuado de materia orgánica. Además, necesita un suelo aireado, ya que tanto las plantas jóvenes como las adultas tienen sistemas de raíces débiles y atrofiadas. Esta característica de las raíces las hace vulnerables a daños adicionales por drenaje deficiente o agua estancada. Los árboles de mangostán establecidos en suelos naturalmente arenosos y suelos bajos en materia orgánica crecen menos y producen menos.

Los árboles de mangostán establecidos en suelos naturalmente arenosos y

suelos bajos en materia orgánica crecen menos y producen menos. En suelos reactivos alcalinos, el mangostán crece lentamente o muere prematuramente. En cambio, en suelos profundos francos arcillosos o francos limosos con buen drenaje se obtiene una alta productividad. El pH óptimo para el mangostán está entre 5,5 y 7,0. La tolerancia del mangostán a los suelos salinos parece ser baja. En suelos con un pH de 6,5, la aplicación de enmiendas de calcio es inconveniente.

2.1.6. Propagación

a) Semilla

Técnicamente, las "semillas" no son semillas reales, son embriones adventicios o nódulos de hipocótilo porque no hay fecundación sexual. El proceso reproductivo es vegetativo, lo que naturalmente da como resultado poca variación en la fructificación del árbol y su fruto en relación con los padres. Algunas de las semillas son poliembriónicas, produciendo más de un brote. Cada individuo se puede separar, antes de plantar (Vargas, Alix y Lobo, 1999).

Es importante tener en cuenta que las semillas pierdan viabilidad 5 días después de ser extraídas del fruto y son viables de 3 a 5 semanas dentro de él. Si se desea tener una viabilidad por más tiempo (ejemplo, tres meses), es necesario guardar las semillas en envases herméticos (Morton, 1987).

Las semillas deben ser seleccionadas como el mejor árbol o el que tenga las características deseadas, seguido de la separación de la pulpa con aserrín, se lava con agua y luego se seca por una hora. El sustrato debe ser arena fina y lavada, para tener buena germinación; además las semillas deben ser grandes, bien formadas, con un peso superior a 1 g para lograr plantas vigorosas (Vargas, Alix y Lobo, 1999).

b) Germinación

Para apresurar la germinación se deben empapar con agua las semillas por 24 horas (Morton, 1987). Las semillas germinan bien a temperaturas cercanas a 25 °C, pueden comenzar a germinar tan pronto como se retiran de la fruta, si se mantienen en un ambiente húmedo (Bryan y Morales, 2010).

IBPGR (1986) confirmó que la germinación dura de 10 días a varias semanas, dependiendo de la edad de la semilla, pero generalmente la germinación toma de 20 a 22 días y se completa alrededor de los 43 días, y que el porcentaje de germinación es directamente proporcional al tamaño de la semilla, es decir, cuanto mayor sea el tamaño de partícula, mayor será la tasa de germinación.

c) **Desarrollo**

El trasplante se hace 5 a 10 días después de la germinación; es necesario que las plantas se coloquen bajo sombra durante toda su fase de vivero (Vargas, Alix y Lobo, 1999). El lento crecimiento de *G. mangostana* se atribuye a: crecimiento deficiente del Sistema radicular (sin pelos de raíz, mala ramificación, y fácilmente roto y perturbado por ambientes, resultando en superficies de contacto muy limitadas entre las raíces y el suelo medio), absorción pobre de nutrientes y agua, baja tasa fotosintética, célula de baja división en el meristema apical, y larga latencia de la fase de brote (Poerwanto et al., 2006). También se sabe que las semillas pequeñas tienen velocidades de crecimiento lentas, lo que las hace indeseables para la propagación comercial (Bryan y Morales, 2010).

d) **siembra**

IBPGR (1986), las plántulas alcanzan una altura de 25 - 35 cm en un año, pero no son vigorosas cuando se trasplantan temporalmente, en la etapa de germinación brota las raíces y la plántula, las raíces son temporales y es reemplazo por raíces que surgen en la base del brote. Teniendo en cuenta que la raíz principal es delgada y las raíces laterales no evolucionadas, es muy difícil de trasplantar. Cabe señalar que no se debe intentar trasplantar después de que la planta haya alcanzado una altura de 60 cm, porque la profundidad de la raíz principal puede exceder la altura en este momento.

Según Mack (2005), en el primer año el tallo crece solo 10 cm y desarrolla de 6 a 8 folíolos. Puedes sembrar las semillas en el campo cuando las plantas ya tengan seis hojas pequeñas o cuando las raíces toquen el fondo de la bolsa. Recuerde colocar estacas vivas e identificar el árbol de mangostán, tardará de 7 a 9 años para la primera producción.

e) **Fertilización**

Durante los primeros seis meses después de la germinación, las plántulas dependen en gran medida de la semilla de reservas y hacen poco uso de fertilizantes del suelo, por lo tanto, las plántulas no toleran concentraciones de sales o fertilizantes en el suelo, y responden mejor a las bajas tasas de fertilizantes o para liberar lentamente fertilizantes orgánicos (Bryan y Morales, 2010).

Las plántulas deben cultivarse en bolsas de polietileno que contengan fertilizante y estiércol y se mantiene en un 50 % de sombra en un vivero durante dos años. Después de este inicio, las plántulas deben ser fuertes y suficientemente grandes para el trasplante al campo. En Tailandia, la práctica general también incluye el uso de un fertilizante completo (N-P₂O₅-K₂O: 16-16-16) y riego regular con alrededor del 70 % de agua de

evaporación diaria en cubeta, que se informa que acelera el crecimiento de *G. mangostana* plántulas en condiciones de vivero; además, se pueden usar aerosoles foliares de fertilizantes. El estiércol animal (preferiblemente pollo) también se recomienda para promover el crecimiento de plantas jóvenes de *G. mangostana* (Salakpetch, 2005).

2.1.7. Variedades

Hay más de 800 especies y 1 050 variedades de Garcinias (Nazre et al., 2007), en su mayoría del sudeste asiático, de las cuales unas 30 especies tienen frutos comestibles, pero las más famosas son *G. atroviridis*, *G. hombreniana*, *G. indica*, *G. parvifolia*, *G. prainiana*, *G. xanthochymus* y *G. mangostana* (Letourneau y Burrows, 2002; Te-Chato, 2007; UDE, 2009), siendo esta última la más importante por el mayor valor nutricional de esta fruta

Las plántulas de todo el lugar dan frutos muy uniformes, con poca variación en composición, olor, sabor, tamaño, color y textura. Se conoce una variedad distinta que se encuentra en las islas Sulu. La fruta es más grande, la piel es más gruesa de lo normal, la calidad es más ácida y el sabor es más pronunciado. Una planta aparentemente silvestre en el norte de Borneo que tiene solo 4 carpelos, cada uno con una semilla completamente desarrollada, puede no ser única. (Orduz y León, 2001).

En el jardín Botánico de Lancetilla, Honduras, se ha observado dos tipos de plantas, un tipo con troncos erectos y el otro con troncos cortos y hojas más grandes. Las semillas contienen un embrión nucelar que favorece la formación de clones (Vargas, Alix y Lobo, 1999).

En conclusión, investigaciones respaldadas por el Ministerio de Agricultura de Malasia han logrado identificar dos clones distintivos de *G. mangostana* (GA1 y GA2), cuyas características fenotípicas entre ellas, morfología del fruto, masa, pigmentación epicárpica y cantidad de semillas presentaban variaciones significativas (Symington, 2004). Por otro lado, análisis genómicos posteriores han corroborado que el mangostán (*G. mangostana*) es el resultado de un proceso de hibridación espontánea entre *Garcinia hombreniana* y *Garcinia malaccensis*, un hallazgo clave para comprender su historia evolutiva (Nazre et al., 2007).

2.2. Tipos de compost

2.2.1. Compost agrícola

El compostaje es un proceso biológico que convierte la materia orgánica en humus bajo la actividad de microorganismos en las condiciones que aseguran las condiciones necesarias para la fermentación aeróbica (especialmente temperatura, relación carbono-nitrógeno, aireación y humedad). Materiales (Soto, 2003)

No se espera que los productos del proceso de compostaje afecten la salud vegetal, animal y humana debido a la presencia de sustancias tóxicas y/o patógenas. Los subproductos derivados de diversas actividades agroindustriales representan un reservorio potencial de microorganismos patógenos. Un caso particular lo constituye la utilización de material vegetal infectado, el cual puede actuar como vector de fitopatógenos en determinadas circunstancias. Paralelamente, es fundamental destacar que los procesos de transformación de residuos en fertilizantes orgánicos deben incorporar etapas de sanitización efectivas, capaces de eliminar o reducir de manera significativa tanto los agentes patógenos como los compuestos tóxicos presentes en la materia prima. Cabe señalar que la calidad del compost obtenido está directamente influenciada por múltiples parámetros fisicoquímicos y biológicos que intervienen durante las fases de fermentación y maduración. Estos factores presentan una notable variabilidad, atribuible principalmente a: (1) la heterogeneidad intrínseca de la composición inicial de los residuos orgánicos utilizados como materia prima, y (2) las fluctuaciones estacionales en las características de dichos materiales (Uribe, 2003). Esta variabilidad natural conlleva desafíos significativos para la estandarización de los procesos de compostaje. Son sorprendentes las transformaciones que sufren los residuos hasta obtener el compost. Al principio, el color de los restos frescos es claramente perceptible, pero se oscurece gradualmente. Los aromas de frutas y verduras pueden cambiar rápidamente dependiendo de la intensidad de la actividad biológica. Si no se ventila, se liberará gas amoníaco. El olor a bosque indica el producto final (Flores y Carranza, 2006). Estos parámetros son la temperatura, la humedad, la relación carbono-nitrógeno, la presencia de oxígeno, el pH, etc. (Uribe, 2003). Según Porras (2011), el compostaje constituye un proceso biotecnológico mediante el cual es posible gestionar y optimizar la degradación controlada de materiales orgánicos, transformándolos en productos estabilizados. El producto de esta degradación se denomina compost, que resulta de la degradación aeróbica de materiales o desechos de origen orgánico. El propósito de hacer compost es enriquecer el suelo agrícola con nutrientes y mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, es decir, para ser utilizado como acondicionador del suelo.

2.2.2. Compost de residuos sólidos municipales biodegradables

Según Huerta et al. (2008), es fundamental conocer la estabilidad y composición del compost antes de promover su uso para mejorar suelos y cultivos, y se debe tener en cuenta que, además de los beneficios ambientales, también se deben considerar las condiciones en las que se puede obtener el compost y sus costes de producción. La opción del tratamiento biológico de la fracción orgánica de los residuos municipales presenta un abanico de ventajas frente a otros métodos de tratamiento u otros destinos posibles, pero es necesario analizar las

eficiencias que se consiguen con los distintos tipos de recogida.

Tabla 1. Requisitos físicos-químicos sanitarios de un compost.

Característica	Límites
pH	6,5-8,0
Materia orgánica	> 15 %
Relación carbono-nitrógeno	< 12
Fósforo	> 0,10 %
Potasio	> 0,25 %
Relación potasio-sodio	> 2,5
Hongos fitopatógenos	ausente
Huevos de helmintos/g en base seca	< 10
Coliformes fecales NMP/g en base seca	< 1 000
Salmonella spp/g en base seca	< 3
Plástico película o flexibles. Tamiz ASTM 3,5 (5,6 mm)	< 0,05 % (seco)
Vidrio, metales o plásticos rígidos. Tamiz ASTM 10 (2,00 mm)	< 0,5 % (seco)
Arsénico	< 5,0 ppm
Cadmio	< 1,0 ppm
Cromo hexavalente	< 5,0 ppm
Cobre	< 30,0 ppm
Plomo	< 5,0 ppm
Níquel	< 5,0 ppm
Zinc	< 90,0 ppm

Fuente: Rodríguez y Córdoba 2006

Las ventajas del tratamiento biológico de la fracción orgánica de los residuos municipales procedentes de la recogida selectiva (FORM) en el marco de los esquemas de compostaje son las siguientes: (Rodríguez y Córdoba, 2006).

a. La separación

Se trata de separar los residuos orgánicos, como restos de comida y papel, de otros residuos no compostables, como vidrio, metal y plástico, que se descomponen biológicamente a través del proceso de compostaje. Cuanto más cerca esté esta separación de la fuente de producción, más puros serán los residuos (menos contaminados) y, por tanto, mayor será la calidad del compost final. La implementación de una correcta segregación en origen constituye un factor determinante para optimizar la calidad de los residuos no compostables e inorgánicos destinados a reciclaje, incrementando significativamente su potencial de reaprovechamiento. Como lo demuestran diversos estudios, la eficacia de los programas de gestión integral de residuos (orgánicos e inorgánicos) está directamente vinculada a la separación inicial adecuada, ya que este proceso: (1) mejora la pureza de las corrientes de desechos, (2) aumenta la eficiencia en las etapas de procesamiento posterior, y (3) optimiza la productividad laboral en las plantas de tratamiento. Es destacable que este proceso de separación puede iniciarse efectivamente en el ámbito doméstico, mediante la

clasificación diferenciada de los residuos generados en áreas clave como la cocina y el jardín.

A nivel municipal, esta separación puede ocurrir tanto en la recogida domiciliaria (mediante el esquema de separación domiciliaria) como en la recogida de residuos municipales (parques y jardines, mercados, mercadillos, establos) o en las grandes centrales eléctricas (restaurantes, hoteles, etc.).

b. La recolección

Implica desviar los desechos de varias fuentes de separación a un sitio de eliminación, ya sea una pila de desechos en un jardín o huerto, una instalación de compostaje o una planta de compostaje. Cuando se trata de una tarea a pequeña escala o en casa, generalmente solo hay una o dos fuentes generadoras (como la cocina y el jardín), la distancia de movimiento es corta y se puede hacer a mano o en un carro. Para operaciones medianas o grandes, hay muchas fuentes (hogares, instituciones, etc.); para distancias más largas, a menudo se requiere el transporte de vehículos. En sistemas de recolección de mediana y gran escala, se ha demostrado que la eficiencia operativa guarda una relación directa con la implementación de protocolos adecuados de separación de residuos. Esta eficiencia se sustenta en tres pilares fundamentales: (1) la dotación de equipos y flotas vehiculares especializadas, dimensionadas según la capacidad requerida para el volumen de residuos generados; (2) el diseño estratégico de frecuencias de recolección adaptadas a las dinámicas de generación de residuos; y (3) la implementación de sistemas de planificación de rutas optimizadas, complementadas con mecanismos efectivos de comunicación a los usuarios. Esta triada de factores -infraestructura adecuada, logística eficiente y participación informada- constituye el sustento técnico para garantizar la sostenibilidad operativa de los sistemas de gestión de residuos sólidos a escala municipal o regional. Debido a la mayor cantidad de participantes en programas más grandes, el control de calidad en las separaciones requiere más seguimiento (atención), lo que se puede lograr a través de actividades educativas de separación efectivas. El diseño de sistemas modernizados de recolección de residuos debe priorizar la adaptación y optimización de la flota vehicular existente, en lugar de depender exclusivamente de la adquisición de nuevos equipos. Esta aproximación se justifica por dos factores clave: (1) el carácter capital-intensivo de los vehículos recolectores, que representan una inversión sustancial para los gestores municipales, y (2) las limitaciones presupuestarias recurrentes que restringen tanto su renovación periódica como su mantenimiento óptimo. Como estrategia operativa recomendada, se propone iniciar el proceso de modernización mediante la selección estratégica de una unidad piloto o conjunto limitado de vehículos, sobre cuyas capacidades técnicas (capacidad de carga, eficiencia energética, sistemas de compactación) se diseñarán planes de recolección específicos y escalables.

c. El tratamiento

La etapa de distribución consiste en trasladar el compost producido hasta el lugar donde será aprovechado. En sistemas de pequeña escala, este proceso no requiere una logística compleja ni equipamiento especializado, dado que las distancias son cortas y el número de usuarios es reducido. En cambio, en operaciones de mayor envergadura, es fundamental planificar horarios y métodos de acceso, ya sea para la entrega directa del compost o para su recolección en la planta por parte de los usuarios. Para una distribución eficiente, deben tenerse en cuenta aspectos como el tipo de vehículos, las rutas, los recipientes utilizados, el formato de empaque, la frecuencia de entrega y las demandas específicas de los beneficiarios. La etapa de utilización es esencial dentro de cualquier programa de compostaje, ya que sin el uso final del compost, el ciclo del sistema quedaría incompleto y no se aprovecharían los beneficios que este insumo aporta a la fertilidad y estructura del suelo. Además del nitrógeno, carbono, oxígeno y agua, existen otros factores importantes para el monitoreo eficaz del proceso de compostaje, tales como la temperatura, la comunidad microbiana, el tamaño de las partículas y el pH del material. Entre los elementos fundamentales, el carbono y el nitrógeno son esenciales para el metabolismo de los microorganismos involucrados: el carbono actúa como fuente de energía, mientras que el nitrógeno es necesario para la producción de proteínas. La proporción entre estos dos elementos se expresa mediante la relación carbono/nitrógeno (C/N), cuya cifra óptima para un compostaje eficiente se encuentra entre 25:1 y 35:1. Si el material inicial presenta un exceso de carbono, la relación será demasiado alta, el proceso se ralentizará, la temperatura no alcanzará los niveles adecuados y el carbono sobrante se liberará como dióxido de carbono (CO_2). En contraste, un contenido elevado de nitrógeno producirá una relación baja, favoreciendo la pérdida de este elemento en forma de amoníaco (NH_3), lo que puede generar malos olores y disminuir la calidad del compost. Por tanto, mantener una proporción equilibrada de estos elementos es crucial para garantizar un proceso de compostaje efectivo y sustentable.

d. La distribución y la utilización

La distribución es el traslado de la composta producida a los sitios en donde se va a utilizar. En operaciones a pequeña escala, no requiere de mayor planeación ni equipo, pues las distancias suelen ser muy cortas y pocos sus usuarios finales. En el caso de grandes operaciones, es necesario identificar a los usuarios y las formas de acceder a ellos para la entrega de la composta o bien los horarios y mecanismos para que los usuarios la recojan en la misma planta. Para la distribución deben considerarse los vehículos, las rutas, los

contenedores, los empaques, la frecuencia, así como las necesidades de los usuarios finales. La utilización es uno de los componentes fundamentales de un programa de compostaje. Si la composta no se utiliza, no se completa el ciclo para el cual se instrumentó el programa y se pierden los beneficios de mejoramiento de suelo que ofrece el producto. Los usuarios pueden incluir, entre otros, a las áreas encargadas de parques y jardines del municipio (incluyendo aplicación en camellones), instituciones y empresas que cuenten con grandes extensiones de áreas verdes, agricultores de la región y público en general. En muchos casos será necesaria una estrategia de difusión y educación sobre los usos y la aplicación de la composta, así como una evaluación de las necesidades de los usuarios en cuanto a calidad, cribado, formato y frecuencia de entrega de esta. También pudieran ser importantes los incentivos y facilidades. La composta producida puede ser entregada gratuitamente, o bien, comercializada. Para su venta será importante mantener un alto control de la calidad del producto, y habrá que identificar o desarrollar los mecanismos financiero-administrativos adecuados.

2.3. Características de los suelos

La buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces de las plantas, así como un óptimo acceso y almacenamiento del agua requerida para el crecimiento de las plantas (Taboada y Álvarez, 2008). Los seres humanos han alterado la calidad física del suelo a través de la agricultura o la ganadería. La reducción de la calidad física tiene efectos severos sobre las condiciones químicas y biológicas (Dexter y Birkas, 2004).

2.3.1. Compactación del suelo

La consistencia del suelo hace referencia al grado de firmeza con que las partículas del suelo se mantienen unidas, así como a su resistencia frente a la deformación o aparición de grietas. Esta propiedad se evalúa utilizando muestras en distintas condiciones de humedad: húmedas, plásticas y secas. En suelos con contenido de humedad, la consistencia se manifiesta principalmente a través de la cohesión entre partículas y su plasticidad, conceptos que se describen en detalle más adelante. La evaluación de esta característica puede realizarse de forma aproximada mediante pruebas de campo sencillas, o con mayor precisión a través de análisis de laboratorio, según lo indica la FAO (2016).

2.3.2. Densidad aparente

La densidad aparente se refiere a la cantidad de masa de suelo contenida en una unidad de volumen, expresada generalmente en g/cm^3 o t/m^3 . Este parámetro permite describir el nivel de compactación del suelo, ya que indica la proporción entre los sólidos y los poros del mismo (Keller y Hakansson, 2010). Es un indicador importante para evaluar la

resistencia del suelo al crecimiento de las raíces. Además, se emplea en la conversión de datos desde concentraciones a unidades de masa o volumen, y resulta esencial en los cálculos relacionados con la fertilidad del suelo y la aplicación de fertilizantes en cultivos extensivos. La densidad aparente depende de factores como la textura del suelo y su contenido de materia orgánica, y puede presentar variaciones estacionales influenciadas por prácticas de labranza y niveles de humedad, especialmente en suelos con alto contenido de arcilla (Taboada y Álvarez, 2008).

En términos generales, un aumento en la densidad aparente del suelo implica una disminución en el espacio poroso, lo que limita el movimiento del agua, la expansión y penetración de las raíces, así como el desarrollo adecuado de las plantas. Este valor se ve influenciado por diversos factores, tales como la textura del suelo, la cantidad de materia orgánica presente y las prácticas de manejo empleadas (Quiroga y Bono, 2012).

