

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



**FUENTES Y NIVELES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS Y NATURALES EN LA
OBTENCIÓN DE PLANTONES DE LIMÓN MANDARINA EN TINGO MARÍA**

Tesis

**Para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por
VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND**

**Asesor
JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO**

Tingo María – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 023-2025-FA-UNAS

BACHILLER : VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND

TÍTULO : FUENTES Y NIVELES DE ENMIENDAS ORGANICAS Y NATURALES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE LIMON MANDARINA EN TINGO MARÍA.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL : Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL : M. Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES

ASESOR : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 15/10/2025

HORA DE SUSTENTACIÓN : 04:00 P.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala de Audiovisuales de la F.A.


CALIFICATIVO : MUY BUENO


RESULTADO : APROBADO


OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 15 DE OCTUBRE DEL 2025


Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
PRESIDENTE


Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL


M. Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES
VOCAL


Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
ASESOR



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓNINSTITUTO DE
INVESTIGACIÓNUNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 059 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
FUENTES Y NIVELES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS Y NATURALES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE LIMÓN MANDARINA EN TINGO MARÍA, PERÚ	VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND	12 % Doce	Menor a 20 %

Tingo María, 20 de febrero de 2026.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo



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

**FORMATO PARA REGISTRAR LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO**

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Agronomía
Escuela profesional : Agronomía
Departamento académico : Ciencias agrarias
Título de tesis : Fuentes y niveles de enmiendas orgánicas y naturales en la obtención de plántones de limón mandarina en Tingo María
Objetivo general : Evaluar el efecto de fuentes y niveles de enmiendas orgánicas y naturales en la obtención de plántones de limón mandarina en vivero en Tingo María

Autor : Veronica Isabel Guevara Durand
DNI : 72850307
Correo electrónico : veronica.guevara@unas.edu.pe
Asesores : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
Área de investigación : Suelos y fertilizantes
Grupo de investigación : Recuperación y manejo de suelos degradados y contaminados - RYMSDYC
Línea (s) de investigación : Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos.

Lugar de ejecución : Vivero “El Agrónomo” Facultad de Agronomía
Fecha de inicio : Setiembre del 2023
Fecha de finalización : Marzo del 2024
Presupuesto : S/. 5 413,50
Financiamiento : Propio (x) FIF () Externo ()

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

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



**Fuentes y niveles de enmiendas orgánicas y naturales en la obtención de plantones de
limón mandarina en Tingo María**

Autor	: Veronica Isabel Guevara Durand
Asesor	: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
Área de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea de investigación	: Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos
Eje temático	: Uso de abonos orgánicos en la propagación de plantas
Lugar de ejecución	: Vivero, Facultad de Agronomía
Duración del trabajo	: 7 meses
Financiamiento	: 5 413,50 soles

Tingo María – Perú, 2025

DEDICATORIA

A Dios por permanecer constantemente en mi sendero, brindándome la oportunidad de alcanzar mi desarrollo profesional.

A mis queridos padres por su apoyo en todo mi proceso de formación académica; su esfuerzo y ejemplo han sido una fuente de inspiración, para alcanzar mis metas.

A mis hermanos, por sus consejos y todo el apoyo que me han brindado en mi proceso de formación académica.

A mi hermosa hija, por ser el motor, el motivo y la fuerza que impulsa cada uno de mis pasos para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todos sus miembros, agradezco su respaldo y confianza, especialmente a los profesores de la Facultad de Agronomía que desempeñaron un papel fundamental en mi formación profesional.
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, asesor de la presente tesis, por su colaboración en todas las etapas de la investigación, desde la elaboración hasta la culminación y revisión del trabajo académico y científico, según las normas de redacción de la UNAS
- A los miembros del jurado, Ing. Celos Miguel Miranda Armas, en calidad de presidente, así como al Ing. Jorge Cerón Chávez y al M.Sc. Jimmy Alcides Ocaña Reyes, por su valiosa contribución durante el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones y recomendaciones fueron fundamentales para el cumplimiento de los objetivos planteados
- Al vivero "El Agrónomo" de la Facultad de Agronomía, por brindar el espacio y las condiciones adecuadas para el desarrollo de mi trabajo de investigación

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Generalidades de las enmiendas orgánicas.....	2
2.1.1. Importancia en la agricultura	2
2.1.2. Ventajas desventajas en la agricultura	3
2.1.3. Compost.....	4
2.1.3.1. Características del compost.....	4
2.1.3.2. Composición el compost	4
2.1.3.3. Importancia del compost	5
2.1.4. Dolomita	6
2.1.4.1. Características y composición de la dolomita	6
2.1.4.2. Importancia de la dolomita.....	7
2.1.5. Roca fosfórica	8
2.1.5.1. Características de la roca fosfórica.....	8
2.1.5.2. Importancia de la roca fosfórica.....	9
2.1.6. Guano de isla	9
2.1.6.1. Características del guano de isla	10
2.1.6.2. Importancia del guano de isla.....	11
2.2. Generalidades de los cítricos	12
2.2.1. Patrones de cítrico.....	12
2.2.2. Características de patrones de cítrico.....	12
2.2.3. Limón mandarina	13
2.3. Antecedentes del estudio	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.1.1. Zona de vida.....	16
3.1.2. Condiciones edafoclimáticas	16
3.1.3. Registro meteorológico durante el desarrollo del experimento	17
3.1.4. Análisis inicial del suelo	18