La densidad aparente de los suelos no cultivados generalmente varía entre 1 y 1,6 g/cm³. Las variaciones se deben principalmente a diferencias en el volumen total de poros, reconociendo dos fuentes principales: textura y estructura. En términos generales, podemos decir que el espacio poroso total aumenta con el refinamiento del grano, lo que resulta en una disminución de la densidad aparente. Las partículas de arcilla producen tamaños de poro extremadamente pequeños en comparación con los granos de arena, pero las muestras con textura de arcilla tienen muchos más poros que las muestras de arena (no confunda el tamaño del poro con el volumen del poro). Por otro lado, además del tamaño de la partícula, su forma también afecta la densidad aparente. Las partículas de arcilla son planas y tienden a agruparse al azar, es decir, al azar, en lugar de estar ordenadas como ladrillos en una pared. En este sentido, las partículas esféricas (que se aproximan a la forma de la arena y el limo) son más eficientes para ocupar la unidad de volumen, lo que resulta en un empaquetamiento más denso que las partículas planas. Una gran proporción de limo no promueve la agregación, lo que lleva a un aumento de la densidad aparente al obstruir los poros creados entre los granos de arena; por otro lado, una mayor proporción de arcilla y materia orgánica aumenta el volumen de los pequeños poros y promueve la agregación (formación de estructuras), dando como resultado que se reduzca la densidad aparente (Heredia, 2015).

En general, la densidad aparente tiende a incrementarse cuando se pasa de una estructura del suelo de tipo granular o friable a estructuras más compactas como las prismáticas, columnares, estratificadas o masivas, ya que disminuye el volumen correspondiente a la fase porosa. La compactación, causada por factores como el pisoteo del

ganado, las labores agrícolas o la acción de la lluvia, reduce la porosidad y, por ende, incrementa la masa por unidad de volumen. Asimismo, la disminución de materia orgánica contribuye al aumento de la densidad aparente por dos razones: a) la materia orgánica tiene una menor densidad que los minerales del suelo y b) su pérdida generalmente conlleva una disminución en el volumen de poros. De este modo, la densidad aparente puede considerarse un indicador del estado del espacio poroso del suelo, como se refleja en la relación estimada entre densidad aparente (g/cm^3) y porosidad (%).

Tabla 2. Relación entre DA (g/cm^3) y porosidad (%)

Densidad aparente	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Porosidad	63	59	56	52	48	45	41	37	33	30

Fuente Heredia, 2015.

Los suelos de origen orgánico suelen presentar valores de densidad aparente inferiores a 1 g/cm^3 . De manera similar, los suelos formados a partir de cenizas volcánicas también se caracterizan por una baja densidad aparente (Thompson y Troeh, 2002).

Thompson y Troeh (2002) la definen como la masa contenida en una unidad de volumen ocupada por la muestra. La densidad aparente incluye el espacio poroso y la materia sólida, incluidos los minerales y la materia orgánica. La densidad aparente seca del suelo indica la dureza del suelo y su resistencia a la penetración de implementos de labranza o raíces de plantas. Cuanto menor es la densidad aparente, mayor es el espacio poroso, es decir, menos compacto es el suelo, por lo tanto, la densidad aparente es inversamente proporcional al espacio poroso. La densidad aparente es una propiedad influenciada por: textura, materia orgánica, consolidación y profundidad. La densidad aparente depende del grado de agregación del suelo, del contenido de humedad y del volumen relativo ocupado por los poros, los cuales están presentes incluso en suelos compactos. Este parámetro está influenciado por la porosidad y tiene un impacto directo en propiedades como la elasticidad, la conductividad eléctrica y térmica, la capacidad calorífica a volumen constante, así como en la dureza del suelo.

2.3.3. Humedad

El conocimiento del contenido de humedad en medios porosos como el suelo ha sido un tema de gran interés para múltiples disciplinas (Novorio, 2001), sin embargo, la ciencia del suelo marcó el comienzo de un rápido desarrollo de las técnicas TDR para la medición de la humedad. Contenido de humedad del suelo (Cerny, 2009), aunque se han desarrollado muchos métodos para este propósito (Zanetti et al., 2015), los métodos basados

en reflectómetros han mostrado varias ventajas, tales como: alta precisión, sin otros peligros metodológicos relacionados con la radiación, excelentes revoluciones espaciotemporales, medidas fáciles de obtener, posibilidad de automatización y en algunos casos requisitos mínimos de calibración (Jones y Wraith, 2002). Sin embargo, esta técnica presenta ciertas deficiencias de estimación en suelos orgánicos, volcánicos y de textura fina, por lo que se requiere una calibración para optimizar la precisión de la estimación del contenido de humedad en dichos medios TDR (Zhao et al., 2016).

La reflectometría en el dominio del tiempo fue creada por Dadis, J. y Chudoviak, W. y se basa en determinar la permitividad de un objeto mediante el uso de electrodos insertados dentro del objeto para los cuales se deben conocer dichas constantes. Dado que la constante dieléctrica del agua es mucho más alta que la de cualquier otro componente del suelo (Robinson, 2011), este método ha sido ampliamente utilizado para estimar el contenido de humedad del suelo y, aunque es útil, algunos estudios informan que requiere laboratorio o in situ. , se sugirió este último para obtener estimaciones más razonables del contenido de volumen de agua del suelo; sin embargo, no se informaron estudios comparativos entre las sondas de estimación continua y las sondas de lectura a tiempo para determinar cómo sus estimaciones diferían de los métodos estándar aceptados, como es el caso de la método gravimétrico, suelo con buena textura. Dentro de este contexto, este trabajo pretende evaluar la estimación del contenido de humedad del suelo obtenido por gravimetría y tras el uso de resultados de este trabajo contribuirían a conocer si se pudiesen usar directamente las estimaciones del contenido de humedad dados por los sensores TDR o caso contrario si se debería recurrir a la calibración (Ibarra et al. 2012).

2.3.4. Porosidad

La porosidad del suelo en la capa superficial influye notablemente en los procesos de infiltración y escorrentía del agua, lo cual impacta directamente en la erosión y en el transporte hídrico dentro del perfil edáfico. El desplazamiento tanto del agua como del aire se da a través de los poros del suelo, cuya efectividad depende del tamaño, cantidad y distribución de estos. Además, la porosidad es un factor clave para estimar la capacidad del suelo de retener agua (Horowitz y Walling, 2005).

Según González et al. (2004), la clasificación de la porosidad, según sus propiedades de conducción o almacenamiento, se puede agrupar en tres categorías:

La porosidad submicroscópica corresponde a poros tan diminutos que impiden la adhesión de las moléculas de agua, lo que imposibilita un flujo continuo. En cambio, la porosidad microscópica o capilar está asociada a la estructura de la matriz del

suelo y de sus agregados, con características morfológicas que varían según el origen y uso del suelo. Este tipo de poros presenta un tamaño entre 15 y 30 μm . Por otro lado, los poros grandes o macroporos, que no retienen agua por acción capilar, pueden originarse por diversos factores como la actividad de microorganismos, fisuras estructurales, procesos de contracción y expansión, así como por prácticas agrícolas como la labranza (Pires et al., 2008). Además, su formación está influenciada por la cobertura vegetal y por las condiciones climáticas (Tuller y Or, 2002; Kutílek, 2004). Las alteraciones en la porosidad del suelo provocadas por cargas que superan la capacidad del suelo para resistir deformaciones pueden ocasionar el colapso de los poros. Esto genera procesos de degradación del suelo y una reducción en la productividad del ecosistema (Osuna et al., 2006), además de afectar los regímenes hidrológicos y de ventilación del suelo (Li et al., 2009; Muhammad y Rattan, 2009).

2.4. Absorción de nutrientes por las plantas

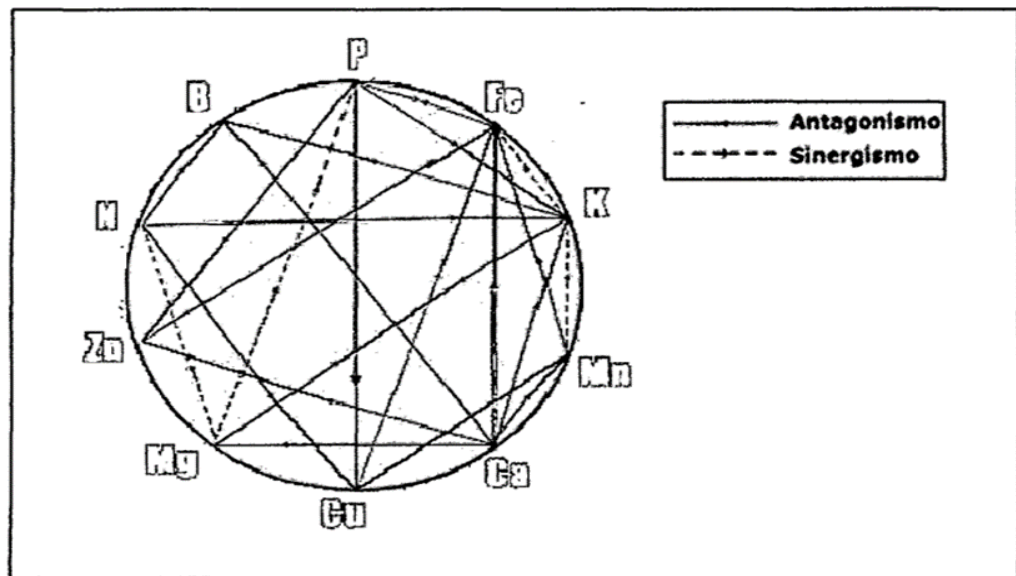
Muchos factores pueden afectar en gran medida la absorción de nutrientes por parte de las plantas y, por lo tanto, su composición posterior. Todos estos están íntimamente relacionados entre sí, por lo que es difícil saber el impacto real de cada uno por separado, los cuales se pueden dividir en tres grupos según la relación con el suelo, las plantas y las condiciones climáticas (Navarro y Navarro, 2000). Uno de los factores más influyentes en la disponibilidad de nutrientes es la respuesta del suelo, ya que a menudo está influenciado por su estado de asimilación de nutrientes o la cantidad de nutrientes disponibles. Los ejemplos más representativos de este efecto son: bloqueo o inhibición, precipitación mutua o volatilización. Otra propiedad química relacionada con la disponibilidad de nutrientes es la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la cantidad total de nutrientes difusibles, la movilidad y distancia de viaje a la superficie de la raíz, el agua actuando como solvente y vehículo de transporte, también proporciona expansión celular y es un sustrato para la fotólisis. Sin embargo, la capacidad de absorción de las plantas varía. Diferentes plantas cultivadas en el mismo suelo pueden tener diferentes nutrientes minerales desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, incluso las variedades de la misma especie no se comportarán de la misma manera.

2.5. Los nutrientes

Según su concentración en las plantas y sus necesidades para un crecimiento y reproducción óptimos, los elementos esenciales para el metabolismo vegetal se clasifican en macronutrientes y micronutrientes (Mengel y Kirkby, 2001; Epstein y Bloom, 2004). La identificación de estos nutrientes minerales se logró a través de experimentos en cultivos hidropónicos y en arena, donde se evaluó el crecimiento y las deficiencias de plantas tratadas

con soluciones nutritivas completas frente a aquellas que carecían de un elemento específico, observándose síntomas visuales de deficiencia.

Burton y Cooper (2009) reconocieron un total de 16 elementos esenciales para el crecimiento normal de las plantas. De estos, tres se emplean en grandes cantidades: carbono, hidrógeno y oxígeno. Además, seis elementos son considerados nutrientes macronutrientes principales por su alta demanda: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Por otro lado, existen siete micronutrientes que las plantas requieren en cantidades muy pequeñas, pero que son indispensables para completar su ciclo vital; sin embargo, en concentraciones superiores a ciertos límites, pueden resultar tóxicos (Rubio et al., 1996, citado en Agosta, 2007). Entre estos micronutrientes se encuentran elementos como arsénico, boro, cobalto, cromo, cobre, molibdeno, manganeso, níquel, selenio y zinc, los cuales están presentes en diversos suelos debido a la composición de sus materiales originales. En el Círculo de Mulder, también conocido como Diagrama de Interacción de Minerales (Figura 1), se muestra cómo los minerales se relacionan entre sí, generando efectos sinérgicos o antagonistas que influyen en las respuestas típicas de las plantas. Por ejemplo, elevadas concentraciones de fósforo en el suelo o en los tejidos foliares pueden interferir con la absorción de cobre, zinc y hierro, debido a la competencia entre estos nutrientes. Por ello, las plantas necesitan cantidades adecuadas de estos minerales para mantener sus procesos metabólicos normales (Bioagrolat, 2012).



Fuente: BIOAGROLAT, 2012.

Figura 1. Interacción de los minerales en las plantas.

La Tabla 3 presenta un resumen de las interacciones sinérgicas y antagonistas entre los distintos elementos que componen una solución nutritiva, destacando cómo la disponibilidad de

cada nutriente puede influir en la absorción y utilización de otros. Como señala Bioagrolat (2012), estas relaciones de dependencia varían significativamente entre especies vegetales, en función de sus requerimientos nutricionales específicos y sus mecanismos fisiológicos de absorción.

Tabla 3. Antagonismo de los nutrientes más comunes en América Latina.

Mineral en exceso	Interacción negativa/deficiencia
N	Cu, Mo, B, K, S
P	N, Mg, Cu, Zn
K	N, Ca, Mg, Cu, s
Ca	K, Mg, B, Mo, S, Cu
Mg	Ca, K, B, Cu, S, P
Mn	Mo, Fe, S
Fe	Mn, Mo, B, P, S
Ze	Mn, Fe, P, Cu
Cu	Mn, K, P, Fe, Zn
Mo	Cu

Na: No es un nutriente, pero su presencia causa antagonismo con K, Mg, Ca
Al: Antagonismo con el P

Fuente: BIOAGROLAT, 2012.

2.6. Antecedentes teóricos

Según Reategui (2010), observó el efecto de los fertilizantes orgánicos en el crecimiento de *Colubrina glandulosa* P. (Shaina) durante la etapa de vivero y concluyó que utilizando un sustrato 3:2:1 (suelo:arena:bokashi) obtuvo los mayores incrementos en altura, diámetro de planta y materia seca, así como una mayor proporción de plantas vivas, alcanzó el 94,4 %.

Hidalgo (2016), en su estudio sobre el efecto del compost de residuos sólidos municipales y bocashi en plántulas de cacao, encontró que la combinación óptima para el crecimiento vegetativo (altura, diámetro y área foliar) y radicular se logró con un sustrato compuesto por 50 % de suelo y 50 % de materia orgánica a los 120 días de evaluación. Los resultados demostraron que esta proporción equilibrada mejoró significativamente la biomasa aérea y radical en comparación con sustratos con mayor contenido de suelo, sin diferencias marcadas entre el compost de residuos urbanos y el bocashi, lo que sugiere que la relación suelo-materia orgánica es más determinante que el tipo específico de enmienda utilizada.

En su investigación titulada "Efecto de tres fuentes de materia orgánica en la adquisición de plantones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) híbrido DELI x LA MÉ", Eugenio (2016) evaluó el impacto de diferentes fuentes y proporciones de materia orgánica

(estiércol de ave, estiércol de vacuno y tallos descompuestos de palma aceitera) en el desarrollo de plántulas, junto con un análisis de rentabilidad. Los resultados demostraron que el estiércol de vacuno promovió un mayor crecimiento en altura, mientras que los tallos de palma mostraron resultados comparables en diámetro del bulbo, número de hojas y materia seca. La proporción del 30 % de materia orgánica generó los mejores resultados agronómicos (altura, biomasa y número de hojas), superando significativamente al testigo (suelo franco arcilloso). Sin embargo, desde el punto de vista económico, las proporciones más bajas de materia orgánica (10 %) presentaron índices de rentabilidad similares al control, sin diferencias significativas entre los tratamientos (rango: 0,13 - 0,31), lo que sugiere un equilibrio entre eficiencia agronómica y viabilidad económica en el uso de enmiendas orgánicas para viveros de palma aceitera

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este estudio se realizó en el vivero de la Facultad de Agronomía ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco con coordenadas UTM 18 L, O: 0390560 m, N: 8970048 m. y una altitud de 664 m.s.n.m. Las temperaturas oscilaron entre una máxima de 29,4°C, una mínima de 19,2°C y una media de 23,9°C. La precipitación media anual es de 3 629,6 mm. Humedad relativa 84 %.

Los registros meteorológicos durante el experimento se obtuvieron de la estación meteorológica “José Abelardo Quiñones” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones meteorológicas de mayo 2015 – mayo 2016 durante la ejecución del experimento.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa %	Precipitación (mm)	Horas sol
	Máxima	Mínima	Media			
Mayo	29,9	20,6	25,2	85	296,2	151,0
Junio	30,2	20,1	25,1	84	127,1	187,7
Julio	30,1	19,7	24,8	84	173,1	192,3
Agosto	31,1	19,8	25,4	83	50,80	217,0
Setiembre	32,4	20,1	26,2	80	43,50	197,0
Octubre	31,7	20,6	26,1	81	147,9	173,6
Noviembre	31,3	21,3	26,3	82	235,3	156,4
Diciembre	30,3	21,1	25,7	83	404,9	150,6
Enero	31,7	21,5	26,6	82	475,5	169,6
Febrero	30,4	21,5	26,0	84	406,7	123,8
Marzo	30,5	21,2	25,7	85	373,3	127,7
Abril	31,2	21,0	26,1	83	151,1	166,8
Mayo	30,7	20,6	25,6	82	215,2	169,7

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones -Tingo María

En la Tabla 4, se observa que la temperatura fluctuó desde una mínima de 19,7°C en el mes de julio hasta una máxima de 32,4°C en el mes de setiembre del 2015. La mínima humedad relativa fue de 81 % en el mes de octubre del 2015 y las máximas con 85 % en el mes de mayo y marzo del año 2015 y 2016 respectivamente. Asimismo, la precipitación pluvial mínima fue de 43,5 mm en el mes de septiembre del 2015, y la máxima con 475,5 mm. en el mes de enero del 2016, todo con una precipitación total de 3100,6 mm. Y por último se marcó un mínimo 123,8 horas sol en el mes de agosto del 2015 y un máximo de 217 horas sol en el mes de febrero del 2016. Las cuales estuvieron dentro de un rango óptimo para el crecimiento de *G. mangostana* a nivel de vivero.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Suelo y abonos orgánicos

La Tabla 5 presenta el análisis químico del suelo empleado como sustrato en esta investigación. Los estudios se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de Selva al inicio del experimento. Se identificó un suelo con pH de 5,05, caracterizado como medianamente ácido y con una productividad moderada. Esto se debe a que tanto los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) como los micronutrientes (boro, cobre, zinc, hierro, molibdeno, entre otros) están disponibles en niveles moderados para el cultivo de *G. mangostana*. Además, el suelo tiene una saturación de aluminio del 4,94 %, acidez cambiabile del 8,31 % y bases cambiabiles del 91,69 %, condiciones que resultan relativamente favorables para este cultivo.

Tabla 5. Análisis de suelo al inicio del experimento.

Parámetro	Valor	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	43,68	Hidrómetro
Arcilla (%)	17,04	Hidrómetro
Limo (%)	39,28	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Triangulo textural
Análisis químico:		
pH (1:1) en agua	5,05	Potenciómetro
M. O. (%)	3,36	Walkey y Black
N - total (%)	0,15	% M.O. x 0,05
Fósforo disponible (ppm)	7,91	Olsen Modificado
K disponible (ppm)	139,94	Acetato de amonio 1N.pH7.0
Fe (ppm)	348,20	Absorción atómica
Mn (ppm)	29,09	Absorción atómica
Zn (ppm)	0,99	Absorción atómica
Cu (ppm)	2,92	Absorción atómica
Cambiabiles (Cmol(+)/kg):		
Ca cambiabile (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	9,84	Absorción atómica
Mg cambiabile (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	1,03	Absorción atómica
K cambiabile (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	0,00	Absorción atómica
Na cambiabile (Cmol ⁽⁺⁾ /kg)	0,00	Absorción atómica
Al (Cmol(+)/kg)	0,59	Método de Yuan
H (Cmol(+)/kg)	0,40	Método de Yuan
CICe (%)	11,85	Suma de cationes
Bases cambiabiles (%)	91,69	Suma de cationes
Acidez cambiabile (%)	8,31	Suma de aniones
Saturación de aluminio (%)	4,94	

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

En cuanto a la textura, se clasifica como franca, siendo óptima para el desarrollo de *G. mangostana*. El contenido de materia orgánica y nitrógeno es medio con 3,36 % de MO y 0,15 % de Nitrógeno. Con respecto al fósforo el contenido es medio con 7,91 ppm de P₂O₅, y contenido medio de potasio, por tener 139,94 ppm, de K₂O. Así mismo la capacidad de intercambio catiónico efectivo es medio, con valores de 11,85 Cmol/Kg de suelo.

Los análisis químicos en base seca de los abonos orgánicos utilizados como sustratos en esta investigación se realizaron al inicio en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de Selva y se presentan en la Tabla 6. En estos resultados se puede observar el contenido mineral de cada abono orgánico empleado durante el estudio. Según el análisis, los fertilizantes orgánicos contienen elevados niveles de macro y micronutrientes. Cabe destacar que la ceniza utilizada fue incorporada durante el proceso de enriquecimiento con dolomita y roca fosfórica.

Tabla 6. Análisis químico de los abonos orgánicos.

Parámetros	Compost agrícola	CRSMB
pH	8,00	8,83
Materia seca (%)	88,19	92,04
Humedad (%)	11,81	7,96
Ceniza en base seca (%)	85,09	73,98
M.O. en base seca (%)	14,91	26,02
N (%)	0,97	1,81
P (%)	0,05	0,13
Ca (%)	0,578	0,597
Mg (%)	0,025	0,092
K (%)	0,279	0,50
Na (%)	0,032	0,097
Fe (ppm)	4 258,07	7 155,30
Mn (ppm)	143,88	290,26
Zn (ppm)	58,01	176,00
Cu (ppm)	3,93	6,66
Cd (ppm)	1,66	0,65
Pb (ppm)	48,50	33,00

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

(CRSMB: Compost de residuos sólidos municipales biodegradables)

3.2.2. Microbiología de los abonos

En la Tabla 7 nos muestra el conteo comparativo de la carga microbiana del recuento de aerobios mesófilos viables, mohos-levaduras y actinomicetos del compost agrícola y el compost de residuos sólidos municipales biodegradables.

Tabla 7. Análisis microbiano.

Análisis microbiológico	Compost	CRSMB
Recuento de aerobios mesófilos viables	18×10^4	16×10^6
Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	21×10^2	94×10^3
Recuento de actinomicetos (UFC/g)	75×10^4	14×10^5

Fuente: Laboratorio de ecología y biotecnología "Marino Tabusso" de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
(UFC/g=Unidad formadora de colonias por gramo)

3.2.3. Componentes en estudio

A. Tipo de compost

a_1 = Compost agrícola.

a_2 = Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB).

B. proporciones

b_1 = 50 % de tierra y 50 % de compost (1:1)

b_2 = 66,6 % de tierra y 33,3 % de compost (2:1)

b_3 = 75 % de tierra y 25 % de compost (3:1)

b_4 = 80 % de tierra y 20 % de compost (4:1)

3.2.4. Tratamientos en estudio

En la Tabla 8, se presenta la descripción de los tratamientos en estudio.

Tabla 8. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Clave	Descripción	Peso (gr)
T ₁	a_1b_1	50 % de tierra y 50 % de compost agrícola	915/915
T ₂	a_1b_2	66,6 % de tierra y 33,3 % de compost agrícola	1 219/611
T ₃	a_1b_3	75 % de tierra y 25 % de compost agrícola	1 373/457
T ₄	a_1b_4	80 % de tierra y 20 % de compost agrícola	1 464/366
T ₅	a_2b_1	50 % de tierra y 50 % de compost de R. S. M. B	915/915
T ₆	a_2b_2	66,6 % de tierra y 33,3 % de compost de R. S. M. B	1 219/611
T ₇	a_2b_3	75 % de tierra y 25 % de compost de R. S. M. B	1 373/457
T ₈	a_2b_4	80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B	1 464/366
T ₉	Testigo	100 % de tierra (suelo franco)	1 830

R. S. M. B=Residuos sólidos municipales biodegradables.

3.2.5. Diseño experimental

En este ensayo se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA); con arreglo factorial de 2 x 4, más un testigo y 3 repeticiones para cada tratamiento y cada repetición con 6 unidades experimentales que fueron promediados. Las variables de interacción evaluadas para cada componente investigado se sometieron a análisis de varianza

y se determinó la significación estadística mediante la prueba de DUNCAN con una probabilidad de 0,05.

a. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la respuesta obtenida de la k-ésimo repetición a la cual se aplicó la j-ésima proporción de compost y con el i-ésimo tipo de compost

U = Es el efecto de la media general

α_i = Es el efecto del i-ésimo tipo de compost

B_j = Es el efecto de la j-ésima proporción de compost.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el i-ésimo tipo de compost con la j-ésima proporción de compost.

E_{ijk} = Efecto del error aleatorio asociado dicha observación Y_{ijk} .

Para:

i = 1,2 A Tipo de compost

j = 1, 2, 3, 4 B Proporción

b. Esquema del análisis de variancia

Tabla 9. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Tipo de compost	1
Proporción	3
Tipo de compost*Proporción	3
Tratamiento factoriales	7
Testigo vs factorial	1
Tratamientos	8
Error experimental	18
Total	26

3.2.6. Características del campo experimental

a. Dimensión del vivero:

Largo total	6,5 m
Ancho total	3,2 m
Área total	22,8 m ²
Largo de tratamiento	0,5 m

Ancho de tratamiento	0,4 m
Área de tratamiento	0,2 m ²

b. Parcelas:

Número de tratamientos	9
Número de repeticiones	3
Número de unidades/repetición	20
Número de plantas evaluadas/repetición	6
Número de plantas evaluadas/tratamiento	18
Número total de plantas evaluadas	162

3.2.7. Ejecución el experimento

3.2.7.1 Limpieza del área experimental

Previo al establecimiento del experimento, el terreno se limpió, niveló y cuadró manualmente con una pala y un machete.

3.2.7.2 Acondicionamiento del vivero

Para controlar y mantener una mejor humedad se utilizó una malla rashel de 80 % de sombra para el techado y para los alrededores una malla del 50 % de sombra.

3.2.7.3 Acondicionamiento del germinador

Se preparó un medio inerte de arena y cascarilla de arroz para mantener una buena humedad en una proporción 2:1 respectivamente, seguidamente se realizó una desinfección al sol. Para la sombra se cubrió con una malla rashel de 80 % de sombra.

3.2.7.4 Obtención de los frutos

Los frutos fueron recolectados a partir de 12 árboles en producción, registrados en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), con una frecuencia de recolección de cada 2 días, contando con un total de 517 frutos.

3.2.7.5 Extracción y limpieza de semillas

Se partieron los frutos, y se extrajeron 605 semillas de un total de 517 frutos. Seguidamente se realizó una limpieza cuidadosa del mucilago con arena húmeda.

3.2.7.6 Selección de las semillas

Se realizó un control de calidad de las semillas separando las más grandes y vigorosas para luego descartar las pequeñas y mal formadas.

3.2.7.7 Almacigado de semillas

Previo al almacigado las semillas fueron remojadas por 12 horas en el agua, para luego ser distribuidos uniformemente dentro del germinador.

3.2.7.8 Obtención de los sustratos

Se utilizó 3 sacos de 50 kilos de compost agrícola de la empresa M&F Orgánicos y 5 sacos de 30 kilos de compost de residuos sólidos municipales biodegradables, de la planta de tratamiento de la municipalidad de Tingo María ubicado a 2 kilómetros de la entrada de Mapresa, mientras que la tierra agrícola fue traída de los alrededores de las plantas madre de *G. mangostana* ubicadas en el BRUNAS UNAS.

3.2.7.9 Tratamiento de los sustratos

A todas las mezclas previas al embolsado se le aplicó microorganismos eficientes a una dosis de 2 L por mochila de 20 L., para así mantener la sanidad y equilibrio.

3.2.7.10 Llenado y colocación de las bolsas en el terreno

Según las proporciones de los tratamientos se llenó las bolsas, lo más uniforme posible y luego teniendo una distribución completamente al azar, fueron ubicadas en cada uno de los espacios correspondientes dentro del vivero.

3.2.7.11 Repique

Se realizó una selección por calidad, estructura y forma vertical de la raíz. En un estado de desarrollo de 2 hojas y con aproximadamente 4 cm de altura en promedio, seguidamente se realizó un riego pesado para evitar el estrés hídrico de las plántulas.

3.2.7.12 Limpieza y deshierbo

Se realizó un control manual utilizando azadón, lampa y machete, en periodos de cada 2 meses, pero siempre se tuvo en cuenta la agresividad y el % de infestación de las malezas.

3.2.7.13 Control de plagas

No se realizó ninguna aplicación química sino por el contrario solo fue un control manual debido a la poca presencia de pulgones y cochinillas en las hojas jóvenes, y por consiguiente no se produjo ningún daño económico.

3.2.8. Variables evaluadas

3.2.8.1 Altura de planta

Se realizaron doce evaluaciones cada 30 días, con 6 plantas evaluadas para cada tratamiento. Las medidas se tomaron con una regla metálica graduada en mm desde la altura del cuello hasta la punta de la última hoja.

3.2.8.2 Número de hojas

Se determinó el número de hojas de 6 plantas por cada tratamiento, a intervalos de 30 días, se contaron individualmente y por pares de hojas.

3.2.8.3 Diámetro del tallo de los plántones

Para determinar el diámetro del tronco, se utilizó un vernier digital al nivel de la cicatriz natural en el cuello del árbol. Esta labor también se realizó cada 30 días, para un total de 12 valoraciones sobre una muestra de 6 plantas en cada tratamiento.

3.2.8.4 Área foliar

Para evaluar esta variable se usó el método de la silueta, el cual consiste de la siguiente manera:

- 1° Se dibujó en unas hojas bon, las siluetas de todas las hojas en forma ordenada.
- 2° Luego, se cortó cuidadosamente, para posteriormente ser pesadas todas juntas.
- 3° Se cortó 100 cm² del mismo papel y se pesó. Mediante este valor se determinó el área foliar de las plantas de cada tratamiento en estudio.
- 4° La determinación de esta característica se realizó al finalizar el experimento (365 días después de la siembra) empleando las 6 plantas en estudio.

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = \frac{(\text{PSH} \times 100)}{\text{PMP}}$$

Dónde:

PSH: Peso de las siluetas de las hojas (gramos).

100: Área de las muestras de papel (10 cm x 10 cm).

PMP: Peso .de la muestra de papel de 100 cm² (gramos).

3.2.8.5 Compactación del suelo en las bolsas

Para el cálculo de la compactación del suelo se utilizó un penetrómetro digital, la evaluación se realizó en un día soleado con capacidad de campo.

Primero se limpió la superficie a evaluar. Luego muy suavemente se presionó verticalmente hacia la superficie del suelo. La lectura se realizó a los 5cm de profundidad y fue repetido 3 veces por tratamiento

3.2.8.6 Densidad aparente g/cc

- Método del cilindro metálico:

Se utilizó un cilindro de volumen conocido, con dos filos externos, y se incrustó en el sustrato para extraer una muestra de suelo al ras. La muestra extraída se transfirió a otro depósito y se hizo secar a la estufa por 24 horas y una vez fría fue pesado obteniendo así el

peso del suelo seco.

La densidad aparente se calculó mediante la aplicación de siguiente formula:

$$Da = \frac{PSS}{VC}$$

Dónde:

Da: Densidad aparente

PSS: Peso del suelo seco

VC: Volumen del cilindro

3.2.8.7 Humedad

Luego de extraer el suelo por el cilindro metálico, esta fue pesada y así se determinó el peso húmedo del suelo, seguidamente se hizo secar a la estufa a 105 °C por 24 horas y una vez fría fue pesado obteniendo así el peso del suelo seco. El porcentaje de humedad se calculó mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$\% H = \frac{PHs - PSs}{PSs} \times 100$$

Dónde:

PHs: Peso húmedo del suelo

PSs: Peso del suelo seco

% H: Porcentaje de humedad

3.2.8.8 Porosidad

El porcentaje de porosidad se calculó mediante la aplicación de la siguiente formula dónde:

$$\% P = \left[1 - \frac{Da}{Dr (2,65 \text{ g})} \right] \times 100$$

% P: Porcentaje de porosidad

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

Denominación	Tamaño (mm)	Función
Poros grandes (gruesos)	1 000-60	Aireación e infiltración
Poros medios	60-10	Conducción del agua

Poros pequeños (finos)	10-0,2	Almacenamiento agua útil Sup
Higroscópica (m. finos)	<0,2	Retención agua higroscópica

3.2.8.9 Análisis de rentabilidad

La evaluación de la rentabilidad de los distintos tratamientos analizados se llevó a cabo utilizando el método de “análisis comparativo de ingresos y costos de producción”. El índice de rentabilidad de cada tratamiento fue calculado empleando la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Costo de producción}}$$

El ingreso bruto para cada tratamiento se calculó multiplicando la cantidad de plántones producidos por hectárea (204 plántones de *G. mangostana*) por el precio correspondiente a cada tamaño de plántón (Tamaño 1 = 12,0 S/.; Tamaño 2 = 10,0 S/.; Tamaño 3 = 8,00 S/.; Tamaño 4 = 5,00 S/.). Por otro lado, los costos de producción se estimaron proyectándolos también a escala de una hectárea.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características del suelo

Según la prueba F para análisis de varianza (Tabla 18), a los 365 días después de la siembra, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas para la compactación del suelo en todas las fuentes de variación, mientras que en la densidad aparente y porcentaje de porosidad se encontró diferencias estadísticas altamente significativas, tal solo para los tipos de compost, testigo vs factorial y entre los tratamientos en estudio, sin embargo, para el porcentaje de humedad solamente se encontraron diferencias significativas entre los tipos de compost, es decir que para la proporción, tipo de compost*proporción, tratamientos factoriales, testigo vs factorial, y entre los tratamientos en estudio resultaron ser no significativos o tuvieron un comportamiento similar.

Con respecto a los coeficientes de variabilidad estos fueron de 12,03, 5,14, 17,04 y 2,59 % para la compactación del suelo, densidad aparente, porcentaje de humedad y porcentaje de porosidad respectivamente, indicando que hubo una muy buena homogeneidad, excelente homogeneidad, buena homogeneidad y excelente homogeneidad de variancia respectivamente de los datos obtenidos.

En la Tabla 10, se muestra la prueba de significación de Duncan para la compactación del suelo, densidad aparente, porcentaje de humedad y porcentaje de porosidad, se observa que existe significación estadística en los cuatro parámetros evaluados; por lo tanto para la compactación del suelo el que ocupó el primer lugar fue el tratamiento T₉ (100 % tierra) con 1,69 kg/cm² seguido del tratamiento T₈ (80 % tierra y 20 % CRSMB.) con 1,36 kg/cm², para la densidad aparente el que ocupó el primer lugar fue el tratamiento T₃ (75 % tierra y 25 % compost agrícola) con 0,96 g/cm³ seguido del tratamiento T₄ (80 % tierra y 20 % compost agrícola) con 0,95 g/cm³, para el porcentaje de humedad los que ocuparon el primer lugar fueron el tratamiento T₇ (75 % tierra y 25 % CRSMB) y T₅ (50 % tierra y 50 % CRSMB) con 49,11 y 48,97 % respectivamente seguido por el tratamiento por T₈ (80 % tierra y 20 % CRSMB) con 44,56 % y para el porcentaje de porosidad el que ocupó el primer lugar fue el tratamiento T₆ (66,6 % tierra y 33,3 % CRSMB) con 69,34 %, seguido por el tratamiento T₅ (50 % tierra y 50 % CRSMB.) con 68,61 % (Figura 2).

En cuanto a la compactación, se debe a que el tratamiento testigo T₉ (100 % tierra), no se incorporó materia orgánica (compost), ya que debido a la incorporación de ésta fuente permite que un incremento de la porosidad y volumen, por lo tanto disminuye la densidad aparente, asimismo a mayor aplicación de materia orgánica (compost) se incrementa la velocidad de infiltración por la modificación de sus agregados; además para la FAO (1991) la

consistencia del suelo, es la dureza con que se unen los materiales que lo conforman o la resistencia del suelo a la deformación y rotura.

El tratamiento T₃ (75 % tierra y 25 % compost agrícola) obtuvo el valor más bajo de densidad aparente, ubicándose en primer lugar. Esto se atribuye al contenido y cantidad de compost incorporado, ya que la adición de materia orgánica al suelo disminuye la densidad y la compactación al modificar la distribución del tamaño de las partículas del suelo. De esta manera, un mayor contenido de agregados genera un aumento en los macroporos, lo que incrementa el volumen total del suelo y, como consecuencia, reduce la densidad aparente (Carter, 2002), además a medida que se incrementa la densidad, el crecimiento y desarrollo de raíces disminuye debido al menor espacio poroso, que impide el normal desarrollo de la planta. No obstante la materia orgánica, la textura y hasta el manejo del suelo puede modificar la densidad del suelo (Quiroga y Bono, 2012). Por otro lado, la densidad aparente aumenta de estructura migajosa o granular a prismática, columnar, laminar o masiva, porque en este sentido disminuye el volumen ocupado por la fase porosa; sin embargo, la compactación disminuye el volumen de poros, incrementando, por tanto, el peso por unidad de volumen (Thompson y Troeh, 2002). Características como textura y contenido de materia orgánica hace que la densidad aparente varíe. Especialmente en suelos que contienen arcilla expandida, la variación se puede dar por temporadas esto debido a la labranza y la humedad del suelo. (Taboada y Alvarez, 2008).

Para el porcentaje de humedad el tratamiento T₇ (75 % tierra y 25 % CRSMB) y T₅ (50 % tierra y 50 % CRSMB) quedaron en primer lugar, se debe por efecto a materia orgánica (compost de residuos orgánicos municipales), es decir al incorporar a la tierra o suelo disminuye la humedad porque se incrementa la porosidad y disminuye la densidad. La determinación de contenido medio de humedad del suelo ha sido un tema de mucho interés en diversos campos de la ciencia. No obstante la técnica de TDR y muchos han métodos desarrollados con este propósito (Zanetti, et al. 2015), Sin embargo, esta técnica tiene algunos inconvenientes de evaluación en suelos orgánicos, volcánicos y de grano fino. Por lo tanto, se requiere calibración para optimizar la precisión de las estimaciones del contenido de agua para estos medios. Por lo tanto, es muy importante conocer la magnitud de la variación en la estimación gravimétrica estándar en relación con la estimación TDR del sensor. (Zhao et al., 2016).

Para el porcentaje de porosidad el que ocupó el primer lugar fue el tratamiento T₆ (66,6 % tierra y 33,3 % CRSMB), se debe la cantidad de materia orgánica (compost) incorporado al suelo o tierra, es decir a mayor aplicación de materia orgánica mayor

porosidad; por lo tanto los suelos coloidales son los que tiene mayor porosidad; además Horowitz y Walling (2005) señalan que la porosidad de la capa superficial del suelo influye significativamente en los procesos de infiltración y escorrentía del agua, afectando directamente la erosión hídrica y el movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Asimismo, la porosidad sirve como un indicador clave de la capacidad del suelo para retener agua. Por otra parte, Tuller y Or (2002) y Kutílek (2004) destacan que la presencia de macroporos está condicionada por la cobertura vegetal y las condiciones climáticas.

Tabla 10. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), de los tratamientos para las características del suelo.

Compactación (Kg/cm ²)			Densidad (gr/m ³)			% de humedad			% de porosidad		
Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.
T ₉	1,69	a	T ₃	0,96	a	T ₇	49,11	a	T ₆	69,34	a
T ₈	1,36	b	T ₄	0,95	a	T ₅	48,97	a	T ₅	68,61	a b
T ₆	1,33	b c	T ₂	0,94	a b	T ₈	44,56	a b	T ₇	67,68	a b c
T ₂	1,31	b c	T ₉	0,91	a b c	T ₆	43,61	a b	T ₁	66,79	a b c d
T ₅	1,26	b c	T ₈	0,90	a b c d	T ₁	43,06	a b	T ₈	66,07	b c d
T ₃	1,22	b c	T ₁	0,88	a b c d	T ₂	40,44	a b	T ₉	65,71	b c d
T ₄	1,10	b c	T ₇	0,86	b c d	T ₉	39,63	a b	T ₂	64,51	c d
T ₇	1,06	c	T ₅	0,83	c d	T ₄	37,10	a b	T ₄	64,13	d
T ₁	0,56	d	T ₆	0,81	d	T ₃	33,57	b	T ₃	63,78	d

Las letras a-d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

T₁ 50 % tierra y 50 % compost

T₄ 80 % tierra y 20 % compost

T₇ 75 % tierra y 25 % CRSMB.

T₂ 66,6 % tierra y 33,3 % compost

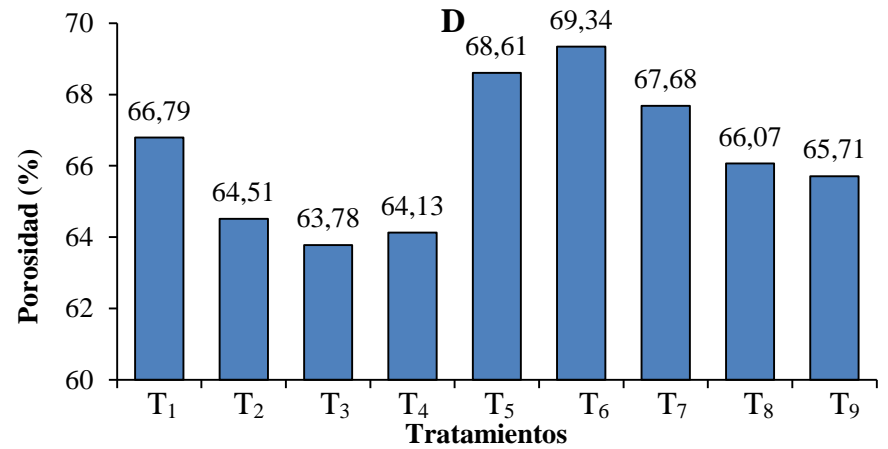
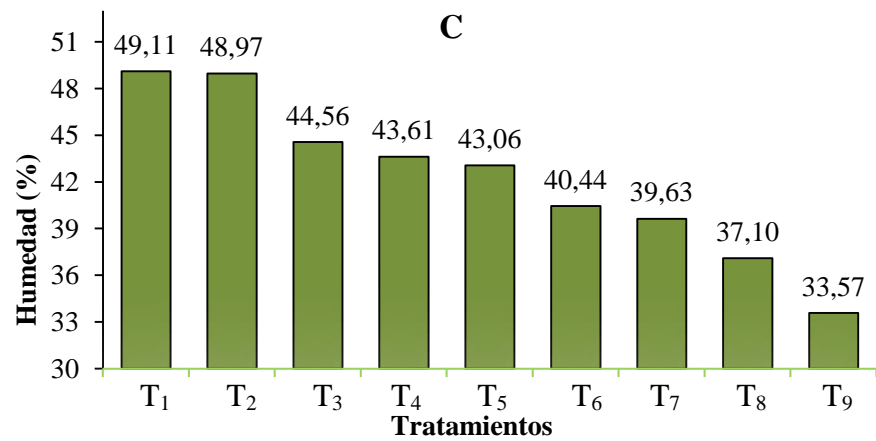
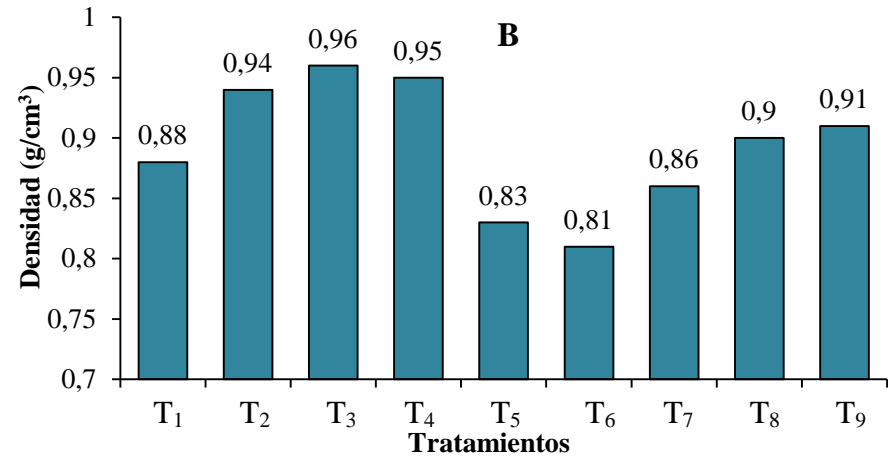
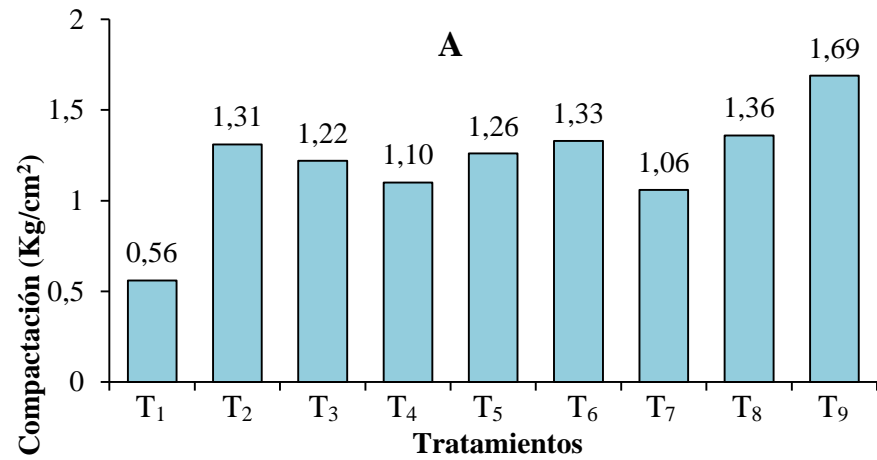
T₅ 50 % tierra y 50 % CRSMB.