3.1.5. Material experimental	19
3.1.6. Componentes	19
3.1.7. Tratamientos	20
3.1.8. Diseño experimental	20
3.1.9. Análisis de varianza	21
3.1.10. Características del área experimental	21
3.1.11. Croquis del experimento	22
3.1.12. Variables en estudio	23
3.2. Metodología	23
3.2.1. Adquisición del suelo	23
3.2.2. Adquisición de enmiendas	23
3.2.3. Acondicionamiento del vivero	23
3.2.4. Identificación de tratamientos	24
3.2.5. Preparación de sustratos	24
3.2.6. Ubicación de las bolsas en vivero	24
3.2.7. Selección de las semillas	24
3.2.8. Germinación de las semillas	25
3.2.9. Trasplante	25
3.2.10. Labores culturales	25
3.3. Variables a medir	26
3.3.1. Análisis final del sustrato	27
3.3.2. Análisis de costo de los tratamientos	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Medidas biométricas de platonos de cítrico limón mandarina	29
4.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas de plantones	29
4.1.2. Longitud y volumen de raíces	46
4.1.3. Peso fresco, seco y porcentaje de materia seca	51
4.2. Análisis final de sustrato	60
4.3. Análisis de costo	65
V. CONCLUSIONES	69
VI. PROPUESTAS A FUTUTO	70
VII. REFERENCIAS	71
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2023 - 2024	17
2. Análisis de caracterización del suelo inicial	18
3. Tratamientos en estudio	20
4. Esquema del análisis de varianza	21
5. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura, diámetro de tallo y número de hojas de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	36
6. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) de altura, diámetro de tallo y número de hojas de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	37
7. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud y volumen de raíces de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	46
8. Prueba de TUKEY ($\alpha = 0,05$) de longitud y volumen de raíces de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	47
9. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso fresco, seco y porcentaje de materia seca de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	52
10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) del peso fresco, seco y porcentaje de materia seca de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante	53
11. Análisis fisco-químico del sustrato al final del experimento 180 días después de haber realizado las mezclas	62
12. Análisis de costo de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de enmiendas orgánicas	66
13. Evaluación de altura de los plántones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante	80
14. Evaluación de altura de los plántones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante	81
15. Evaluación de altura de los plántones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante	82
16. Evaluación de altura de los plántones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante	83
17. Evaluación de altura de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante	84

18.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante	85
19.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante	86
20.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante	87
21.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante	88
22.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante	89
23.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante	90
24.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante	91
25.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante	92
26.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante	93
27.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante	94
28.	Evaluación de la longitud de raíces de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante	95
29.	Evaluación del volumen de raíces de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante	96
30.	Evaluación del peso fresco de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante.....	97
31.	Evaluación del peso seco de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del campo experimental.....	16
2. Croquis del experimento en estudio.....	22
3. Croquis de un tratamiento en estudio.....	22
4. Línea de tendencia del crecimiento en altura de plántones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días	30
5. Línea de tendencia del crecimiento del diámetro del tallo de plántones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días	32
6. Línea de tendencia del número de hojas de plántones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días	35
7. Altura de plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	39
8. Diámetro del tallo de plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	41
9. Número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	43
10. Regresión lineal entre altura de plántones (X) con diámetro de tallo (Y) de los plántones de cítrico (limón mandarina)	44
11. Regresión lineal entre altura de plántones (X) con número de hojas/planta (Y) de los plántones de cítrico (limón mandarina)	45
12. Longitud de las raíces de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	49
13. Volumen de las raíces de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación.....	50
14. Regresión lineal entre Volumen de raíces (X) con longitud de raíces (Y) de los plántones de cítrico (limón mandarina)	51
15. Peso fresco de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	55
16. Peso seco de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación	57
17. Porcentaje de materia seca de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 17 tratamientos a los 150 días de evaluación	58

18.	Regresión lineal entre peso seco (X) con peso fresco (Y) de los plantones de cítrico (limón mandarina).....	59
19.	Tamizado, llenado de bolsas y ubicación en la cama de vivero para la instalación de plantines de limón mandarina	99
20.	Plantines de limón mandarina en cama de germinación, con enraizaste y trasplante.....	100
21.	Recalce y crecimiento de plantones de limón mandarina	101
22.	Supervisión de la tesis. Ing. Carlos Miguel Miranda Armas	102
23.	Análisis inicial de suelo	103
24.	Análisis final del suelo de cada tratamiento.....	104

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el vivero “El Agrónomo” de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, Perú, con el objetivo de evaluar el efecto de fuentes y niveles de enmiendas orgánicas y naturales (compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla) en la obtención de plántones de limón mandarina con mejores características morfológicas en menor tiempo. Se emplearon 14 tratamientos derivados de diferentes combinaciones y dosis de dichas enmiendas, bajo un diseño completamente al azar (DCA) con 4 repeticiones. La metodología incluyó la preparación de sustratos con suelo residual y enmiendas, siembra de semillas germinadas, trasplante, y evaluación de variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas, longitud y volumen radicular, peso fresco y seco, porcentaje de materia seca, además del análisis físico-químico del sustrato final. Los resultados mostraron que la combinación de enmiendas orgánicas y minerales mostró un efecto altamente positivo en el crecimiento y la biomasa de plántones de cítrico, destacando el tratamiento T₁ por alcanzar los valores más altos en todas las variables morfológicas evaluadas: altura (47,12 cm), diámetro del tallo (6,14 mm), número de hojas (41,25), longitud de raíces (27,43 cm), volumen radicular (25,33 cm³), peso fresco (40,83 g) y peso seco (40,54 g). Además, este tratamiento presentó los mejores resultados en la calidad del sustrato, con incrementos significativos en materia orgánica (4,07 %), nitrógeno (0,20 %), fósforo (9,79 ppm), potasio (127,94 ppm), calcio (4,80 cmol(+)/kg), magnesio (1,08 cmol(+)/kg), y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 6,46 cmol(+)/kg, junto a un pH neutro de 7,25, condiciones óptimas para el desarrollo de cítricos. No obstante, en términos económicos, el tratamiento más rentable fue el T₁₂ (roca fosfórica), al registrar el mayor valor de utilidad (S/ 39,49), el índice de rentabilidad más alto (0,58) y la mejor relación beneficio/costo (S/ 1,58), posicionándose como una opción eficiente y accesible para pequeños productores.