T₈ 80 % tierra y 20 % CRSMB.

T₃ 75 % tierra y 25 % compost

T₆ 66,6 % tierra y 33,3 % CRSMB.

T₉ 100 % tierra



T₁ 50% tierra y 50% compost

T₂ 66,6% tierra y 33,3% compost

T₃ 75% tierra y 25% compost

T₄ 80% tierra y 20% compost

T₅ 50% tierra y 50% CRSMB.

T₆ 66,6% tierra y 33,3% CRSMB.

T₇ 75% tierra y 25% CRSMB.

T₈ 80% tierra y 20% CRSMB.

T₉ 100% tierra

Figura 2. Comparativo de tratamientos en cuatro características de suelo.

En la Tabla 11, y Figura 3 se muestra la prueba de significación de Duncan donde se observa que las proporciones para la densidad aparente solo fueron diferentes estadísticamente entre las proporciones b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost) 0,86 % y el b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost) 0,92 % donde se marcó el mínima y máximo valor respectivamente. En cambio, para el porcentaje de porosidad resulto ser lo contrario donde b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost) tuvo el mayor porcentaje de porosidad de 67,7 % en cambio b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost) tuvo el menor porcentaje de porosidad de 65,1 %. Todo esto corrobora a lo mencionado por Quiroga y Bono, (2012) “A medida que se incrementa la densidad, el crecimiento y desarrollo de raíces disminuye debido al menor espacio poroso, que impide el normal desarrollo de la planta. No obstante, la materia orgánica, la textura y hasta el manejo del suelo puede modificar la densidad del suelo”

Para la compactación de suelo la proporción b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost) tuvo una menor compactación de suelo de tan solo 0,91 kg/cm² y la que tuvo la mayor compactación de suelo fue la proporción b_2 (66,6 % de tierra y 33,3 % de compost) esto es debido a que la proporción b_1 utilizo una mayor cantidad de compost. Y por consiguiente modifiko en gran manera la textura.

Las proporciones para el porcentaje de humedad, todas resultaron ser estadísticamente similares resultando así que a la humedad no interviene necesariamente en la compactación del suelo, densidad aparente y porcentaje de porosidad contrario a lo que menciona Taboada y Álvarez (2008), Características como textura y contenido de materia orgánica hace que la densidad aparente varíe. Especialmente en suelos que contienen arcilla expandida, la variación se puede dar por temporadas esto debido a la labranza y la humedad del suelo.

También podemos analizar que el tipo de compost a_1 (Compost agrícola) resulto con una menor compactación de suelo, densidad aparente, porcentaje de humedad, y porcentaje de porosidad de 1,05 kg/cm², 0,85 g/cm³, 39 % y 64,8 % respectivamente. Muy diferente estadísticamente al tipo de compost a_2 (Compost de residuos sólidos municipales biodegradables) con una mayor compactación de suelo, densidad aparente, porcentaje de humedad, y porcentaje de porosidad de 1,25 kg/cm², 0,93 g/cm³, 47 % y 67,92 % respectivamente. Pero para obtener un compost no debería de variar mucho, en las características físicas como lo menciona Soto (2003), El compostaje es la transformación de la materia orgánica en humus por medio de un proceso biológico donde actúan los microorganismos y se aseguran las condiciones necesarias (en particular temperatura, relación C/N, aireación y humedad) para la fermentación de estos materiales.

Tabla 11. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para proporciones y tipo de compost en las características del suelo.

Componentes	Compactación (Kg/cm ²)			Densidad (gr/m ³)			% de humedad			% de porosidad		
	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.
Proporción	b ₁	0,91	a	b ₁	0,86	a	b ₄	41	a	b ₄	65,1	a
	b ₃	1,14	b	b ₂	0,88	a b	b ₃	41	a	b ₃	65,73	a b
	b ₄	1,23	b c	b ₃	0,91	a b	b ₂	43	a	b ₂	66,92	a b
	b ₂	1,32	c	b ₄	0,92	b	b ₁	46	a	b ₁	67,7	b
Tipo de compost	a ₁	1,05	a	a ₁	0,85	a	a ₁	39	a	a ₁	64,8	a
	a ₂	1,25	b	a ₂	0,93	b	a ₂	47	b	a ₂	67,92	b

Las letras a-d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

A. Tipo de compost

a₁ = Compost agrícola.

a₂ = Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB).

B. proporciones

b₁= 50 % de tierra y 50 % de compost (1:1)

b₂= 66,6 % de tierra y 33,3 % de compost (2:1)

b₃= 75 % de tierra y 25 % de compost (3:1)

b₄= 80 % de tierra y 20 % de compost (4:1)

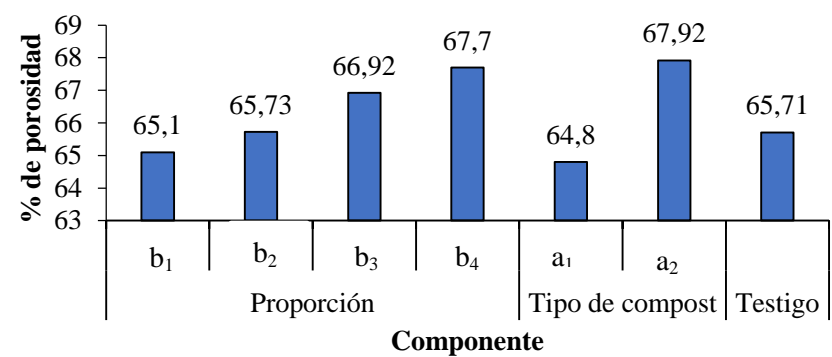
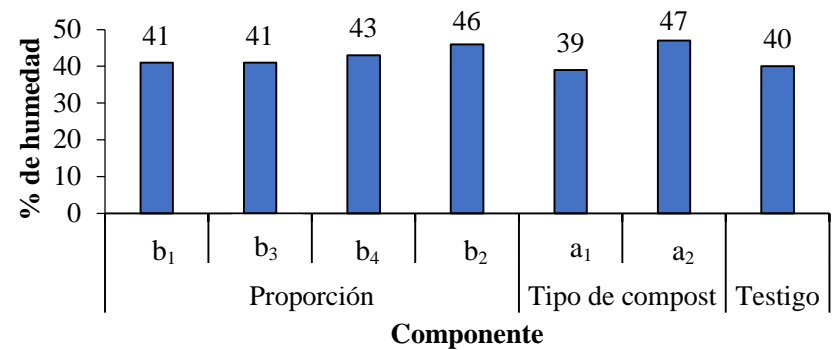
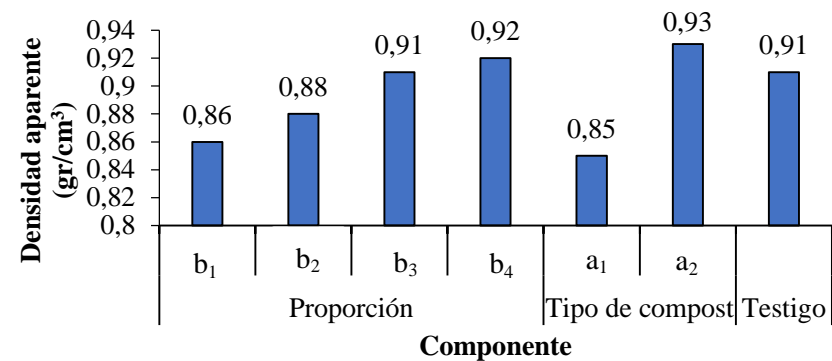
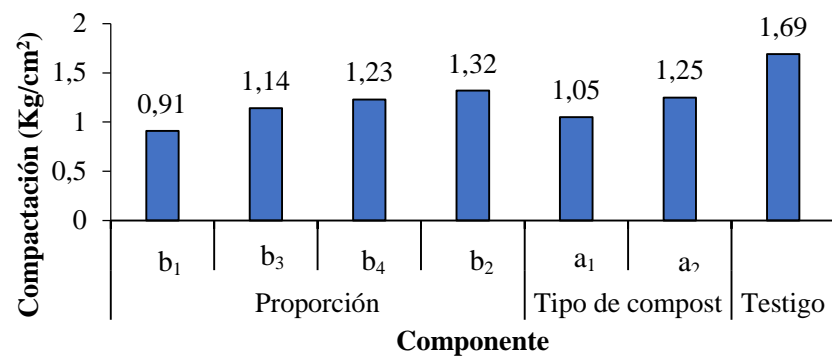


Figura 3. Comparación entre las proporciones de compost y los tipos de compost para las características del suelo.

Según la Tabla 19 del análisis de variancia para los efectos simples y Tabla 12 comparación de Duncan ($\alpha=0,05$), para los efectos principales (A y B) en las características de suelo, Se pudo observar que la compactación del suelo para A en b_1 y B en a_1 tuvieron alta significaciones estadísticas. Pero la mayor compactación se pudo obtener específicamente para a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B) de $1,35 \text{ kg/cm}^2$ pero no significativo al resto de interacciones.

Para el caso de la densidad solo hubo diferencia altamente significativa para las fuentes de variación de A en b_1 y A en b_2 para ambos análisis. Pero la mayor densidad lo tuvo a_1b_3 y a_1b_2 de $0,96 \text{ g/cm}^3$ para ambos casos y la que tuvo la menor densidad fue la interacción a_1b_2 y a_2b_3 de tan solo $0,81 \text{ g/cm}^3$, pero no significativo al resto de interacciones.

Tabla 12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para los efectos principales (A y B) en las características de suelo.

Compactación (Kg/cm^2)			Densidad (gr/m^3)			% de humedad			% de porosidad		
Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.
a_2b_1	1,26	a	a_1b_1	0,88	a	a_2b_1	49	a	a_2b_1	68,61	a
a_1b_1	0,55	b	a_2b_1	0,83	b	a_1b_1	43	a	a_1b_1	66,79	b
a_2b_2	1,33	a	a_1b_2	0,94	a	a_2b_2	46	a	a_2b_2	69,34	a
a_1b_2	1,31	a	a_2b_2	0,81	b	a_1b_2	41	a	a_1b_2	64,51	b
a_1b_3	1,22	a	a_1b_3	0,96	a	a_2b_3	49	a	a_2b_3	67,68	a
a_2b_3	1,05	a	a_2b_3	0,86	a	a_1b_3	34	b	a_1b_3	63,78	a
a_2b_4	1,35	a	a_1b_4	0,95	a	a_2b_4	44	a	a_2b_4	66,07	a
a_1b_4	1,1	a	a_2b_4	0,9	a	a_1b_4	37	a	a_1b_4	64,13	a
a_1b_2	1,31	a	a_1b_3	0,96	a	a_1b_1	43	a	a_1b_1	66,79	a
a_1b_3	1,22	a	a_1b_4	0,95	a	a_1b_2	41	a	a_1b_2	64,51	a
a_1b_4	1,1	b	a_1b_2	0,94	a	a_1b_4	37	a	a_1b_4	64,13	a
a_1b_1	0,55	c	a_1b_1	0,88	a	a_1b_3	34	a	a_1b_3	63,78	a
a_2b_4	1,35	a	a_2b_4	0,9	a	a_2b_1	49	a	a_2b_2	69,34	a
a_2b_2	1,33	a	a_2b_3	0,86	a	a_2b_3	49	a	a_2b_1	68,61	a
a_2b_1	1,26	a	a_2b_1	0,83	a	a_2b_2	46	a	a_2b_3	67,68	a
a_2b_3	1,05	a	a_2b_2	0,81	a	a_2b_4	44	a	a_2b_4	66,07	a

Las letras a-b, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

$a_1b_1=50$ % de tierra y 50 % de compost agrícola
 $a_1b_2=66.6$ % de tierra y 33.3 % de compost agrícola
 $a_1b_3=75$ % de tierra y 25 % de compost agrícola
 $a_1b_4=80$ % de tierra y 20 % de compost agrícola

$a_2b_1=50$ % de tierra y 50 % de compost de R. S. M. B
 $a_2b_2=66.6$ % de tierra y 33.3 % de compost de R. S. M. B
 $a_2b_3=75$ % de tierra y 25 % de compost de R. S. M. B
 $a_2b_4=80$ % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B

Para el porcentaje de humedad solo se tuvo diferencias significativas para A en b_3 en cambio para el resto de las interacciones todas resultaron ser no significativos para ambos análisis. Pero la que tuvo el mayor porcentaje de humedad fueron las interacciones

a_2b_1 , a_1b_3 , a_2b_4 y a_2b_2 de un 49 % en promedio y al que tuvo el menor porcentaje de humedad fue la interacción a_1b_3 de tan solo 34 % de humedad.

Para la última característica de suelo como es el porcentaje de porosidad se puede observar que existe alta significación estadística para A en b_2 para ambos análisis en las cuales la interacción que tuvo el mayor porcentaje de humedad fue la interacción a_2b_2 con 69,34 % y la menor interacción fue a_1b_3 con 63,78 %.

4.2. Características biométricas

Según la prueba F del análisis de varianza (Tabla 20), a los 365 días después de la siembra, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tipos de compost, las proporciones, los tratamientos factoriales, así como entre el testigo y el factorial, y entre todos los tratamientos evaluados. Esto indica que al menos un tipo de compost, una proporción, un tratamiento factorial o el testigo tuvo un efecto distinto en las variables altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar.

En cuanto a los coeficientes de variabilidad, se registraron valores de 9,16 %, 12,56 %, 8,32 % y 8,09 % para la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar, respectivamente, lo que evidencia una excelente y muy buena homogeneidad de la varianza en los resultados experimentales.

En la Tabla 13, se las comparaciones de Duncan para la altura de plantas, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar, se observa que existe significación estadística en los cuatro parámetros evaluados; es decir, el que ocupó el primer lugar fue el tratamientos T_9 (100 % tierra) con 23,43 cm de altura, 14,11 hojas, 5,85 mm de diámetro y 397,42 cm² de área foliar respectivamente, seguido del tratamiento T_8 (80 % tierra y 20 % Compost Residuos Sólidos Municipales biodegradables) con 14,82 cm de altura, 12,56 hojas, 5,18 mm de diámetro y 232,81 cm² de área foliar y finalmente el que ocupó el último lugar fue el tratamiento T_1 (50 % tierra y 50 % compost) para la altura de planta, diámetro de tallo y área foliar con 8,13 cm, 6,00 hojas y 45,68 cm² respectivamente, sin embargo el que ocupó el último para el diámetro de tallo fue el tratamiento T_5 (50 % tierra y 50 % Compost Residuos Sólidos Municipales biodegradables) con 3,85 cm (Figura 4); para el testigo, posiblemente existieron restos de plantas en el sustrato, que a su vez éstos aportan gran cantidad de compuestos fosforados como la finita, lecitina, cefolina, nucleoproteínas, etc, es decir que con el tiempo fueron descompuestos; por lo tanto el tratamiento testigo tuvo los elementos o minerales en cantidades adecuadas para el crecimiento necesario de los plantones de *G. mangostana* especialmente el fósforo (Tabla 5) El fósforo interviene en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de carbohidratos,

por lo que (Tabla 5) es un macro elemento fundamental para el crecimiento de las plantas, no obstante el aporte de materia orgánica y potasio también contribuyeron al mejor desarrollo de los platones de *G. mangostana* (Figura 12).

Del tratamiento T₈ (80 % tierra y 20 % Compost Residuos Sólidos Municipales Biodegradables), esta proporción de 4:1, de 80 % de tierra con 20 % de CRSMB, (Tabla 13) se observa que a mayor cantidad de tierra mejores fueron los resultados tanto para la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y área foliar; sin embargo es contraproducente con el tratamiento testigo que solo con tierra agrícola tuvo mejores resultados, lo que podría atribuirse al antagonismo que hubo entre los nutrientes surgido de las interacciones entre iones con propiedades fisicoquímicas similares, como la valencia y el diámetro iónico, Es decir, la asimilación excesiva de un elemento disminuye la absorción de otro, impidiendo el crecimiento y desarrollo adecuado de las plántulas de *G. mangostana* (Figura 1).

Cakmak (2015) señala que la relación entre potasio y nitrógeno se basa en un antagonismo, donde el potasio en cantidades óptimas mejora la absorción y transporte del nitrógeno, especialmente en forma de nitratos en las raíces. Estudios han demostrado que, cuando los niveles de potasio son adecuados, el cultivo responde favorablemente a incrementos en las aportaciones de nitrógeno. Esta sinergia se fundamenta en que el potasio facilita el transporte interno del nitrógeno dentro de la planta. En contraste, la deficiencia de potasio genera una alta concentración de nitratos y aminoácidos solubles en las raíces, lo que induce a la planta a reducir la absorción adicional de nitratos, deteniendo así la biosíntesis proteica. Esta situación provoca una serie de trastornos fisiológicos (ver Figura 26, Anexo) que afectan el metabolismo vegetal y conducen a una reducción del crecimiento. También se ha observado que las plantas responden muy bien a mayores aportes de nitrógeno cuando los niveles de potasio son suficientes, esto se basa en que el potasio mejora el transporte de nitrógeno en las plantas, ya que la deficiencia de potasio conlleva a la acumulación de nitratos y aminoácidos en las raíces, por lo que las plantas deciden no absorber nitratos (Fig. 26, Apéndice). Conllevando a la disminución del metabolismo y el crecimiento. Por lo tanto, por cada ion de nitrato se tenga uno de potasio para poder mantener un adecuado nivel de eficiencia en la absorción de ambos elementos. Sin embargo, niveles excesivos de potasio (Figura 12) afectan negativamente el desarrollo, crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Otro de los motivos tal vez más trascendentales sería que el tratamiento 9 (100 % tierra) tuvo un pH ácido desde el inicio hasta el final del experimento (Figura 11) muy favorable para una mínima absorción de nutrientes en sus inicios de crecimiento del *G. mangostana*, mientras que el resto de tratamiento los pH se mantuvieron de neutro a alcalino

(Tabla 25), en cierta manera perjudicial para *G. mangostana* por observarse un efecto tóxico (Figura 26) lo que tal vez no sucedería en otros cultivos. Esto lo confirma Conafrut (1999), donde nos dice que, en suelos de reacción alcalina, *G. mangostana* tiene un desarrollo lento o muere prematuramente. El pH adecuado para *G. mangostana* está en el rango de 5,5 a 7,0. Así mismo. Navarro y Navarro (2000), afirman que las plantas difieren en su capacidad de absorción. Diferentes plantas que crecen en el mismo suelo pueden tener disponibilidad de nutrientes cualitativa y cuantitativamente diferentes. Incluso las variedades de la misma especie no se comportan de la misma manera.

Tabla 13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), entre tratamientos para las características biométricas.

Altura de planta (cm)			Número de hojas			Diámetro de tallo (mm)			Área foliar (cm ²)		
Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.	Trat.	\bar{X}	Sig.
T ₉	23,43	a	T ₉	14,11	a	T ₉	5,85	a	T ₉	397,42	a
T ₈	14,82	b	T ₈	12,56	a b	T ₈	5,18	b	T ₈	232,81	b
T ₆	12,96	b c	T ₆	11,67	b c	T ₇	4,85	b c	T ₇	159,91	c
T ₇	12,53	c d	T ₇	11,67	b c	T ₆	4,53	b c d	T ₃	154,39	c
T ₃	11,98	c d e	T ₃	11,00	b c d	T ₃	4,42	c d	T ₄	117,33	d
T ₂	10,76	d e f	T ₄	9,67	c d e	T ₄	4,39	c d	T ₆	94,07	e
T ₄	10,17	e f g	T ₂	8,89	d e	T ₂	4,10	d	T ₂	73,65	e f
T ₅	9,19	f g	T ₅	7,67	e f	T ₁	3,97	d	T ₅	58,60	f g
T ₁	8,13	g	T ₁	6,00	f	T ₅	3,85	d	T ₁	45,68	g

Las letras a-g, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

T₁ 50 % tierra y 50 % compost

T₄ 80 % tierra y 20 % compost

T₇ 75 % tierra y 25 % CRSM.