Palabras clave: Fertilidad del suelo, desarrollo vegetal, abonos orgánicos, propagación de cítricos

The Sources and Levels of Organic and Natural Additives for Obtaining Mandarin Lime Seedlings in Tingo Maria, Peru

ABSTRACT

The study was carried out in the school of agronomy's El Agronomo plant nursery at the Universidad Nacional Agraria de la Selva in Tingo Maria, Peru, with the objective of evaluating the effect of the sources and levels of organic and natural additives (compost, dolomite, phosphoric rock, and guano de isla) in order to obtain mandarin lime seedlings, with improved morphological characteristics, over a shorter time. Fourteen treatments derived from different combinations and doses of said additives were used, under a completely random design (CRD; DCA in Spanish) with four repetitions. The methodology included preparing substratum from residual soil and additives, planting the germinated seeds, transplanting, and evaluating the variables such as height, stalk diameter, number of leaves, root length and volume, fresh and dry weight, [and] percent of dry matter, as well as, doing a physico-chemical analysis of the final substrate. The results showed that the combination of the organic additives and minerals revealed a highly positive effect on the growth and the biomass of the citric seedlings, [with] treatment T₁ standing out due to achieving the highest values for all of the morphological variables that were evaluated: height (47,12 cm), stalk diameter (6,14 mm), number of leaves (41,25), root length (27,43 cm), root volume (25,33 cm³), fresh weight (40,83 g), and dry weight (40,54 g). Moreover, this treatment presented the best results for the quality of the substrate with significant increases in the organic matter (4,07 %), nitrogen (0,20 %), phosphorous (9,79 ppm), potassium (127,94 ppm), calcium (4,80 cmol(+)/kg), [and] magnesium (1,08 cmol(+)/kg), as well as a cation exchange capacity (CEC; CIC in Spanish) of 6,46 cmol(+)/kg, together with a neutral pH of 7,25; optimal conditions for citric development. Notwithstanding, in economic terms, the most profitable treatment was T₁₂ (phosphoric rock), due to a greater utility (S/ 39,49), the highest profitability index (0,58) and the best benefit/cost relationship (S/ 1,58) being recorded, positioning it as an efficient and accessible option for small producers.

Keywords: soil fertility, vegetative development, organic fertilizers, citric propagation

I. INTRODUCCIÓN

La baja fertilidad del suelo, el uso intensivo de fertilizantes químicos y las prácticas agrícolas inadecuadas han generado una creciente preocupación por la sostenibilidad de la producción de cultivos frutales, especialmente en regiones con variabilidad de suelos como Tingo María (Rengifo, 2014). Ante esta problemática, se presenta como una posible solución el uso de enmiendas orgánicas y naturales, las cuales pueden mejorar la calidad de los plantones de limón mandarina, reducir el impacto ambiental y promover prácticas agrícolas más ecológicas (Vargas y Pérez, 2018). Razones se espera que la aplicación de diferentes fuentes y niveles de enmiendas orgánicas influye en el crecimiento y desarrollo de los plantones de limón mandarina en dicha región, esto no solo contribuirá a mantener la salud del suelo a largo plazo, sino que también puede reducir los costos asociados con el uso de fertilizantes convencionales y aumentar la rentabilidad de los cultivos, beneficiando tanto a los productores como al medio ambiente (Murillo-Montoya, 2020).

El trabajo tuvo como finalidad la obtención de plantones de limón mandarina para patrón con mejor estructura y en menor tiempo para ser injertados, mediante el uso de enmiendas orgánicas (compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla). Por lo tanto, se planteó la siguiente interrogante: ¿Tendrán un efecto positivo las enmiendas orgánicas en la obtención de plantones de limón mandarina en menor tiempo y con buenas estructuras? La hipótesis establecida sugiere que la utilización de enmiendas orgánicas y naturales, aplicadas en las dosis adecuadas, mejorará significativamente el crecimiento, desarrollo y calidad de los plantones de limón mandarina. Por estas razones, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de fuentes y niveles de enmiendas orgánicas y naturales en la obtención de plantones de limón mandarina en vivero en Tingo María.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de las fuentes y niveles de enmiendas orgánicas naturales respecto a parámetros biométricos (altura de plantas, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco además del porcentaje de materia seca).
2. Evaluar el efecto de las fuentes y niveles de enmiendas orgánicas respecto a las variaciones de algunas propiedades físicas, químicas del suelo.
3. Determinar la evaluación B/C de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de las enmiendas orgánicas

2.1.1. Importancia en la agricultura

La fertilidad natural de un suelo depende en gran medida de la presencia de materia orgánica que se compone de restos vegetales y animales de diversas clases que han sido descompuestos y transformados por la acción de microorganismos como bacterias, hongos y algas que, a través de su actividad, descomponen y modifican los residuos de manera gradual en distintos compuestos orgánicos (Sepulveda et al, 2010).

La agricultura orgánica es relevante desde el punto de vista ecológico porque ayuda a conservar la biodiversidad en los sistemas agrícolas y juega un papel clave en la restauración del equilibrio ecológico de los agroecosistemas para lograr una producción sostenible y mantener los servicios ecológicos fundamentales ya que cuando estos servicios se pierden los costos pueden ser elevados y también tiene importancia económica ya que cada vez más investigadores demuestran que es posible equilibrar la protección del medio ambiente con rendimientos sostenibles la fertilidad del suelo promovida biológicamente y el control natural de plagas mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajo insumo y costo de manera que estas prácticas no solo generen mayores ingresos para los agricultores sino que también permitan que los productos orgánicos alcancen precios más altos en el mercado en comparación con los productos inorgánicos (Altieri y Nicholls, 2000).