T₂ 66,6 % tierra y 33,3 % compost

T₅ 50 % tierra y 50 % CRSM.

T₈ 80 % tierra y 20 % CRSM.

T₃ 75 % tierra y 25 % compost

T₆ 66,6 % tierra y 33,3 % CRSM.

T₉ 100 % tierra

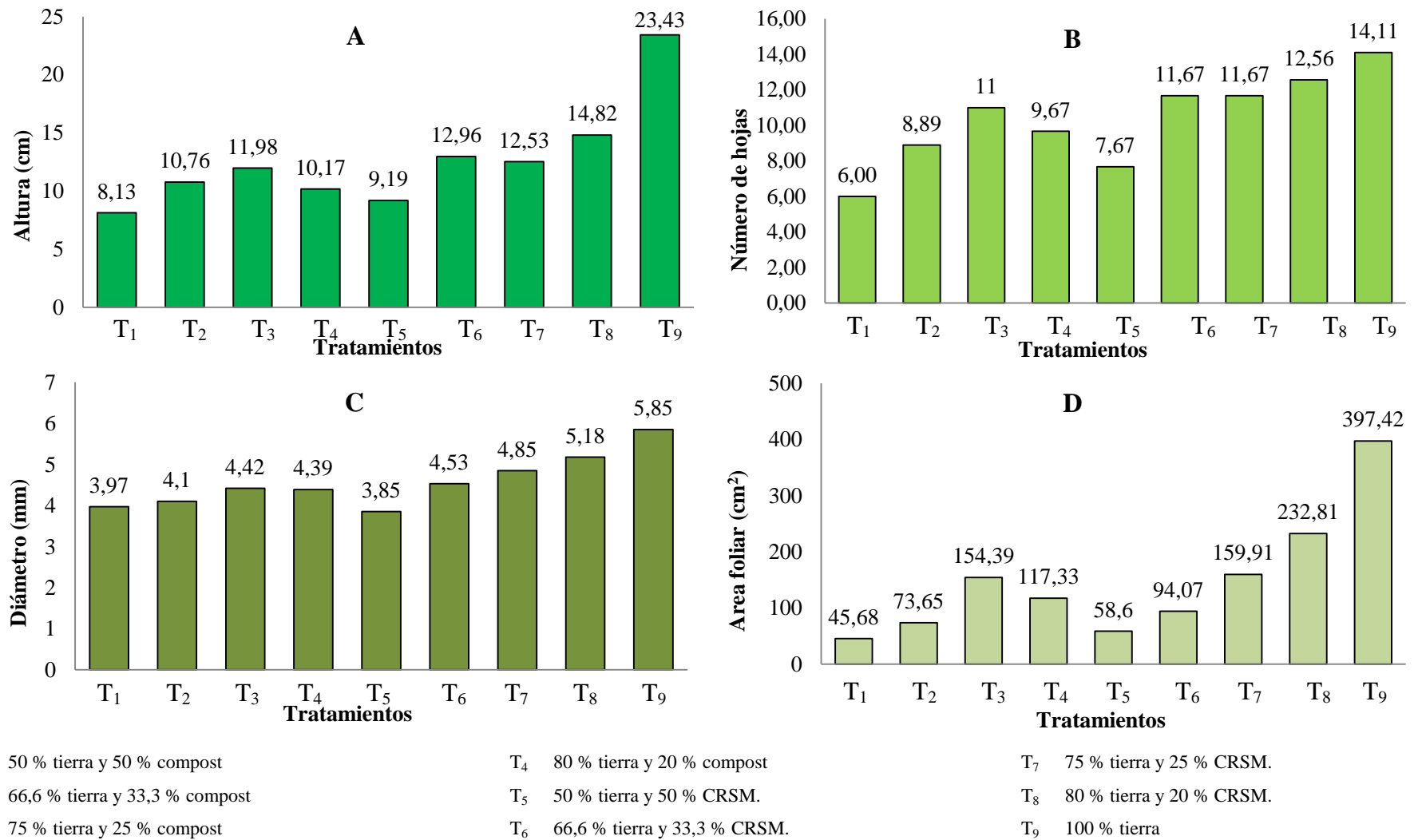


Figura 4. Comparativo de tratamientos en cuatro características biométricas.

En la Tabla 14, y Figura 5 se presenta la comparación de Duncan donde se observa que, para las 4 características biométricas, la proporción b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost) resultó ser la mejor con 8,66 cm, 6,83 unidades, 3,91 mm y 52,14 cm² respectivamente, tres de ellos fueron estadísticamente significativa mientras que únicamente para el diámetro de planta se mostró como no significativo. También podemos decir que para la proporción b_3 (75 % de tierra y 25 % de compost) resultó ser la mejor con 11,33 unidades, en cambio para el resto las características biométricas como son altura de planta, diámetro y área foliar la proporción b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost) fue la que mejor efecto tuvo para el crecimiento de los plántones de *G. mangostana* con 12,5cm y 4,79 unidades y 175,07cm² respectivamente, las dos primeras con ninguna significación estadística.

La proporción b_4 pudo haber sido mejor debido a que se utilizó la menor cantidad de compost nutritivo (Tabla 6) y una mayor proporción de tierra agrícola. que resultaría más beneficioso para el crecimiento y desarrollo de los plántones de *G. mangostana* debido a una menor cantidad de nutrientes esto lo confirma Bryan y Morales (2010), donde menciona que durante los primeros seis meses después de la germinación, las plántulas dependen en gran medida de la semilla de reservas y hacen poco uso de fertilizantes del suelo, por lo tanto, las plántulas no toleran concentraciones de sales o fertilizantes en el suelo, y responden mejor a las bajas tasas de fertilizantes o para liberar lentamente fertilizantes orgánicos.

Para el tipo de compost, el que mayor efecto tuvo para las 4 características biométricas, fue el compost a_2 (CRSMB) Muy diferente estadísticamente al tipo de compost a_1 (Compost agrícola.) con valores de 12,38 cm, 10,89 unidades, 4,6mm y 136,34 cm² respectivamente. Posiblemente a que el compost a_2 (CRSMB) resultó ser superior nutricionalmente al compost a_1 (Compost agrícola) (Tabla 6), pero según el análisis microbiológico ambos resultaron ser no significativos (Tabla 7).

Tabla 14. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), de las proporciones y tipo de compost en las características biométricas.

Componentes en estudio	Altura de planta (cm)			N° de hojas			Diámetro (mm)			Área foliar (cm ²)		
	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.
Proporción	b ₁	8,66	a	b ₁	6,83	a	b ₁	3,91	a	b ₁	52,14	a
	b ₂	11,86	b	b ₂	10,28	b	b ₂	4,31	a b	b ₂	83,86	b
	b ₃	12,26	b	b ₄	11,11	b	b ₃	4,64	b	b ₃	157,15	c
	b ₄	12,5	b	b ₃	11,33	b	b ₄	4,79	b	b ₄	175,07	d
Tipo de compost	a ₁	10,26	a	a ₁	8,89	a	a ₁	4,22	a	a ₁	97,76	a
	a ₂	12,38	b	a ₂	10,89	b	a ₂	4,6	b	a ₂	136,34	b

Las letras a-b, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

A. Tipo de compost

a₁ = Compost agrícola.

a₂ = Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB).

B. proporciones

b₁ = 50 % de tierra y 50 % de compost (1:1)

b₂ = 66.6 % de tierra y 33.3 % de compost (2:1)

b₃ = 75 % de tierra y 25 % de compost (3:1)

b₄ = 80 % de tierra y 20 % de compost (4:1)

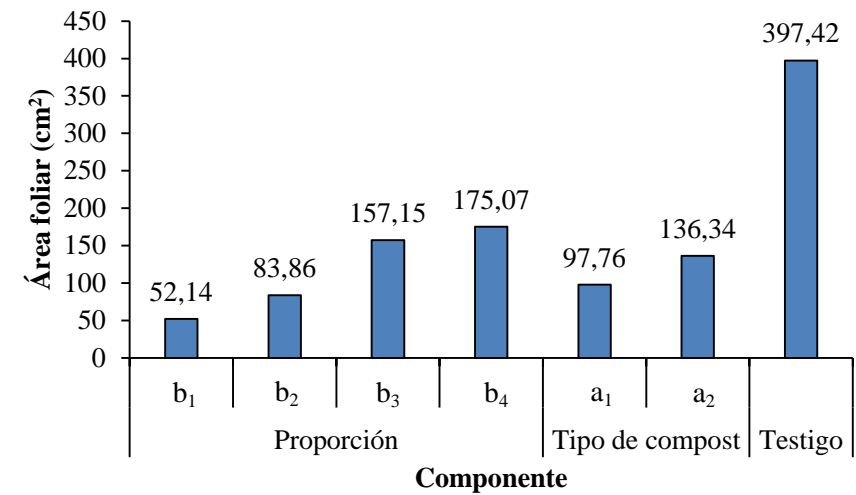
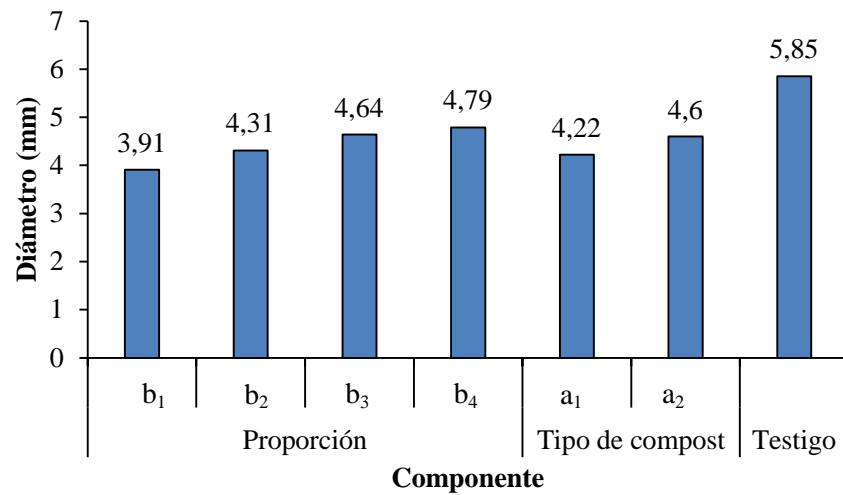
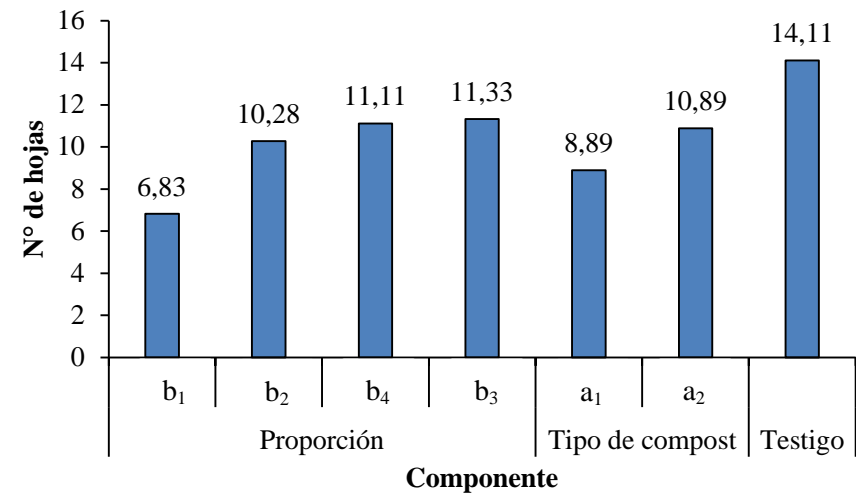
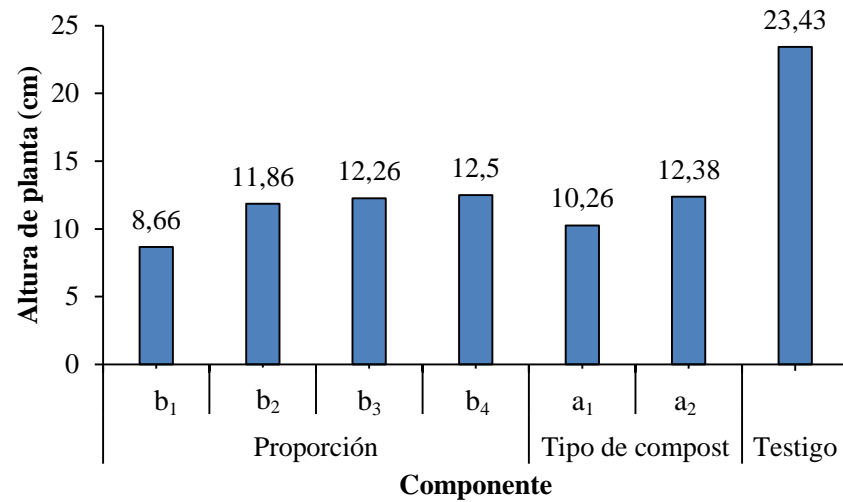


Figura 5. Comparación entre las proporciones de compost y los tipos de compost para las características biométricas.

En la Tabla 21 del análisis de variancia de efectos simples y Tabla 15 prueba de significación de Duncan para los efectos simples, se pudo observar que para la altura de planta la interacción más determinante fue a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de RSMB) con una altura en promedio de 14,82 cm, al mismo tiempo podemos decir que la interacción que menos efecto tuvo en la altura de planta fue a_1b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost agrícola) con tan solo 8,13 cm, siendo al menos diferente estadísticamente al resto de interacciones.

Para el número de hojas la mejor interacción resulto ser a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de RSMB) con 12,55 hojas en promedio y la interacción que menor efecto tuvo fue a_1b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost agrícola) con tan solo 6 hojas en promedio. Pero tan solo hubo significación estadística entre estas dos interacciones.

Para el diámetro de planta la interacción que mejor efecto tuvo fue a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B) con 5,18 mm y la interacción que menor efecto tuvo en fue a_2b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost de RSMB) con 3,85 mm, pero no hubo significación estadística al resto de interacciones.

Para la última característica que es el área foliar la interacción que mejor efecto tuvo fue a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B) con 232,81 cm² y el que menor efecto tuvo la interacción a_1b_1 (50 % de tierra y 50 % de compost agrícola) con tan solo 45,68 cm², y todos estos valores fueron estadísticamente significativas diferentes al resto de interacciones.

Pero todas coincidieron en que la mejor interacción fue a_2b_4 (80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B) la misma que fue mencionada en la Tabla 13 y Figura 4.

Tabla 15. Prueba de significación de Duncan ($\alpha=0,05$), para los efectos principales (A y B) en las características biométricas.

Altura de planta			Número de hojas			Diámetro			Área foliar		
Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.	Clave	\bar{X}	Sig.
a ₂ b ₁	9,2	a	a ₂ b ₁	7,67	a	a ₁ b ₁	3,97	a	a ₂ b ₁	58,6	a
a ₁ b ₁	8,13	a	a ₁ b ₁	6	a	a ₂ b ₁	3,85	a	a ₁ b ₁	45,68	b
a ₂ b ₂	12,96	a	a ₂ b ₂	11,67	a	a ₂ b ₂	4,53	a	a ₂ b ₂	94,07	a
a ₁ b ₂	10,76	b	a ₁ b ₂	8,89	b	a ₁ b ₂	4,1	a	a ₁ b ₂	73,65	b
a ₂ b ₃	12,53	a	a ₂ b ₃	11,67	a	a ₂ b ₃	4,86	a	a ₂ b ₃	159,91	a
a ₁ b ₃	11,98	a	a ₁ b ₃	11	a	a ₁ b ₃	4,42	a	a ₁ b ₃	154,39	a
a ₂ b ₄	14,82	a	a ₂ b ₄	12,55	a	a ₂ b ₄	5,18	a	a ₂ b ₄	232,81	a
a ₁ b ₄	10,17	b	a ₁ b ₄	9,67	a	a ₁ b ₄	4,39	a	a ₁ b ₄	117,33	b
a ₁ b ₃	11,98	a	a ₁ b ₃	11	a	a ₁ b ₃	4,42	a	a ₁ b ₃	154,39	a
a ₁ b ₂	10,76	a b	a ₁ b ₄	9,67	a	a ₁ b ₄	4,39	a	a ₁ b ₄	117,33	b
a ₁ b ₄	10,17	a b	a ₁ b ₂	8,89	a	a ₁ b ₂	4,1	a	a ₁ b ₂	73,65	c
a ₁ b ₁	8,13	b	a ₁ b ₁	6	b	a ₁ b ₁	3,97	a	a ₁ b ₁	45,68	d
a ₂ b ₄	14,82	a	a ₂ b ₄	12,55	a	a ₂ b ₄	5,18	a	a ₂ b ₄	232,81	a
a ₂ b ₂	12,96	b	a ₂ b ₃	11,67	a	a ₂ b ₃	4,86	a	a ₂ b ₃	159,91	b
a ₂ b ₃	12,53	b	a ₂ b ₂	11,67	a	a ₂ b ₂	4,53	a b	a ₂ b ₂	94,07	c
a ₂ b ₁	9,2	c	a ₂ b ₁	7,67	b	a ₂ b ₁	3,85	b	a ₂ b ₁	58,6	d

Las letras a-b, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

a₁b₁=50 % de tierra y 50 % de compost agrícola

a₁b₂=66.6 % de tierra y 33.3 % de compost agrícola

a₁b₃=75 % de tierra y 25 % de compost agrícola

a₁b₄=80 % de tierra y 20 % de compost agrícola

a₂b₁=50 % de tierra y 50 % de compost de R. S. M. B

a₂b₂=66.6 % de tierra y 33.3 % de compost de R. S. M. B

a₂b₃=75 % de tierra y 25 % de compost de R. S. M. B

a₂b₄=80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B

Según la Figura 6 se puede observar una diferenciación significativa para los tipos de compost, donde el compost de (RSMB) resulto ser muy superior al compost agrícola, para las cuatro características biométricas como son altura de planta, numero de hojas, diámetro de tallo y área foliar. Las mismas que los confirman la Tabla 14 y Figura 5.

Esto debido tal vez a que el compost (RSMB) estuvo bioquímica y microbiológicamente más favorable para el crecimiento y desarrollo de plantones de *G. mangostana*.

También podemos decir con seguridad que a mayor proporción de compost mengua el crecimiento y desarrollo de los plántones de *G. mangostana* disminuyendo así su calidad (Tabla 6 y 7).

Esto debido a que el pH aumenta ligeramente a una mayor proporción de compost (Tabla 25) y tal vez en algunos problemas de sales para lo cual Conafrut (1999), menciona que la tolerancia de *G. mangostana* a los suelos salinos parece ser baja y que en suelos con pH 6,5 no es conveniente la aplicación de enmiendas calcáreas. Poerwanto et al. (2006) también indica que el lento crecimiento de *G. mangostana* se atribuye al crecimiento deficiente del Sistema radicular (sin pelos de raíz, mala ramificación, y fácilmente roto y perturbado por ambientes, resultando en superficies de contacto muy limitadas entre las raíces y el suelo medio), absorción pobre de nutrientes y agua, baja tasa fotosintética, célula de baja división en el meristema apical, y larga latencia de la fase de brote.

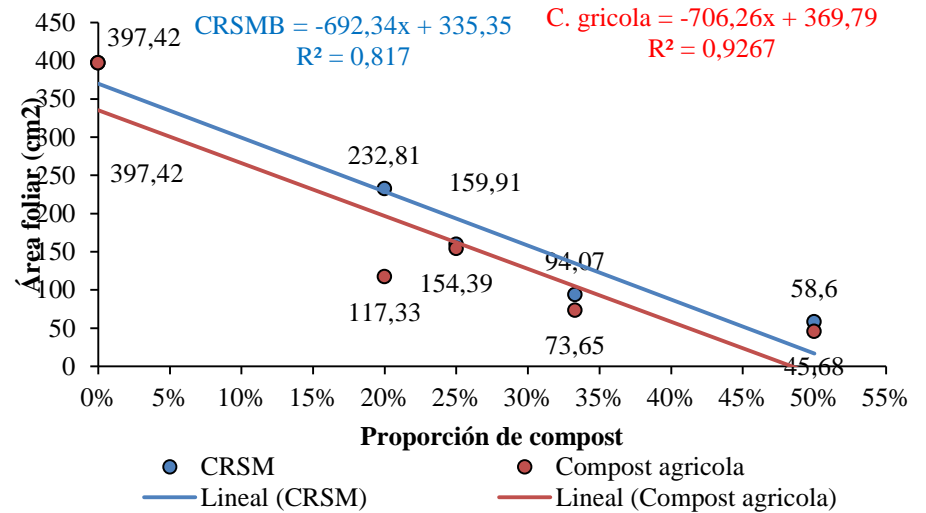
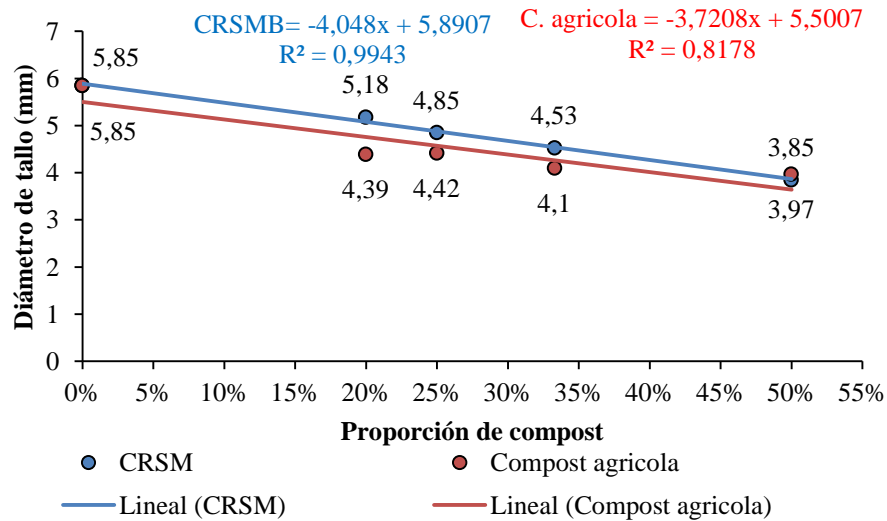
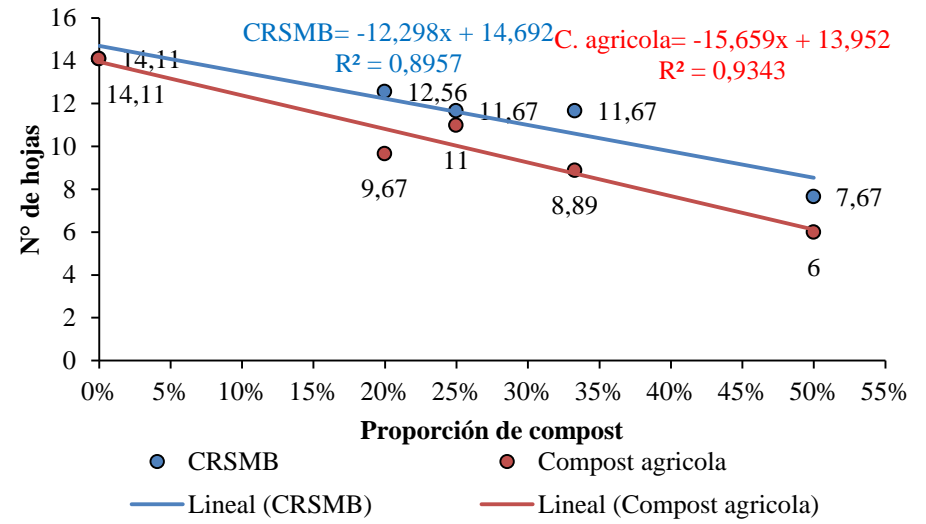
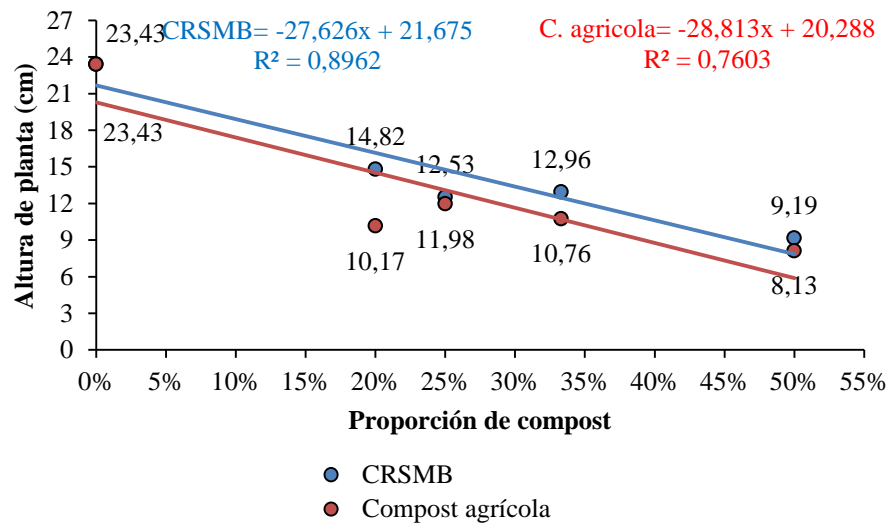


Figura 6. Comparación del Compost agrícola y Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB) a diferentes proporciones.

a. Tasa de crecimiento

En la Figura 7, se evidencia que a medida que transcurren los días los nutrientes se van liberando progresivamente para los plantones de *G. mangostana* y producen incremento en la altura, diámetro de planta y número de hojas para todos los tratamientos, destacando en todos ellos el T₉ (100 % tierra) que tienen las mayores tasas de crecimiento de 0,0584 cm, 0,0114 mm por día y 0,0422 hojas por día, respectivamente seguido del T₈ (80 % tierra y 20 % CRSMB), con tasas de crecimiento de 0,0317 cm, 0,0097 mm por día y 0,037 hojas por día respectivamente. Por otra parte, los peores tratamientos para altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas fueron los tratamientos T₁ (50 % tierra y 50 % compost), T₅ (50 % tierra y 50 % CRSMB) y T₁ (50 % tierra y 50 % compost), con las menores tasas de crecimiento de 0,0116 cm, 0,0046 mm por día y 0,0142 hojas por día respectivamente. Esto respalda lo que se dice que es un mayor crecimiento de las plantas cuando se aplican más nutrientes al suelo, como cuando se aplica materia orgánica. Además, durante los primeros seis meses después de la germinación, las plántulas dependen en gran medida de la semilla de reservas y hacen poco uso de fertilizantes del suelo, por lo tanto, las plántulas no toleran concentraciones de sales o fertilizantes en el suelo, y responden mejor a las bajas tasas de fertilizantes o para liberar lentamente fertilizantes orgánicos (Bryan y Morales, 2010).

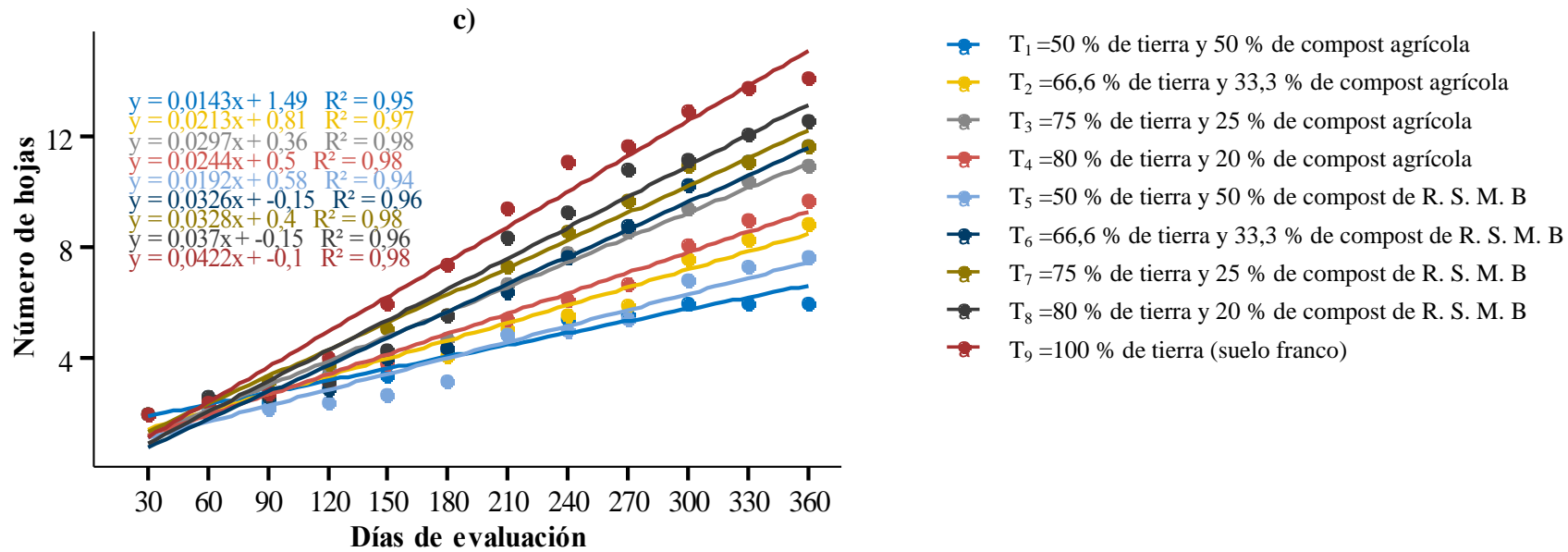
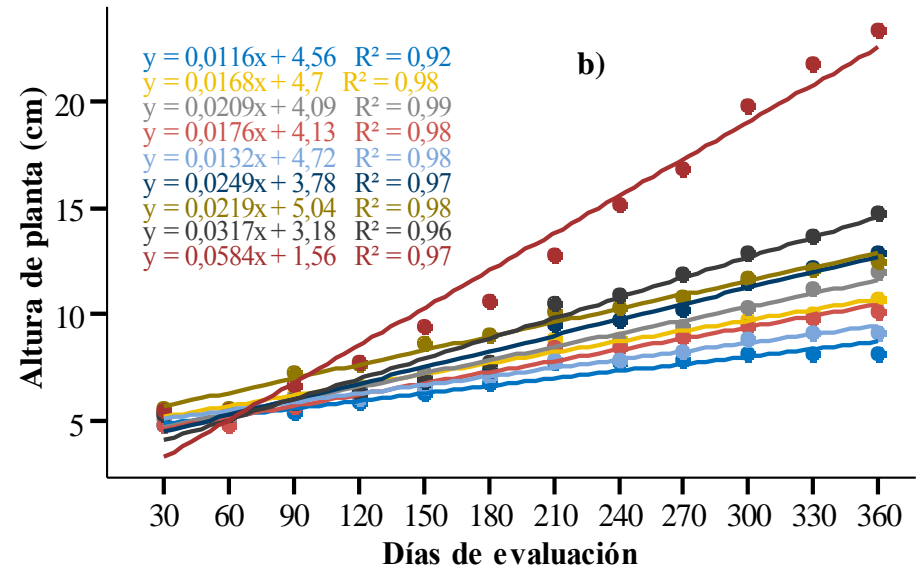
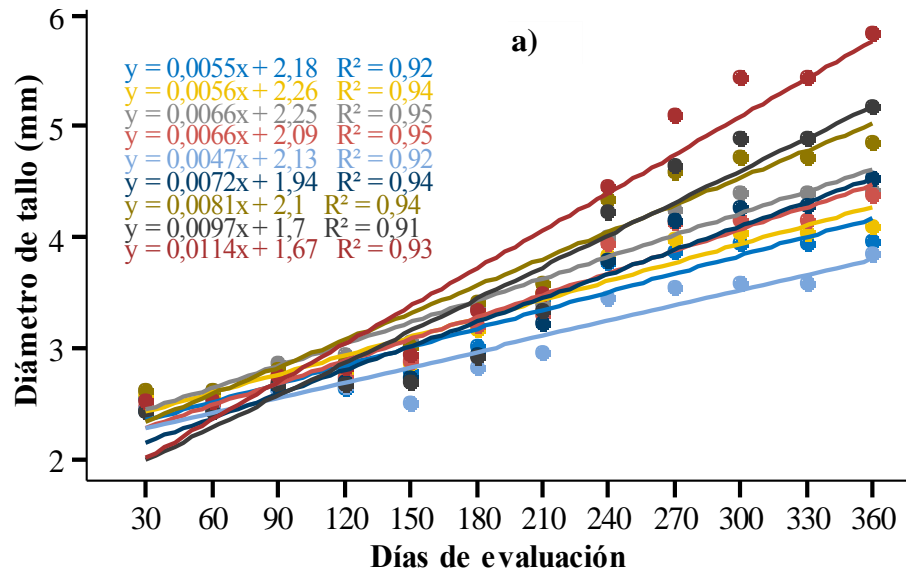


Figura 7. Tasa de crecimiento: a) Diámetro de planta b) Altura de planta c) Número de hojas

4.3. Análisis de correlación

Según el análisis de la correlación de Pearson las características biométricas de *G. mangostana* mangostino y las características físicas y químicas del suelo, que se presenta en la Figura 8 y Tabla 24, donde valores mayores a 0,5 son al menos estadísticamente significativas. Es así que para el cultivo de plántulas de *G. mangostana* se puede observar que existe un alto coeficiente de correlación entre algunas las características físicas del suelo y las características biométricas, empezando por la compactación que tiene una correlación altamente significativa con la altura de planta, número de hojas, diámetro de planta y área foliar de 0,68, 0,64, 0,52 y 0,61 respectivamente. Indicándonos que el estado de compactación es el resultado de un conglomerado de factores que van a propiciar en la mejora o limitación del crecimiento y desarrollo de una planta al igual que Taboada y Alvarez (2008) menciona “Las buenas condiciones físicas del suelo, además de un suministro y almacenamiento óptimos del agua requerida para el crecimiento de las plantas, determinan un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces de las plantas”. Mientras que no existe ninguna correlación con respecto a la densidad, % de humedad y % de porosidad versus la altura de planta, número de hojas, diámetro de planta y área foliar. Pero si existe una muy estrecha relación negativa altamente significativa entre la densidad y el porcentaje de porosidad del 1 donde podemos decir que la densidad es inversamente proporcional al espacio poroso tal como lo menciona Thompson y Troeh (2002) y Heredia (2015) donde nos dice que “La densidad aparente se ve afectada por la porosidad, que afecta la elasticidad, la conductividad eléctrica, la conductividad térmica, la capacidad calorífica a volumen constante y la dureza.”

Al mismo tiempo podemos decir que el pH juntamente con la CE tiene una correlación negativa altamente significativa con la altura de planta, diámetro de planta y área foliar y solamente significativa para el número de hojas, con valores de 0,84, 0,66, 0,84, y 0,47 para el pH respectivamente, y de 0,59, 0,68, 0,68 y 0,48 para la conductividad eléctrica respectivamente. En particular se confirma la alta correlación que existe entre la MO y el N al presentar un valor de 1 de asociación entre estas, pero una escasa correlación con las características biométricas de altura de planta, número de hojas, diámetro de planta y área foliar para este caso. Para el caso del fósforo, potasio, calcio, magnesio y la CIC gran parte de estas guardaron una correlación negativa significativa y altamente significativa con las características biométricas de altura de planta, número de hojas, diámetro de planta y área foliar, iguales y superiores a 0,396. Mientras que mientras que el calcio y la CIC no guardaron correlación con el número de hojas. Lo cual Poerwanto et al. (2006) explica que “El lento crecimiento de *G. mangostana* se atribuye al crecimiento deficiente del sistema radicular (sin pelos de raíz, mala ramificación, y fácilmente roto y perturbado por ambientes, resultando en superficies de contacto

muy limitadas entre las raíces y el suelo medio), absorción pobre de nutrientes y agua, baja tasa fotosintética, célula baja división en el meristema apical, y larga latencia de la fase de brote

Para el sodio que solo guarda una correlación positiva altamente significativa con la CE y el K de 0,54 y 0,59 respectivamente. Solo es un problema en condiciones de costa y en partes de nuestra serranía peruana, pero para nuestras condiciones de selva estos elementos son escasos para lo cual son favorables para el crecimiento de las plántulas de *G. mangostana* tal como lo menciona Bryan y morales (2010), las plántulas no toleran concentraciones de sales o fertilizantes en el suelo, y responden mejor a las bajas tasas de fertilizantes o para liberar lentamente fertilizantes orgánicos.

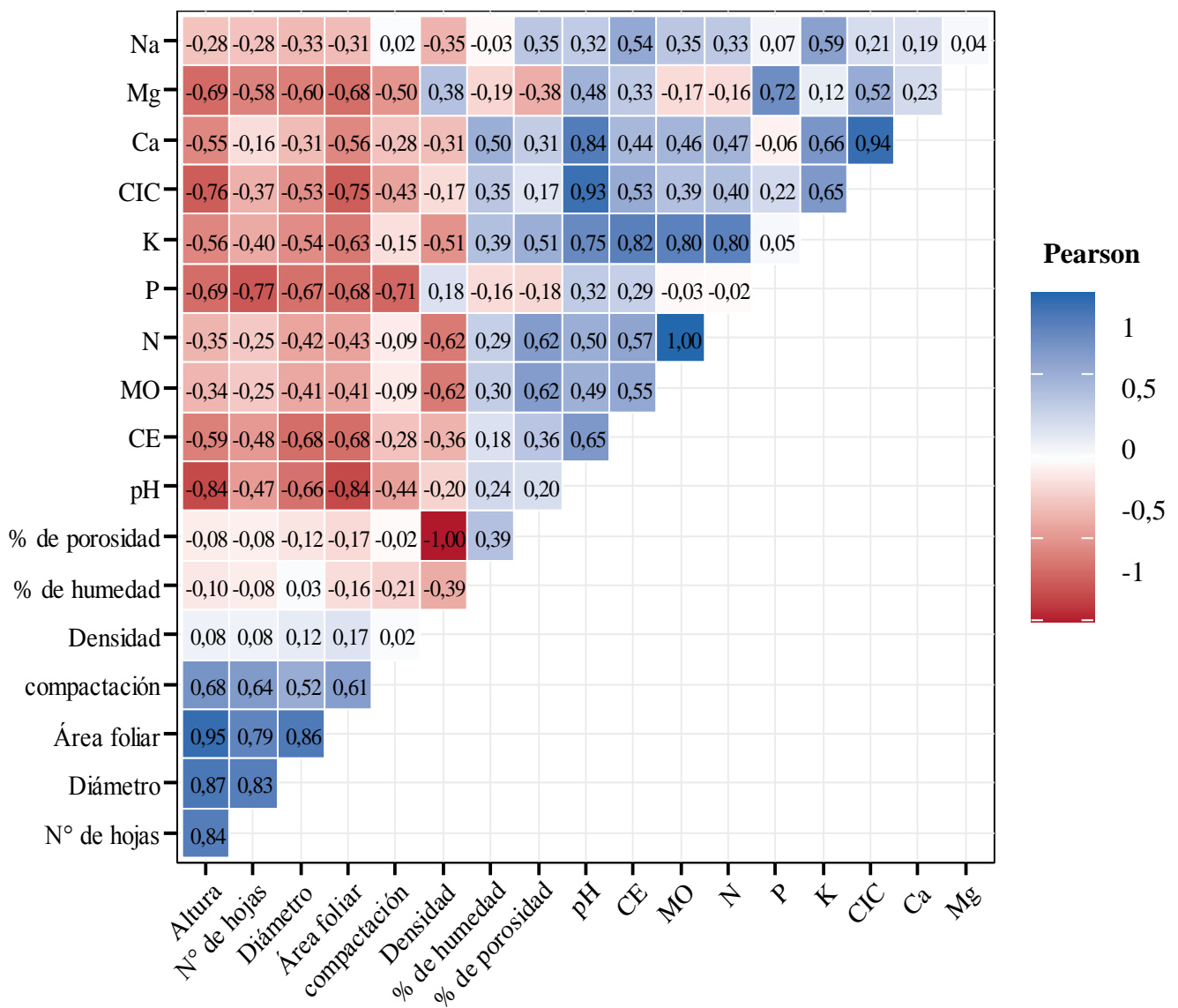


Figura 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características del suelo y las características biométricas.

4.4. Análisis de rentabilidad

Para la producción de plantones de *G. mangostana* distribuidos en 1 ha, en la Tabla 16 se presenta el análisis de rentabilidad de los tratamientos evaluados. Se observa una tendencia hacia un mayor uso de abono orgánico y un periodo de permanencia en vivero de 1 año. Esto se debe a que un mayor porcentaje de abono orgánico en la mezcla del sustrato requiere más insumos y mano de obra, lo que incrementa los costos de producción.

Tabla 16. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

Trat.	Costo de producción/ha(S/.) (204 plantas)												
	A				B	C	D	E	F	J	H	I	
	M.C	M.O	S.	Ab.	C. Total (S/.)	Pl/ha	T.P	P.V (S/.)	I. B.	U. (S/.)	I. R.	B/C	
T ₁	200	390	80	93,3	763,3	204	Tamaño 4	5,00	1 020	256,67	0,34	1,34	
T ₂	200	390	80	62,3	732,3	204	Tamaño 3	8,00	1 632	899,68	1,23	2,23	
T ₃	200	390	80	46,6	716,6	204	Tamaño 3	8,00	1 632	915,39	1,28	2,28	
T ₄	200	390	80	37,3	707,3	204	Tamaño 3	8,00	1 632	924,67	1,31	2,31	
T ₅	200	390	80	74,7	744,7	204	Tamaño 4	5,00	1 020	275,34	0,37	1,37	
T ₆	200	390	80	49,9	719,9	204	Tamaño 2	10,0	2 040	1 320,14	1,83	2,83	
T ₇	200	390	80	37,3	707,3	204	Tamaño 2	10,0	2 040	1 332,71	1,88	2,88	
T ₈	200	390	80	29,9	699,9	204	Tamaño 2	10,0	2 040	1 340,13	1,91	2,91	
T ₉	200	390	80	0,0	670,0	204	Tamaño 1	12,0	2 448	1 778,00	2,65	3,65	
T ₁	50 % tierra y 50 % compost				T ₄	80 % tierra y 20 % compost			T ₇	75 % tierra y 25 % CRSM.			
T ₂	66,6 % tierra y 33,3 % compost				T ₅	50 % tierra y 50 % CRSM.			T ₈	80 % tierra y 20 % CRSM.			
T ₃	75 % tierra y 25 % compost				T ₆	66,6 % tierra y 33,3 % CRSM.			T ₉	100 % tierra			
M.C	Materiales de campo				T.P	Tamaño de planta			F	C x E			
M.O	Mano de obra				P.V	Precio de venta			J	F - B			
S	Precio de la semilla				I.B	Ingreso bruto.			H	J/B			
Abon.	Abono				U	Utilidad.			I	F/B			
C. Total	Costo total.				I.R	Índice de rentabilidad.							
Pl/ha	Plantas por hectarea				B/C	Beneficio/Costo.							

De acuerdo al análisis de rentabilidad de los 9 tratamientos en estudio se observa que T₉ (100 % tierra), presenta el más alto valor de B/C (3,65), debido a que no empleó abonos orgánicos en la preparación de dicho tratamiento y debido a que tuvo un mejor tamaño durante estos 12 meses de crecimiento; asimismo se logró una mayor utilidad de S/1778,00, seguido por los tratamientos T₈ (80 % tierra y 20 % Compost de Residuos Sólidos

Municipales Biodegradables) T₇ (75 % tierra y 25 % Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables), T₆ (66,6 % tierra y 33,3 % Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables) y T₄ (80 % tierra y 20 % compost) con un B/C (2,91, 2,88, 2,83 y 2,31) con una utilidad de s/ 1 340,13, 1 332,71, 1 320,14 y 924.67 respectivamente y finalmente los que ocuparon en último lugar fueron los tratamientos T₁ (50 % tierra y 50 % compost) y T₅ (50 % tierra y 50 % Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables) con un B/C (1,34, 1,37) con utilidades de 256,67 y 275,34 respectivamente.