La importancia social de la agricultura orgánica radica en su contribución significativa al desarrollo rural y a la lucha contra la pobreza y el hambre, ya que promueve medios de vida seguros, saludables y económicamente sostenibles en las comunidades rurales al fomentar prácticas agrícolas que valoran el trabajo local y respetan los conocimientos tradicionales, la agricultura orgánica impulsa la creación de empleo al requerir una mayor cantidad de mano de obra para actividades como el manejo de cultivos y la implementación de técnicas de control biológico y, al incentivar la diversificación de cultivos, mejora la seguridad alimentaria al proporcionar una mayor variedad de alimentos nutritivos y frescos disponibles para el consumo local, además fortalece las redes sociales y la cohesión comunitaria al promover mercados locales y circuitos cortos de comercialización, facilitando el acceso de los agricultores a precios más justos por sus productos y permitiéndoles invertir en mejoras para sus familias y sus tierras, lo que a largo plazo, contribuye a reducir las desigualdades sociales y económicas y a construir comunidades rurales más resilientes y autosuficientes (Reyes, 2015).

2.1.2. Ventajas desventajas en la agricultura

CODEX (2005), indica que presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Aumenta la diversidad biológica del sistema en su conjunto.
- ✓ Incrementar la actividad biológica del suelo
- ✓ Mantiene la fertilidad del suelo a largo plazo
- ✓ Reutiliza los desechos de origen vegetal y animal a fin de devolver nutrientes a la tierra, reduciendo al mínimo el empleo de recursos no renovables
- ✓ Se basa en recursos renovables y en sistemas agrícolas organizados localmente
- ✓ Promueve un uso saludable del suelo, el agua y el aire y reduce al mínimo todas las formas de contaminación de estos elementos que puedan resultar de las prácticas agrícolas.
- ✓ Manipula los productos agrícolas haciendo hincapié en el uso de métodos de elaboración cuidadosos a efectos de mantener la integridad orgánica y las cualidades vitales del producto en todas las etapas.

En el manejo orgánico del suelo (forestal y agrícola) pueden presentarse algunas situaciones que pudieran ser interpretadas como desventajas pero que a largo plazo serán superadas (Felix et al, 2008), dichas situaciones son:

- ✓ Efecto lento ya que el suelo se adapta a cierto manejo y al retirarle al 100% los compuestos a los que estaba acostumbrado dicho suelo, pueden no ser muy provechoso.
- ✓ Los resultados se esperan a largo plazo, el cambio debe ser gradual, ya que poco a poco el suelo restituirá los procesos de formación y degradación de la materia orgánica hasta llegar a un nivel donde solo requerirá una mínima cantidad de nutrientes para mantener dicha actividad.
- ✓ El periodo de transición para que un suelo sea orgánico oscila entre los 3 a 5 años, dependiendo del manejo previo del suelo y de los factores medio ambientales, puede extenderse hasta los 8 años.
- ✓ Estar conscientes de que los costos en el manejo del suelo aumentan al hacerlo orgánicamente, pero de igual forma se tendrán plantas y frutos de mejor calidad, traducándose esto en más ingresos y menor costo del manejo del suelo en un futuro

2.1.3. Compost

El compostaje consiste en la descomposición de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos los cuales modifican la estructura molecular de los compuestos presentes y dependiendo del tiempo que dure este proceso se alcanza un determinado grado de madurez que puede involucrar una biotransformación o degradación parcial es decir la conversión de un compuesto orgánico en otro de características similares o una mineralización o degradación completa considerada como la descomposición total de las moléculas orgánicas en dióxido de carbono residuos inorgánicos inertes o minerales que luego se integran a la estructura del suelo los microorganismos y las plantas (Puerta, 2004).

2.1.3.1. Características del compost

El compost se considera principalmente un acondicionador del suelo en lugar de un fertilizante ya que, para ser clasificado como fertilizante, debería contener mayores cantidades de nitrógeno, potasio y fósforo; aunque el compost maduro aporta estos y otros nutrientes, su acción es más lenta en comparación con los fertilizantes químicos, pero contribuye a aumentar la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo, además, el compost desempeña un papel fundamental al mejorar y corregir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Román et al., 2013).

El compost incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre, al tiempo que mejora la eficiencia de la fertilización, especialmente en lo que respecta al nitrógeno; además, estabiliza la reacción del suelo gracias a su alto poder de tampón y tiene la capacidad de inactivar residuos de plaguicidas mediante su absorción, inhibiendo también el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas; contribuye a mejorar la estructura del suelo, dando soltura a los suelos pesados y compactos y cohesionando los sueltos y arenosos, incrementando la porosidad, lo que favorece la permeabilidad y la ventilación del suelo, y reduce su erosión; también aumenta la capacidad de retención de humedad y confiere un color oscuro al suelo, ayudando a la retención de energía calorífica, siendo además una fuente de energía que incentiva la actividad microbiana, y cuando existen condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros factores, se favorece el incremento y la diversificación de la flora microbiana (Gracia, 2012).

2.1.3.2. Composición el compost

La calidad del compost está influenciada tanto por el tipo de material original utilizado, como el contenido inicial de nutrientes, y por el sistema de compostaje empleado, ya que este proceso de larga duración puede conducir a la sobre maduración del material orgánico, afectando su efectividad como enmienda (Gómez, 2009).

Un compost inmaduro que no cumple con las características físico-químicas adecuadas puede tener consecuencias negativas en el crecimiento de las plantas, debido a que una alta relación carbono/nitrógeno puede provocar la inmovilización del nitrógeno en el suelo, generando competencia entre las raíces de las plantas y los microorganismos por la disponibilidad de este nutriente esencial (Román et al., 2013). Por otro lado, una relación carbono/nitrógeno demasiado baja puede disminuir el oxígeno disponible en el sistema radicular, ocasionando estrés hídrico y dificultando la absorción de nutrientes, lo cual impacta directamente en el desarrollo saludable de las plantas (Gutiérrez-Miceli et al., 2020).

Un compost de alta calidad no solo debe tener una relación carbono/nitrógeno equilibrado, sino también haber alcanzado un grado adecuado de estabilidad y madurez que asegure la ausencia de fitotoxinas y microorganismos patógenos, factores que pueden alterar los procesos biológicos en el suelo (Vico, 2014). Para alcanzar esta madurez, el compost debe pasar por un proceso de compostaje controlado donde se monitoricen parámetros como la temperatura, la humedad y la aireación (Soto et al., 2015). La temperatura adecuada facilita la degradación de materiales orgánicos complejos como la celulosa y la lignina y promueve la eliminación de agentes patógenos y semillas de malezas (Román et al., 2013).

Asimismo, un compost maduro contribuye a mejorar la estructura del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua y aireación, lo que favorece el desarrollo de raíces más robustas y sanas (Benavides, 2016). También incrementa la actividad microbiana benéfica en el suelo, facilitando la descomposición de materia orgánica residual y mejorando la disponibilidad de nutrientes a largo plazo (Oramas et al., 2004). Además, un compost bien elaborado puede actuar como un agente de corrección del pH del suelo, neutralizando condiciones extremas de acidez o alcalinidad, y creando un ambiente más propicio para el crecimiento de una amplia gama de cultivos (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [ICTA], 2009). De esta manera, el compost de calidad no solo aporta nutrientes esenciales de forma gradual, sino que también contribuye a la sostenibilidad del ecosistema agrícola al mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, potenciando su productividad y resiliencia a largo plazo (Paz-Ferreiro et al., 2014).

2.1.3.3. Importancia del compost

Es fundamental para la producción de plántones de cítricos debido a su capacidad para mejorar significativamente las propiedades del suelo, promoviendo un ambiente ideal para el desarrollo de las plantas. El compost enriquece el suelo con nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales para el crecimiento de los cítricos en las primeras etapas de desarrollo (Vargas-Pineda et al., 2019). Además, el compost

mejora la estructura del suelo, incrementando su capacidad de retención de agua y aireación, lo que facilita el desarrollo de un sistema radicular más robusto y profundo, indispensable para los plántones de cítricos (Ramos y Terry, 2014).

También actúa como un amortiguador del pH, ayudando a neutralizar suelos ácidos o alcalinos y creando un ambiente más adecuado para la absorción de nutrientes (Román et al., 2013). La materia orgánica presente en el compost favorece la actividad microbiana, lo cual no solo mejora la disponibilidad de nutrientes, sino que también protege a los plántones contra patógenos del suelo (Gilbert et al., 2017). Este proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica también contribuye a la liberación gradual de nutrientes, proporcionando un suministro continuo a los plántones, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos y promoviendo un crecimiento más saludable y sostenible de los cítricos (Julca-Otiniano et al., 2006).

2.1.4. Dolomita

La dolomita es un mineral que se presenta en tonos que van desde el blanco hasta el marrón claro o rosa, y que forma cristales de estructura romboédrica con superficies frecuentemente curvas; también puede encontrarse en formas masivas o granulares, este mineral es común en vetas hidrotérmicas, serpentinitas, rocas ígneas básicas alteradas y algunos carbonatitos (Servicio Geológico Mexicano, 2017). Aunque comparte muchas características con la calcita, la dolomita se diferencia por su menor efervescencia cuando se expone a ácidos, a menos que se encuentre pulverizada. Presenta un lustre que varía de vítreo a perlado y tiene una exfoliación romboédrica definida en tres direcciones (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú [INGEMMET], 2017). Además, debido a su composición química y su formación en ambientes específicos, la dolomita desempeña un papel crucial en la geología y la industria, especialmente en aplicaciones como la fabricación de cemento, la producción de vidrio y cerámica, y como acondicionador de suelos para corregir la acidez y mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Su capacidad para neutralizar ácidos y aportar magnesio y calcio la convierte en un recurso valioso en prácticas agrícolas y de jardinería sostenibles (Cuevas et al., 2018).

2.1.4.1. Características y composición de la dolomita

La dolomita, un carbonato doble de calcio y magnesio con la fórmula química $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, fue descubierta entre 1788 y 1789 por el geólogo y mineralogista francés Déodat de Dolomieu, de quien toma su nombre, este mineral reacciona de manera leve cuando se le aplica ácido clorhídrico diluido al 5 %, de forma diferente al carbonato de calcio

puro. Más que una simple variante de la caliza, la dolomita contiene, en su forma más pura, un 30,41 % de óxido de calcio (CaO), un 21,86 % de óxido de magnesio (MgO) y un 47,73 % de dióxido de carbono (CO₂). Suele encontrarse en cristales romboédricos, generalmente deformados, aplanados o curvados en forma de silla de montar, y también en formas masivas, compactas o como pequeñas geodas (Servicio Geológico Mexicano, 2020).