También podemos decir que el tratamiento 9 (100 % tierra) resulta ser más rentable que los demás tratamientos con S/. 2,65 de retorno por cada S/. 1 invertido, mientras que el tratamiento 1 (50 % tierra y 50 % compost) tuvo un retorno de S/. 0,34 por cada S/1 invertido.

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que mejor propicio el crecimiento y desarrollo en plántones de *G. mangostana* fue el tratamiento T₉ (100 % tierra), en la cual presenta 23,43 cm de altura de planta, 14,11 número de hojas, 5,85 mm de diámetro de tallo y 397,42 cm² de área foliar.
2. La fuente de compost que mejor efecto tuvo en el crecimiento de plántones de *G. mangostana* fue el Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables con 12,38 cm de altura, 10,89 números de hojas, 4,6 mm de diámetro y 136,34 cm² de área foliar.
3. La proporción que mejor efecto tuvo en el crecimiento de plántones de *G. mangostana* fue la proporción b₄ (80 % de tierra y 20 % de Compost), con 12,5 cm de altura de planta, 4,79 mm de diámetro, 175,07 cm² de área foliar y para el número de hojas fue la proporción b₃ (75 % de tierra y 25 % de compost) con 11,33 número de hojas.
4. La mejor interacción en el crecimiento plántones de *G. mangostana* fue la interacción a₂b₄ (80 % de tierra y 20 % de compost de R. S. M. B) con 14,82 cm de altura, 12,55 números de hojas, 5,18 mm de diámetro y 232,81 cm² de área foliar.
5. De acuerdo al análisis de rentabilidad el tratamiento T₉ (100 % tierra), presenta el más alto valor de B/C (3,65), con una utilidad de S/1 778,00, finalmente los que ocuparon en último lugar fueron los tratamientos T₁ (50 % tierra y 50 % compost) y T₅ (50 % tierra y 50 % Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables) con un B/C (1,34, 1,37) con utilidades de 256,67 y 275,34 respectivamente.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Para la producción de plántones de *G. mangostana* en la zona de Tingo María solo utilizar tierra agrícola preferentemente franco arcillosa.
2. Para evitar el fenómeno antagónico entre estos nutrientes es recomendable realizar análisis de suelo para diagnosticar la disponibilidad nutrimental y establecer programas de fertilización balanceados.
3. Se recomienda realizar un estudio más detallado del efecto de materia orgánica en campo definitivo.

VII. REFERENCIAS

- Agosta, m. (2007). *Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del Valle de Mezquital. Hgo.* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Biblioteca digital HANDLE. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/635>
- Bioagrolat. (2012). Nutrición mineral. ALBION *Plant Nutrition* METALOSATE®. <https://www.bioagrolat.com/old/Paginas/nutricionmineral.html>
- Bryan, R. y Morales, P. (2010). *Department of Crops and Agro-Environmental Sciences*, University of Puerto Rico Mayagüez Campus, Mayagüez, Puerto Rico.
- Burton, L. D., Cooper, E. L., & García Sordo, J. (2009). *Agrociencia: fundamentos y aplicaciones* (No. 630 B8A3 2009). Mexico. 4^{ta} Edición. Cengage Learning Editores S.A.
- Cakmak, I. (2015). Sinergismos y antagonismos entre nutrientes minerales durante la absorción y transporte en las plantas. *Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes>.
- Carter, M. R. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy journal*, 94(1), 38-47.
- Cerný, R. (2009). Time-domain reflectometry method and its application for measuring moisture content in porous materials: A review. *Measurement*, 42(3), 329-336. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224108001371>
- CONAFRUT (1999). *Aspectos de la producción, manejo en post cosecha, industrialización y comercialización*. Boletín técnico N° 19. Proyecto aumento de la productividad frutícola-profrut. Lima Perú. 32 p.
- Dexter, A. R., & Birkás, M. (2004). Prediction of the soil structures produced by tillage. *Soil and Tillage Research*, 79(2), 233-238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198704001485>
- Díaz Fuentes, V. H., Díaz Hernández, B. G., & Ruiz Cruz, P. A. (2011). *El mangostán: Garcinia mangostana L* (No. 634.655/D542). Inifap.
- Diczballis Y., (2011). Farm and Forestry Production and Marketing profile for Mangosteen (*Garcinia mangostana* Lynn) Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources Australia.

- Downton, J. y Chacko, E. (1998). Mangosteen. *Rural Industries Research y Development Corporation*. Consultado 26 ago. 2006. <http://www.rirdc.gov.au/pub/handbook/mangosteen.html>.
- Epstein, E. y Bloom, J. (2004). *Mineral nutrition of plantas: principios and perspectivas*. 2^{Ed}. Sunderland: Sinahuer Associates.
- Eugenio Hurtado E. B. (2016). *Efecto de tres fuentes de materia orgánica para la obtención de plantones de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) híbrido DELI x LA MÉ bajo condiciones de vivero en Tocache*. Título de Ingeniero Agrónomo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1254>.
- FAO. (2016). Portal de Suelos de la FAO. Italia: Autor. disponible en URL:<http://www.fao.org/soilportal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Flores, M. A., & Carranza, C. C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 9(17), 75-84.
- González-Cervantes, G., Sánchez-Cohen, I., & Rossignol, J. P. (2004). Morfología de los poros de circulación preferencial del agua en el suelo mediante técnicas de análisis de imagen. Caso de una cuenca del norte de México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 19(3), 15-23. https://www.researchgate.net/profile/Ignacio-Sanchez-Cohen/publication/288304321_Morphology_of_preferential_water_circulation_pores_in_soil_using_image_analysis_techniques_The_case_of_a_watershed_in_the_North_of_Mexico/links/5bf5964d299bf1124fe4c5a8/Morphology-of-preferential-water-circulation-pores-in-soil-using-image-analysis-techniques-The-case-of-a-watershed-in-the-North-of-Mexico.pdf
- Heredia, E. R. I. C. (2015). Densidad real y aparente y porosidad del suelo. *Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería*. http://www.academia.edu/7716432/Densidad_real_aparente_y_porosidad_del_suelo.
- Hidalgo Saavedra A. (2016). *Efecto del compost de residuos sólidos municipales biodegradables y del bocashi en el crecimiento de plantones de cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1250>
- Horowitz, A. y Walling, D.(2005). Sediment budgets. *International Association of Hydrological Sciences IAHS Press*. 292(2), 262 -270.

- Hoyos, F. (1989) *Garcinia mangostana*. En: Frutales en Venezuela. Caracas – Venezuela: Sociedad de Ciencias La Salle. Monografía N°. 36.
http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000059&pid=S1519-566X200500020000800003&lng=es
- Huerta, O., López, M., Soliva, M., & Zaloña, M. (2008). Compostaje de residuos municipales: Control del proceso, rendimiento y calidad del producto. *Agència de Residus de Catalunya*. CD.
- Ibarra, M. A. I., Ibarra Jr, M. A. I., Valencia, E. A. C., Castorena, M. M. V., & Ramírez, G. D. (2012). Calibración de TDR para estimar el contenido de humedad volumétrica en el suelo. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 12(3), 59-65.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5517359>
- Ibogr (1986). *Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts*, Secretariat Rome. 76 p. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAW619.pdf
- INIA (1999). El cultivo de mangostino. Instituto nacional de investigación agraria - CONAFRUT. *Ministerio de Agricultura*. Boletín N°19. Lima Perú.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/20>.
- Jones, S. B., Wraith, J. M., & Or, D. (2002). Time domain reflectometry measurement principles and applications. *Hydrological processes*, 16(1), 141-153.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.513>
- Keller, T., & Håkansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154(3-4), 398-406.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706109003644>
- Letourneau, D. K., & Burrows, B. E. (2001). *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. CRC press.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420042030/genetically-engineered-organisms-deborah-letourneau-beth-elpern-burrows>
- Li, Y. X., Tullberg, J. N., Freebairn, D. M., & Li, H. W. (2009). Functional relationships between soil water infiltration and wheeling and rainfall energy. *Soil and Tillage Research*, 104(1), 156-163.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708001980>
- Mack, R. (2005). 14 Árboles frutales para nuestras fincas. Con sugerencias para cuido y siembra de semillas. *Serie Técnica. Manual Técnico*.
<http://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/29>

- Mengel, K. y Kirkby, E. (2000). *Principies of plant nutrition*. International Potash Institute. *Berna Suiza*.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf.
- Morton D., (2005). *The effect of Xanthones of Mangosteen*. *Phytoceutical research* revs 1: 4 - 33.
- Morton, J. (1987). *Mangosteen: Masgostana L. de Garcinia*. In *Frutas de climas calientes*. Miami. <http://translate.google.com/translate?hl=es&y=sl>.
- Muhammad, A. y Rattan L. (2009). *Tillage and drainage impact on soil quality: II*. Tensile strength of aggregates, moisture retention and water infiltration. *Soil and Tillage Research*. Vol. 103, Pp. 364-372.
https://www.researchgate.net/publication/223837503_Tillage_and_drainage_impact_on_soil_quality_II_Tensile_strength_of_aggregates_moisture_retention_and_water_infiltration
- Nakasone, H. y Paull, R. (1998). *Tropical fruits*. CABI Publishing. New Cork. USA.
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1572342](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1572342).
- Navarro, G. y Navarro, S. (2000). *Química agrícola*. El suelo y los elementos esenciales para la vida vegetal. Editorial Mundi prensa. Madrid España
- Nazre, M., Clyde, M. M., & Latiff, A. (2007). Phylogenetic relationships of locally cultivated *Garcinia* species with some wild relatives. *Malaysian Applied Biology*, 36(1), 31.
https://www.researchgate.net/profile/M-Nazre/publication/225284544_Phylogenetic_relationships_of_locally_cultivated_Garcinia_species_with_some_wild_relatives/links/0c96051c26fe8881d4000000/Phylogenetic-relationships-of-locally-cultivated-Garcinia-species-with-some-wild-relatives.pdf
- Orduz y León, (2001). *Avances de investigación en frutales tropicales promisorios para el departamento del Meta*, Colombia, Produmedios.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19141>
- Osman, M. B., & Milan, A. R. (2006). *Mangosteen: Garcinia mangostana L.* University of Southampton, International Centre for Underutilised Crops.
<https://eprints.soton.ac.uk/53412/>
- Osman, M. B., & Milan, A. R. (2006). *Mangosteen: Garcinia mangostana L.* University of Southampton, International Centre for Underutilised Crops.
<https://eprints.soton.ac.uk/53412/>

- Osuna-Ceja, E. S., Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, M. D. L., Martínez-Menes, M. R., & González-Cossío, F. V. (2006). Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 40(1), 27-38. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952006000100027.
- Othman, Y. y Tindall, H. (1995). *Mangosteen cultivation/Othman* FAO plant production and protection division: Food and Agriculture Organization of the United Nations. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i7YgZ-LAHPgC&oi=fnd&pg=PR5&dq=40.%09Othman,+Y.+y+Tindall,+H.+\(1995\).+Mangosteen+cultivation/Othman+FAO+plant+production+and+protection+division:+Food+and+Agriculture+Organization+of+the+United+Nations.+129+p.&ots=sxEWBpEclG&sig=eoweuD1X_2aINtMzwbjFTFwiz4Q](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i7YgZ-LAHPgC&oi=fnd&pg=PR5&dq=40.%09Othman,+Y.+y+Tindall,+H.+(1995).+Mangosteen+cultivation/Othman+FAO+plant+production+and+protection+division:+Food+and+Agriculture+Organization+of+the+United+Nations.+129+p.&ots=sxEWBpEclG&sig=eoweuD1X_2aINtMzwbjFTFwiz4Q).
- Pires, L. F., Cássaro, F. A., Reichardt, K., & Bacchi, O. O. (2008). Soil porous system changes quantified by analyzing soil water retention curve modifications. *Soil and Tillage Research*, 100(1-2), 72-77. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198708000652>
- Poerwanto, R. (2000, November). Nurse stock plant-a new technique to enhance mangosteen (*Garcinia mangostana*) growth. In *International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 575* (pp. 751-756). https://www.actahort.org/books/575/575_88.htm
- Poerwanto, R., Efendi, D., & Suhartanto, R. (2006, August). Improving productivity and quality of Indonesian mangosteen. In *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Asian Plants with Unique Horticultural* 769 (pp. 285-288). https://www.actahort.org/books/769/769_41.htm
- Porras Hidalgo, S. A. (2011). Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104155>
- Quiroga, A., Bono, A. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. - Ediciones INTA, EEA INTA Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp_inta_pt_89_manual_de_fertilidad_1__1_.pdf
- Reategui, M. (2010). Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos para el crecimiento de *Colubrína glandulosa* Perkins (Shaina), en fase de vivero en Tingo María. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/589/T.FRS-191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Revelo. (2007). *Fruto mangostán*: <http://www.frutomangostan.es/origen.html>.

- Robinson, D. A., Jones, S. B., Wraith, J. M., Or, D., & Friedman, S. P. (2003). A review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. *Vadose zone journal*, 2(4), 444-475. <https://pubs.geoscienceworld.org/vzj/article-abstract/2/4/444/91570>.
- Rodríguez, M., & Córdova, A. (2006). Manual de compostaje municipal: tratamiento de residuos sólidos urbanos. *Manual de compostaje municipal*, 9, 131-133.
- Rukayah, A. y. Zabedah. (1992). Studies on early growth of mangosteen (*Garciniamangostana* L.) Acta Hort. 292:93 100 p.
- Salakpetch, S. (2005). Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) juvenility and pruning in Thailand. *Hawaii Tropical Fruit Growers*, 27. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=dcb97e1348c83377cb079f7e3b6c4d3691091bb4#page=28>.
- Soto, M. (2003). Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*.
- Symington C., (2004). Distribution map of the family Garcinias. In Malaysian forest record, No 16, *Forester manual of diptocarps*. Syonan-Hakubutukan Malasyan.
- Taboada, M.; y Alvarez, C. (2008). *Fertilidad física de los suelos*. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Te-chato, S. (2007). Floral and fruit morphology of some species in *Garcinia* spp. *Songklanakarin J. Sci.* <https://www.thaiscience.info/journals/Article/SONG/10462676.pdf>
- Thompson L, y Troeh F. (2002). Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté S.A Cuarta Edición. Págs. 75-85.
- Tuller, M., & Or, D. (2002). Unsaturated hydraulic conductivity of structured porous media: A review of liquid configuration-based models. *Vadose Zone Journal*, 1(1), 14-37. <https://pubs.geoscienceworld.org/vzj/article-abstract/1/1/14/111477>
- Ude G., (2009). Random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker Diversity in *Garcinia mangostana* and related species. Natural Science Department. Bowie State University.
- Uribe, L. (2003). Taller de abonos Orgánicos/CATIE. *San José, Costa Rica*.
- Vargas, O.; Alix, Ch.; Lobo, A. (1999). *Frutales y condimentarias del trópico Húmedo*. La Ceiba, HN, UNAH. <https://isbn.cloud/9789992622001/frutales-y-condimentarias-del-tropico-humedo/>
- Yaacob, O., & Tindall, H. D. (1995). Mangosteen Cultivation. FAO Plant Protection Paper 129. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 100*.

- Zanetti, S. S., Cecílio, R. A., Alves, E. G., Silva, V. H., & Sousa, E. F. (2015). Estimation of the moisture content of tropical soils using colour images and artificial neural networks. *Catena*, 135, 100-106.
- Zapata, J. (2014). *Aplicación y propuesta gastronómica del mangostino. para obtener el título de Administración gastronómico*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica equinoccial.].
Repositorio Institucional UTE.
<http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/11878?show=full>.
- Zhao, Y., Ling, D. S., Wang, Y. L., Huang, B., & Wang, H. L. (2016). Study on a calibration equation for soil water content in field tests using time domain reflectometry. *Journal of Zhejiang University Science*, 17(3), 240-252.

ANEXO

Tabla 17. Valor nutricional de *G. mangostana* por cada 100 gramos.

Valores nutricionales de <i>G. mangostana</i>	
Valor por 100 gr de porción	
Calorías	63 kcal
Energía	263,34 kJ
Grasa	0 %
pH	3,52
Agua/VAC/70C/Cwt	80,69 %
Proteínas	0,50 %
Glucosa**	18,8 %
Fibras	1,35 %
Nitrógeno	0,08 %
Fructosa	2,4 %
Sacarosa	10,0 %
Glucosa	2,2 %
Maltosa	0,1 %
Lactosa	<0,1 %
Vitamina B12 (Rivoflavina)	<0,08 mg
Vitamina B1 (Tiamina)	0,08 mg
Vitamina A / Beta Caroteno	<50 IU
Vitamina	C 7,2mg
Vitamina E	0,6 IU
Fosforo	9,21 mg
Calcio	5,49 mg
Cobre	0,06 mg
Hierro	0,17 mg
Magnesio	13,9 mg
Manganeso	0,10 mg
Sodio	6,43 mg
Zinc	0,12 mg

Fuente: Zapata, 2014.

Tabla 18. Resumen del análisis de variancia para las características del suelo.

Fuente de variación	G.L.	Compactación del suelo (Kg/cm ²)		Densidad aparente (gr/cm ³)		% de humedad		% de porosidad	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tipo de compost	1	0,244	**	0,0408	**	425,04	*	58,469	**
Proporción	3	0,189	**	0,0052	NS	36,597	NS	8,198	NS
Tipo de compost*Proporción	3	0,212	**	0,0023	NS	33,043	NS	3,311	NS
Tratamiento factoriales	7	0,207	**	0,0090	**	90,566	NS	13,28	**
Testigo vs factorial	1	0,775	**	0,0009	NS	27,449	NS	1,138	NS
Tratamientos	8	0,278	**	0,0081	**	82,676	NS	11,767	**
Error	18	0,021		0,0021		52,407		2,960	
Total	26								
C.V: (%)		12,029		5,143		17,037		2,595	

** = Altamente significativo.

* = Significativo.

NS = No Significativo.

Tabla 19. Resumen del análisis de variancia para los efectos simples de las características del suelo.

Fuente de variación	G.L.	Compactación del suelo (Kg/cm ²)		Densidad aparente(gr/cm ³)		% de humedad		% de porosidad	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
A en b ₁	1	0,742	**	0,003	NS	48,17	NS	4,9686	NS
A en b ₂	1	0,001	NS	0,025	**	42,67	NS	34,993	**
A en b ₃	1	0,043	NS	0,015	*	352,67	*	22,815	*
A en b ₄	1	0,094	*	0,004	NS	80,67	NS	5,626	NS
B en a ₁	1	1,04	**	0,011	*	53,56	NS	16,607	*
B en a ₂	1	0,17	*	0,012	*	16,18	NS	17,922	*
Error	18	0,0211		0,0021		52,4074		2,9601	

** = Altamente significativo.

NS = No Significativo.

A. Tipo de compost

a₁ = Compost agrícola.

a₂ = Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB).

B. proporciones

b₁ = 50 % de tierra y 50 % de compost (1:1)

b₂ = 66.6 % de tierra y 33.3 % de compost (2:1)

b₃ = 75 % de tierra y 25 % de compost (3:1)

b₄ = 80 % de tierra y 20 % de compost (4:1)

Tabla 20. Resumen del análisis de variancia para las características biométricas.

Fuente de variación	G.L.	Altura (cm)		Número de hojas		Diámetro (mm)		Área foliar (cm ²)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tipo de compost	1	26,839	**	23,960	**	0,874	*	8930,884	**
Proporción	3	19,246	**	26,139	**	0,909	**	20578,162	**
Tipo de compost*Proporción	3	4,997	*	1,636	NS	0,215	NS	3997,799	**
Tratamiento factoriales	7	14,224	**	15,327	**	0,607	**	11808,395	**
Testigo vs factorial	1	391,126	**	47,583	**	5,485	**	209617,696	**
Todos los tratamientos	8	61,337	**	19,359	**	1,216	**	36534,558	**
Error	18	1,345		1,691		0,144		143,9658	
Total	26								
C.V: (%)		9,157		12,555		8,319		8,096	

** = Altamente significativo.

NS = No Significativo.

Tabla 21. Resumen del análisis de variancia para los efectos simples para las características biométricas.

Fuente de variación	G.L.	Altura (cm)		Número de hojas		Diámetro (mm)		Área foliar (cm ²)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
A en b ₁	1	1,7173	NS	4,167	NS	0,024	NS	250,131	NS
A en b ₂	1	7,238	*	11,565	*	0,273	NS	625,056	NS
A en b ₃	1	0,443	NS	0,667	NS	0,286	NS	45,65	NS
A en b ₄	1	32,434	**	12,47	*	0,936	*	20003,446	**
B en a ₁	1	23,346	**	40,238	**	0,436	NS	20649,157	**
B en a ₂	1	49,384	**	43,089	**	2,937	**	53078,728	**
Error	18	1,345		1,691		0,144		143,966	

** = Altamente significativo.

NS = No Significativo.

A. Tipo de compost

a₁ = Compost agrícola.

a₂ = Compost de residuos sólidos municipales biodegradables (CRSMB).

B. proporciones

b₁ = 50 % de tierra y 50 % de compost (1:1)

b₂ = 66.6 % de tierra y 33.3 % de compost (2:1)

b₃ = 75 % de tierra y 25 % de compost (3:1)

b₄ = 80 % de tierra y 20 % de compost (4:1)

Tabla 22. Resultado de los parámetros evaluados al final del experimento.

Trat.	Parámetros							
	Altura	Número de hojas	Diámetro	Área foliar	Compactación	Densidad	Humedad	Porosidad
T ₁	8,13	6,00	3,97	45,68	0,56	0,88	43,06	66,79
T ₂	10,76	8,89	4,10	73,65	1,31	0,94	40,44	64,51
T ₃	11,98	11,00	4,42	154,39	1,22	0,96	33,57	63,78
T ₄	10,17	9,67	4,39	117,33	1,10	0,95	37,1	64,13
T ₅	9,19	7,67	3,85	58,60	1,26	0,83	48,97	68,61
T ₆	12,96	11,67	4,53	94,07	1,33	0,81	43,61	69,34
T ₇	12,53	11,67	4,85	159,91	1,06	0,86	49,11	67,68
T ₈	14,82	12,56	5,18	232,81	1,36	0,9	44,56	66,07
T ₉	23,43	14,11	5,85	397,42	1,69	0,91	39,63	65,71

Tabla 23. Características de fruto y semilla al inicio del experimento.

Características de los frutos y semillas
Un fruto tiene 1,26 semillas
Un fruto pesa 61,65 gr
Un kilo de semilla tiene 610 unidades de semilla
El porcentaje de germinación es de 95 %

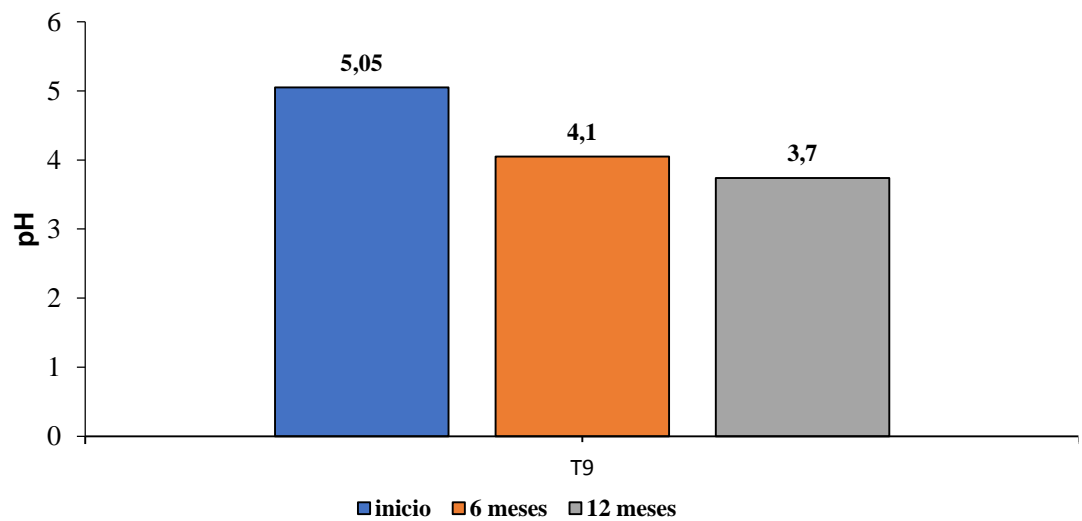


Figura 9. Comportamiento del pH para el testigo durante los 12 meses del experimento.

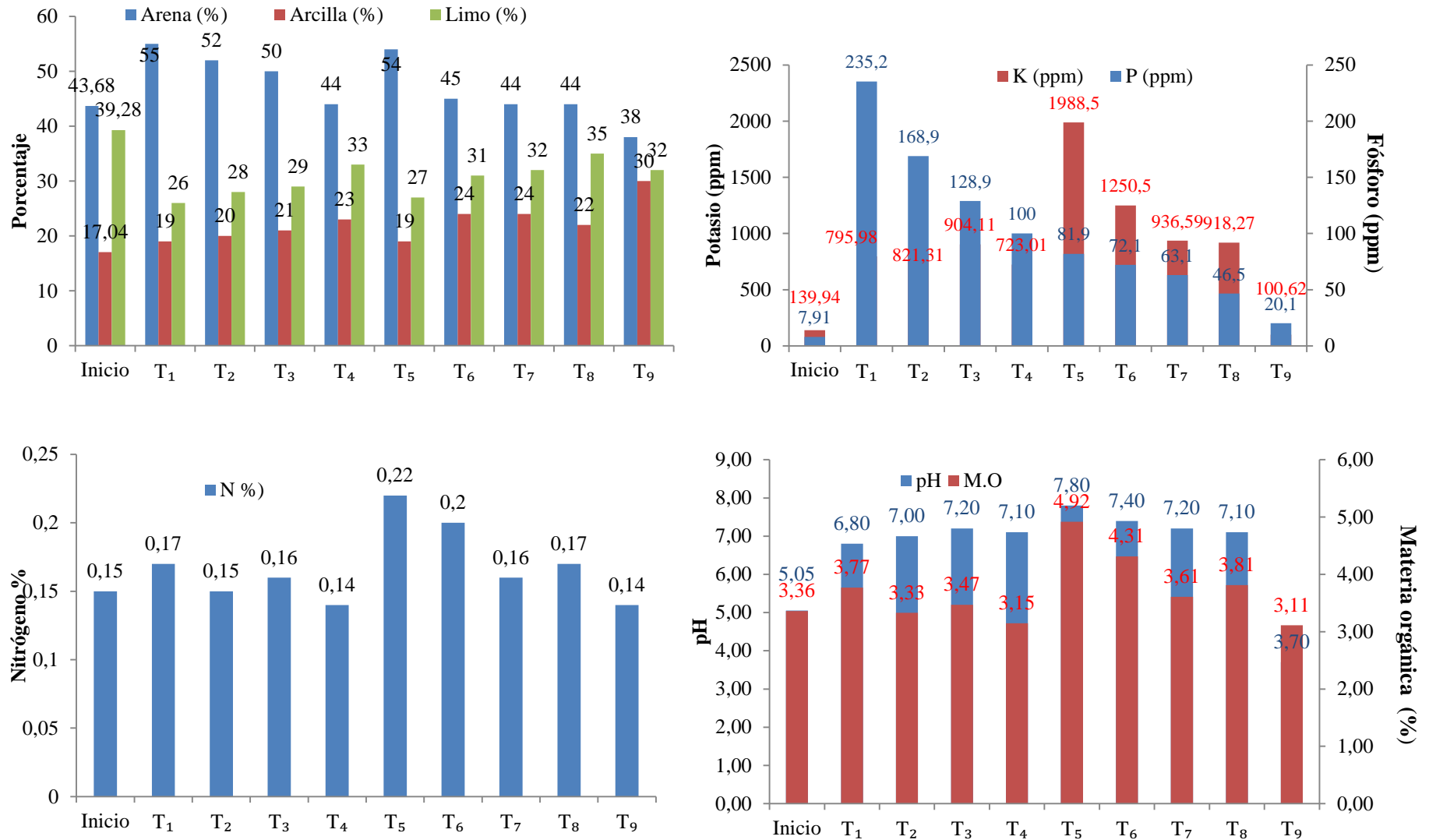


Figura 10. Valores de las propiedades físicas y químicas al inicio y final del experimento.

Tabla 24. Análisis de correlación de Pearson entre variables edafológicas y biométricas.

		Área foliar	Compactación	Densidad	% de humedad	% de porosidad	pH	CE	MO	N	P	K	CIC	CA	Mg	Na	Altura	Nº de hojas	Diámetro
Área foliar	C. de	1	,609**	0,171	-0,158	-0,171	-,840**	-,679**	-,415*	-,432*	-,681**	-,628**	-,749**	-,555**	-,678**	-0,311	,946**	,786**	,856**
	Sig.		0,001	0,395	0,431	0,395	0	0	0,031	0,024	0	0	0	0,003	0	0,114	0	0	0
Compactación	C. de	,609**	1	0,023	-0,213	-0,023	-,438*	-0,282	-0,091	-0,09	-,711**	-0,15	-,429*	-0,281	-,497**	0,018	,680**	,640**	,521**
	Sig.	0,001		0,908	0,286	0,908	0,022	0,154	0,651	0,654	0	0,455	0,026	0,155	0,008	0,928	0	0	0,005
Densidad	C. de	0,171	0,023	1	-,386*	-1,000**	-0,203	-0,355	-,621**	-,621**	0,18	-,507**	-0,167	-0,309	0,38	-0,352	0,083	0,076	0,122
	Sig.	0,395	0,908		0,046	0	0,31	0,069	0,001	0,001	0,368	0,007	0,405	0,117	0,05	0,071	0,68	0,708	0,545
% de humedad	C. de	-0,158	-0,213	-,386*	1	,386*	0,236	0,185	0,303	0,295	-0,162	,393*	0,353	,505**	-0,192	-0,028	-0,104	-0,084	0,025
	Sig.	0,431	0,286	0,046		0,046	0,236	0,356	0,125	0,136	0,419	0,043	0,071	0,007	0,338	0,889	0,606	0,676	0,901
% de porosidad	C. de	-0,171	-0,023	-1,000**	,386*	1	0,203	0,355	,621**	,621**	-0,18	,507**	0,167	0,309	-0,38	0,352	-0,083	-0,076	-0,122
	Sig.	0,395	0,908	0	0,046		0,31	0,069	0,001	0,001	0,368	0,007	0,405	0,117	0,05	0,071	0,68	0,708	0,545
pH	C. de	-,840**	-,438*	-0,203	0,236	0,203	1	,649**	,492**	,505**	0,32	,747**	,928**	,838**	,482*	0,32	-,839**	-,468*	-,658**
	Sig.	0	0,022	0,31	0,236	0,31		0	0,009	0,007	0,104	0	0	0	0,011	0,104	0	0,014	0
CE	C. de	-,679**	-0,282	-0,355	0,185	0,355	,649**	1	,549**	,567**	0,294	,816**	,531**	,443*	0,331	,544**	-,593**	-,478*	-,678**
	Sig.	0	0,154	0,069	0,356	0,069	0	0,003	0,002	0,137	0	0,004	0,021	0,092	0,003	0,001	0,012	0,012	0
MO	C. de	-,415*	-0,091	-,621**	0,303	,621**	,492**	,549**	1	,996**	-0,028	,801**	,388*	,460*	-0,167	0,346	-0,341	-0,255	-,406*
	Sig.	0,031	0,651	0,001	0,125	0,001	0,009	0,003		0	0,891	0	0,045	0,016	0,406	0,077	0,082	0,199	0,036
N	C. de	-,432*	-0,09	-,621**	0,295	,621**	,505**	,567**	,996**	1	-0,025	,801**	,395*	,466*	-0,163	0,335	-0,351	-0,25	-,418*
	Sig.	0,024	0,654	0,001	0,136	0,001	0,007	0,002	0	0,902	0	0,041	0,014	0,418	0,088	0,073	0,208	0,03	
P	C. de	-,681**	-,711**	0,18	-0,162	-0,18	0,32	0,294	-0,028	-0,025	1	0,045	0,223	-0,059	,722**	0,067	-,686**	-,774**	-,668**
	Sig.	0	0	0,368	0,419	0,368	0,104	0,137	0,891	0,902		0,823	0,263	0,771	0	0,739	0	0	0
K	C. de	-,628**	-0,15	-,507**	,393*	,507**	,747**	,816**	,801**	,801**	0,045	1	,654**	,665**	0,117	,588**	-,564**	-,396*	-,536**
	Sig.	0	0,455	0,007	0,043	0,007	0	0	0	0	0,823		0	0	0,562	0,001	0,002	0,041	0,004
CIC	C. de	-,749**	-,429*	-0,167	0,353	0,167	,928**	,531**	,388*	,395*	0,223	,654**	1	,941**	,525**	0,211	-,755**	-0,367	-,527**
	Sig.	0	0,026	0,405	0,071	0,405	0	0,004	0,045	0,041	0,263	0		0	0,005	0,29	0	0,06	0,005
CA	C. de	-,555**	-0,281	-0,309	,505**	0,309	,838**	,443*	,460*	,466*	-0,059	,665**	,941**	1	0,225	0,187	-,554**	-0,156	-0,314
	Sig.	0,003	0,155	0,117	0,007	0,117	0	0,021	0,016	0,014	0,771	0	0		0,259	0,351	0,003	0,436	0,11
Mg	C. de	-,678**	-,497**	0,38	-0,192	-0,38	,482*	0,331	-0,167	-0,163	,722**	0,117	,525**	0,225	1	0,041	-,694**	-,578**	-,596**
	Sig.	0	0,008	0,05	0,338	0,05	0,011	0,092	0,406	0,418	0	0,562	0,005	0,259		0,839	0	0,002	0,001
Na	C. de	-0,311	0,018	-0,352	-0,028	0,352	0,32	,544**	0,346	0,335	0,067	,588**	0,211	0,187	0,041	1	-0,28	-0,283	-0,325
	Sig.	0,114	0,928	0,071	0,889	0,071	0,104	0,003	0,077	0,088	0,739	0,001	0,29	0,351	0,839		0,158	0,153	0,098
Altura	C. de	,946**	,680**	0,083	-0,104	-0,083	-,839**	-,593**	-0,341	-0,351	-,686**	-,564**	-,755**	-,554**	-,694**	-0,28	1	,837**	,875**
	Sig.	0	0	0,68	0,606	0,68	0	0,001	0,082	0,073	0	0,002	0	0,003	0	0,158		0	0
Nº de hojas	C. de	,786**	,640**	0,076	-0,084	-0,076	-,468*	-,478*	-0,255	-0,25	-,774**	-,396*	-0,367	-0,156	-,578**	-0,283	,837**	1	,831**
	Sig.	0	0	0,708	0,676	0,708	0,014	0,012	0,199	0,208	0	0,041	0,06	0,436	0,002	0,153	0		0
Diámetro	C. de	,856**	,521**	0,122	0,025	-0,122	-,658**	-,678**	-,406*	-,418*	-,668**	-,536**	-,527**	-0,314	-,596**	-0,325	,875**	,831**	1
	Sig.	0	0,005	0,545	0,901	0,545	0	0	0,036	0,03	0	0,004	0,005	0,11	0,001	0,098	0	0	0

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 25. Análisis de suelo final de todos los tratamientos.

TRAT	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE	M.O	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol (+)/kg						CICe	bas. Camb.	Ac. Camb.	sat. al
	Arena	Arcilla	Limo	textura								Ca	Mg	K	Na	Al	H				
	%	%	%																		
1	55	19	26	Franco arenoso	6,8	384,7	3,77	0,17	235,2	795,98	5,19	3,41	1,65	0,113	0,02			100	0	0	
2	52	20	28	franco	7,0	406,7	3,33	0,15	168,9	821,31	6,77	4,53	2,07	0,147	0,02			100	0	0	
3	50	21	29	franco	7,2	440,0	3,47	0,16	128,9	904,11	5,01	3,40	1,47	0,127	0,02			100	0	0	
4	44	23	33	franco	7,1	329,0	3,147	0,14	100,0	723,01	6,97	4,76	2,07	0,13	0,01			100	0	0	
5	54	19	27	Franco arenoso	7,8	615,0	4,917	0,22	81,9	1 988,5	7,33	5,81	1,14	0,34	0,04			100	0	0	
6	45	24	31	franco	7,4	463,7	4,313	0,20	72,1	1 250,5	6,17	5,08	0,86	0,217	0,01			100	0	0	
7	44	24	32	franco	7,2	354,3	3,607	0,16	63,1	936,59	7,31	6,28	0,85	0,163	0,02			100	0	0	
8	44	22	35	franco	7,1	240,1	3,813	0,17	46,5	918,27	6,50	5,52	0,80	0,163	0,01			100	0	0	
9	38	30	32	franco arcilloso	3,7	133,7	3,113	0,14	20,1	100,62		0,84	0,29	0,017	0,01	1,9	0,5	3,547	37	63	49,41

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

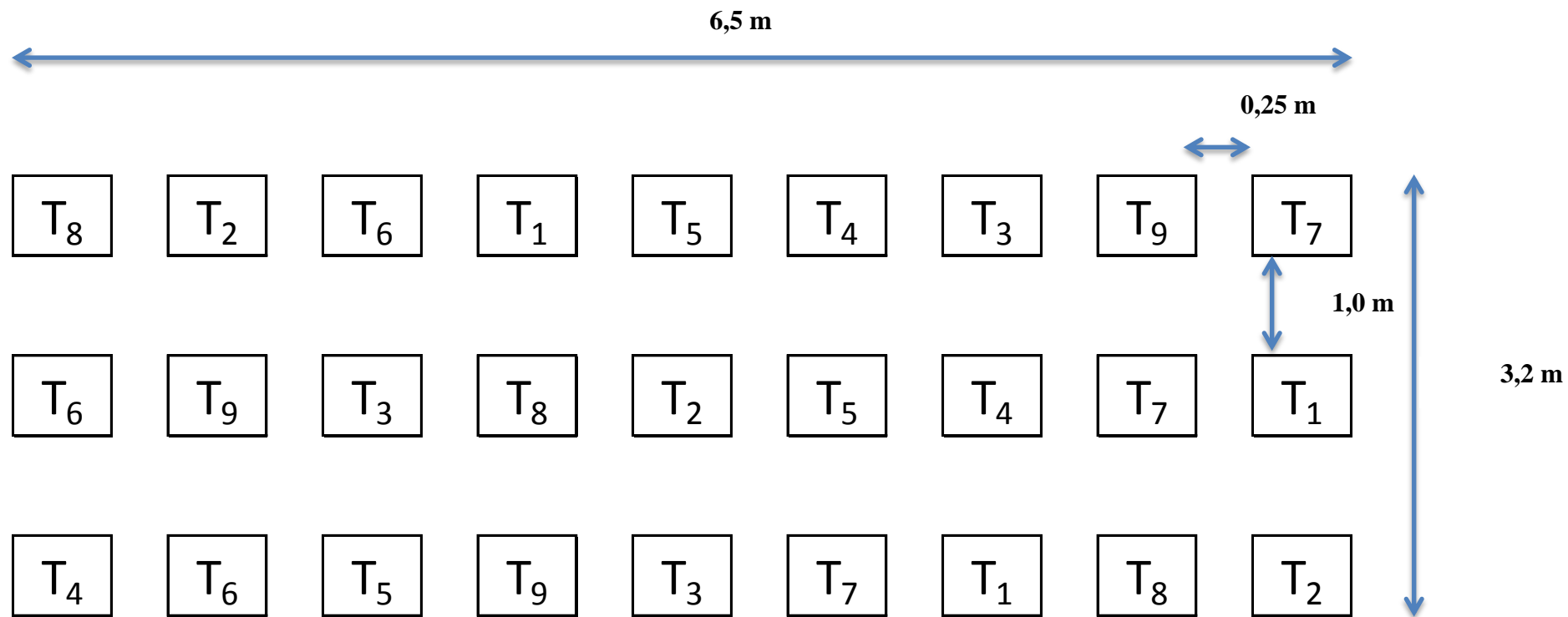


Figura 11. Croquis del campo experimental.

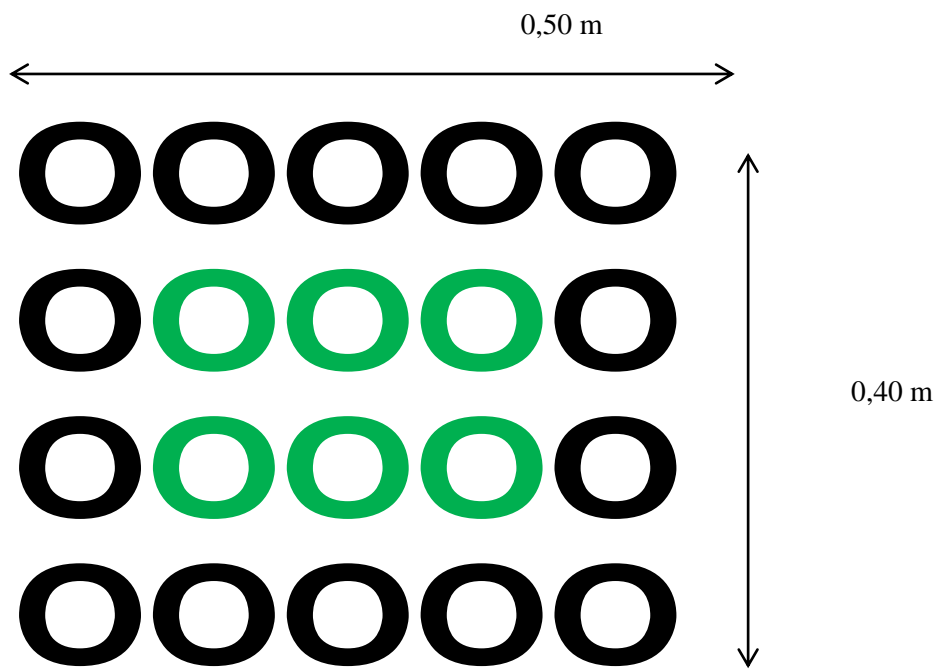


Figura 12. Croquis de una parcela experimental.



Figura 13. Planta madre de *G. mangostana* en el BRUNAS



Figura 14. Acondicionamiento del vivero.



Figura 15. Preparación del sustrato.



Figura 16. Selección de los frutos de *G. mangostana*.



Figura 17. Extracción de las semillas de *G. mangostana*.



Figura 18. Limpieza y selección de semillas de *G. mangostana*.



Figura 19. Germinación de las semillas de *G. mangostana*.



Figura 20. Poliembrionía en las semillas de *G. mangostana*.



Figura 21. Medición de la altura del plantón de *G. mangostana*.



Figura 22. Medición del diámetro de tallo en los plantones de *G. mangostana*.



Figura 23. Conteo del número de hojas en plantones de *G. mangostana*.



Figura 24. Síntomas de Toxicidad de los plantones de *G. mangostana*.



Figura 25. Plantones de *G. mangostana* a los 12 meses de crecimiento.



Figura 26. Visita de los jurados al área experimental.



Figura 27. Efecto de Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables y el testigo.



Figura 28. Efecto de Compost agrícola y el testigo.