A menudo se presenta como masas granulares y puede contener impurezas como hierro y manganeso, su color varía desde blanco, gris, rosado, y rojizo hasta negro, con matices que pueden ser amarillentos, pardos o verdosos, predominando los tonos incoloros o blanco grisáceo, exhibe un aspecto que varía de vítreo a perlado y puede ser transparente o translúcida, su dureza es de 3.5 a 4 en la escala de Mohs y su peso específico es de 2,9 g/cm³, y forma la roca conocida como dolomita, este mineral de alta pureza es esencial en diversas aplicaciones, como en la fabricación de materiales refractarios y vidrio plano, además de ser usado como fundente en metalurgia, en la producción de cerámica, pinturas y cargas blancas, en la agricultura, al igual que la calcita, la dolomita actúa como una fuente de magnesio y calcio, siendo un fertilizante vital para modificar el pH del suelo y regular su acidez, lo que mejora la calidad del suelo y aumenta el rendimiento de los cultivos, en la industria química, se utiliza para la preparación de sales de magnesio y como mena de magnesio metálico, también se emplea en la construcción de cementos especiales, como piedra ornamental, y tiene interés científico y para coleccionistas; además, es un excelente aislante térmico y se utiliza para desacidificar el agua (Mariscal, 2002).

2.1.4.2. Importancia de la dolomita

La dolomita se utiliza en suelos residuales para corregir problemas de acidez y mejorar las propiedades físico-químicas del suelo, lo cual tiene un impacto positivo en el desarrollo de plántones de cítricos, al aplicar dolomita en suelos ácidos, se neutraliza la acidez del suelo debido a su contenido de calcio y magnesio, dos elementos esenciales para la nutrición de las plantas, este ajuste del pH no solo facilita la disponibilidad de nutrientes en el suelo, sino que también mejora la estructura del suelo al aumentar la agregación de partículas, lo que favorece la permeabilidad y la aireación (Nazar, 2021).

En los plántones de cítricos, el uso de dolomita puede promover un crecimiento más vigoroso debido a la optimización de las condiciones del suelo, el magnesio presente en la dolomita es un componente clave de la clorofila, necesario para la fotosíntesis, mientras que el calcio fortalece las paredes celulares, ayudando a las plantas a resistir enfermedades y mejorar la absorción de otros nutrientes, además, la aplicación de dolomita puede contribuir a la actividad microbiana beneficiosa en el suelo, facilitando procesos como

la descomposición de materia orgánica y la fijación de nitrógeno, lo que a su vez incrementa la fertilidad del suelo y proporciona un ambiente más favorable para el desarrollo de los plantones de cítricos (Dechen y Nachtigall, 2007).

En suelos residuales, donde la calidad del suelo suele estar comprometida por la presencia de residuos o contaminantes, la dolomita actúa como una enmienda eficaz que ayuda a restaurar las condiciones óptimas del suelo para el crecimiento de las plantas, asegurando que los plantones de cítricos reciban un suministro adecuado de nutrientes esenciales y se establezcan de manera saludable, resultando en un aumento en la tasa de supervivencia y un mejor rendimiento a largo plazo (Huaraca-Fernández et al., 2020).

2.1.5. Roca fosfórica

La roca fosfórica es el nombre comercial común para unos 300 tipos de fosfatos de diferentes calidades conocidos en todo el mundo. Este término se refiere al producto obtenido a partir de la extracción minera y el procesamiento metalúrgico de minerales que contienen fosfato. Además del mineral fosfatado principal, los depósitos de roca fosfórica contienen minerales secundarios e impurezas conocidas como "ganga". Aunque durante el proceso de beneficio se eliminan cantidades significativas de estos minerales accesorios e impurezas, el producto final siempre retiene algunas de las impurezas originales. Las rocas fosfóricas pueden utilizarse como materia prima en la producción industrial de fertilizantes fosfatados solubles en agua o como fuente directa de fósforo para la agricultura, especialmente en cultivos como los anturios, donde su aplicación puede mejorar el crecimiento y la floración de estas plantas ornamentales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2004).

2.1.5.1. Características de la roca fosfórica

La roca fosfórica se caracteriza por tener una textura arenosa y un color marrón claro, con una composición química que incluye 30,5 % de P_2O_5 (fósforo), con una granulometría que varía entre las mallas 100-60 %, 46,9 % de CaO (óxido de calcio), 1,7 % de azufre, 0,6 % de magnesio, 3,2 % de materia orgánica, 0,1 % de K_2O (óxido de potasio), 6,08 % de SiO_2 (dióxido de silicio), 5,0 % de SO_4 (sulfato), 0,79 % de Al_2O_3 (óxido de aluminio) y 2,98 % de flúor, su solubilidad varía según su estado; el P_2O_5 sin pulverizar es soluble en ácido cítrico al 2 % en un 12,1 %, mientras que, una vez pulverizado, su solubilidad aumenta a 15,3 %. Es un mineral utilizado como materia prima en la producción de fertilizantes de fósforo, compuesto por varios tipos de apatitas (fosfato tricálcico) con un contenido de P_2O_5 que varía entre 15 % y 35 %. La calidad de la roca fosfórica depende de factores como su edad, tamaño de partícula, grado de sustitución en la

estructura cristalina y su solubilidad en ácidos, y también puede ser utilizada directamente como fertilizante de fósforo en suelos ácidos (Zapata y Roy, 2007).

2.1.5.2. Importancia de la roca fosfórica

La roca fosfórica es de gran importancia para la producción de plántones de cítricos, ya que actúa como una fuente de fósforo de liberación lenta, un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, el fósforo es fundamental para la formación de raíces robustas, el desarrollo temprano de las plantas y la mejora del vigor general de los plántones de cítricos, al aplicar roca fosfórica directamente al suelo, se garantiza una disponibilidad continua de fósforo, especialmente en suelos ácidos donde su solubilidad es mayor, facilitando así su absorción por las raíces de los plántones (Lugo et al., 2009). Además, la roca fosfórica mejora la estructura del suelo al promover la actividad microbiana beneficiosa, lo que ayuda a descomponer la materia orgánica y liberar otros nutrientes necesarios para los cítricos, su uso como fertilizante natural también contribuye a mantener un pH adecuado en el suelo, evitando problemas de toxicidad y promoviendo un ambiente favorable para la absorción de nutrientes, por lo tanto, la roca fosfórica no solo mejora la disponibilidad de fósforo a lo largo del tiempo, sino que también reduce la necesidad de fertilizantes químicos sintéticos, lo que contribuye a una producción más sostenible y rentable de plántones de cítricos (Garro, 2016).

2.1.6. Guano de isla

Biológicamente, el guano de islas desempeña un papel fundamental en el metabolismo básico de las plantas, promoviendo el desarrollo de raíces, tallos y hojas gracias a su contenido completo de nutrientes esenciales. Este abono contiene todos los elementos nutritivos necesarios para asegurar una adecuada nutrición vegetal, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como micronutrientes que son igualmente importantes para el crecimiento saludable de las plantas. Además, su aplicación tiene efectos positivos en la vida del suelo, mejorando su estructura, aumentando su capacidad de retención de agua y estimulando la actividad microbiana beneficiosa, lo que a su vez favorece la disponibilidad de nutrientes (Sánchez, 2016). El guano de las islas, conocido por su alto valor fertilizante, proviene de las deyecciones de aves marinas como el guanay, el piquero y el alcatraz, estas aves guaneras funcionan como auténticos laboratorios biológicos, procesando el abono más completo que ofrece la naturaleza, resulta de la digestión de la carne y los esqueletos de peces que estas aves consumen, transformándolos en materia orgánica altamente rica en nutrientes y de fácil asimilación para las plantas, gracias a este proceso digestivo, los nutrientes presentes en el guano de islas se

encuentran en formas que son rápidamente absorbidas por las raíces, lo que contribuye a una rápida respuesta de crecimiento en las plantas, mejorando su vigor y productividad, además, el uso de guano de islas contribuye a prácticas agrícolas sostenibles al ser un fertilizante natural y renovable, que no solo nutre las plantas sino que también revitaliza y mantiene la fertilidad del suelo a largo plazo (Agro Rural, 2018).

2.1.6.1. Características del guano de isla

El guano de isla se caracteriza por ser un fertilizante orgánico natural de alta calidad, proveniente de las deyecciones de aves marinas como el guanay, el piquero y el alcatraz (García et al., 2016). Este abono presenta una serie de características que lo hacen especialmente valioso para la agricultura:

1. Alto contenido de nutrientes: el guano de isla es rico en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, contiene otros micronutrientes como el calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu) y boro (B), que son vitales para diversas funciones fisiológicas en las plantas.
2. Solubilidad y rápida disponibilidad: a diferencia de otros fertilizantes orgánicos, el guano de isla tiene una alta solubilidad en agua, lo que permite una rápida disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esto facilita una absorción eficiente por parte del sistema radicular, promoviendo un crecimiento vigoroso.
3. pH neutro o ligeramente alcalino: su pH generalmente se encuentra en un rango neutro o ligeramente alcalino, lo que contribuye a mejorar la calidad del suelo, neutralizando la acidez y creando un ambiente favorable para la actividad microbiana beneficiosa.
4. Mejorador del suelo: además de nutrir las plantas, el guano de isla mejora las propiedades físicas del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua y aireación, y promoviendo una estructura más friable que facilita el desarrollo de raíces.
5. Fertilizante de liberación lenta: proporciona nutrientes de forma gradual a lo largo del tiempo, lo que reduce la necesidad de aplicaciones frecuentes de fertilizantes y asegura una nutrición constante para las plantas.
6. Bajo contenido de sales nocivas: comparado con otros fertilizantes, el guano de isla contiene bajos niveles de sales perjudiciales, lo que minimiza el riesgo de toxicidad y daños en las plantas.

7. Promotor de la actividad biológica: este fertilizante estimula la actividad de microorganismos beneficiosos en el suelo, lo que contribuye a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes, favoreciendo la salud del ecosistema del suelo.

La recolección del guano de las islas se lleva a cabo cada 5 a 6 años en una misma isla o punta, permitiendo que durante este período se acumulen las deyecciones bajo condiciones climáticas de alta humedad relativa, con temperaturas promedio que oscilan entre 16 °C en invierno y 25 °C en verano, este proceso se desarrolla en un entorno donde proliferan diversos microorganismos, como hongos y bacterias benéficas, que utilizan el guano como sustrato para su alimentación (Sánchez, 2016). Estos microorganismos actúan como millones de laboratorios biológicos que realizan diversas reacciones bioquímicas de oxidación, transformando compuestos orgánicos complejos en productos inorgánicos más simples, que son fácilmente absorbidos por las plantas en forma de nutrientes esenciales (Agro Rural, 2018).

2.1.6.2. Importancia del guano de isla

El guano de islas es de gran importancia en la producción de plantones de cítricos debido a su alta concentración de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son fundamentales para el crecimiento saludable de las plantas, este fertilizante natural proporciona una liberación gradual de nutrientes, asegurando una disponibilidad continua durante el desarrollo inicial de los plantones, lo que resulta en raíces más fuertes, tallos más vigorosos y hojas más verdes y saludables, además, el guano de islas mejora la estructura del suelo al incrementar su capacidad de retención de agua y promover la actividad microbiana beneficiosa, factores que favorecen la absorción eficiente de nutrientes y mejoran la salud general del suelo (Agro Rural, 2018). La aplicación de guano de islas en los plantones de cítricos también ayuda a corregir el pH del suelo, manteniéndolo en un rango óptimo para la disponibilidad de nutrientes y reduciendo el riesgo de deficiencias nutricionales, esto es especialmente beneficioso en suelos pobres o degradados, donde el guano actúa como un acondicionador orgánico que revitaliza y restaura la fertilidad del suelo a largo plazo, su uso no solo promueve un crecimiento más rápido y uniforme de los plantones de cítricos, sino que también contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles al reducir la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos y minimizar el impacto ambiental (Parco-Quispe et al., 2022).

El guano de isla es un fertilizante orgánico altamente valorado por su rico contenido en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, y potasio, que favorecen el crecimiento de las plantas, además, mejora la estructura del suelo, promueve la actividad microbiana, y puede ayudar a controlar plagas y enfermedades, su liberación lenta de nutrientes

garantiza una nutrición prolongada, mientras que su uso contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la necesidad de fertilizantes químicos (Agro Rural, 2010).

2.2. Generalidades de los cítricos

2.2.1. Patrones de cítrico

Un portainjerto, también conocido como patrón o pie, es la planta en la que se realiza un injerto. Este injerto, junto con el portainjerto, forma un nuevo organismo, donde el portainjerto proporciona la base, que incluye el sistema de raíces y al menos una parte del tallo lignificado (tronco) (Álvarez, 2018). Por otro lado, el injerto, que puede consistir en una yema o en un pequeño fragmento con varias yemas de otra planta, conformará la parte aérea o superior del nuevo individuo, incluyendo sus ramas, hojas, flores y frutos. La unión del injerto y el portainjerto da lugar a una planta compuesta por dos partes de diferentes individuos que actúan de manera conjunta. No obstante, cada parte mantiene su identidad sin intercambiar información genética; es más, pueden ser genéticamente muy diferentes entre sí (Palacio y Sánchez, 2017).

2.2.2. Características de patrones de cítrico

1. Mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.); fue el patrón tolerante más empleado, actualmente sólo se utiliza en zonas con elevados contenidos de cal o problemas de salinidad. El vigor que induce sobre la variedad es menor que otros patrones y aunque da fruta de mucha calidad, el calibre y la piel es más fina, factores a tener muy en cuenta en algunas variedades. Bastante sensible a *Phytophthora* spp. y a la asfixia radicular; se debe evitar plantar en suelos arcillosos o que se encharquen. Recomendable plantarlo siempre en alto y evitar que los emisores de riego mojen el tronco. Aunque de buenas cualidades, las plantaciones con este patrón muestran un comportamiento irregular e imprevisible, en algunos casos de desarrollo es deficiente en los primeros años. La mayoría de las variedades comerciales injertadas sobre mandarina Cleopatra son plantas medianamente vigorosas, grandes pero muy poco precoces en la producción de fruta (INFOAGRO, 2009).

2. Citrange Carrizo. este patrón de obtuvo en Texas mediante hibridación de *Poncirus trifoliata* y el naranjo dulce; consiguiéndose aunar con ello la resistencia al frío del *Poncirus trifoliata* con las buenas cualidades del naranjo dulce. Los árboles injertos sobre este patrón presentan un crecimiento vigoroso sobre la diversidad de suelos y cuentan con gran cantidad de ventajas entre la que destaca la resistencia a algunas enfermedades actuales más devastadoras para los cítricos (Siebert, 2017)

3. Mandarino Cleopatra. fue el patrón más empleado, aunque actualmente sólo se utiliza en zonas con elevados contenidos de cal o problemas de salinidad. Es muy recomendable sobre todo para variedades de mandarino y de pomelo injertadas sobre este patrón, ya que presentan productividad y excelente calidad de fruta, pero con tamaño inferior con otros patrones (Villalba, 2000).

4. Citrus macrophylla. actualmente es el patrón más importante para el limonero, especialmente para la variedad fino, ya que presenta buena afinidad, induce una precoz entrada en producción y es muy productivo. Para otras variedades como el Verna, también da lugar a altas producciones y rápida entrada en producción, pero los frutos son bastos y de excesivo calibre (García, 2003). Sus características agronómicas más notables son la tolerancia a la exocortis y a la *Phytophthora* así como a la caliza y a la salinidad. Su principal inconveniente sin embargo, es a la sensibilidad al virus de la tristeza (Arenas *et al*, 2013).

5. Citrus Volkameriana. se cree que es un híbrido de limonero y naranjo amargo de origen italiano. Como principales características agronómicas positivas destacan las siguientes: adelanta la entrada en producción, muy resistente a la asfixia radicular y resistencia media a la salinidad. Induce a una buena producción, aunque de calidad inferior a otros patrones y es sensible a la *Phytophthora* (Arenas, 2015).

2.2.3. Limón mandarina

El limón mandarina (*Citrus x limonia*) es un híbrido entre la mandarina *Citrus reticula* y el limón *Citrus limón*. El fruto del limón mandarina tiene un sabor ácido, cáscara y pulpa anaranjada. El limón mandarina es utilizado en Guatemala como portainjerto como también para refrescos. Las plantas injertadas son vigorosas y grandes. Su fruto es pequeño a mediano, de sabor fuertemente ácido, refrescante y jugoso. Brinda frutas grandes con calidad regular. Es abundante en semillas, pequeñas y altamente poliebrínicas. En los trópicos se desarrollan satisfactoriamente en zonas con clima monzónico (es un clima que se encuentra entre los 5° y los 25° de latitud, está dominado por las masas de aire tropical marítimo, cálida y húmeda, con elevaciones entre 600 a 1200 msnm., en donde el periodo de sequía no es muy prolongado) (Barahona, 2004).

2.3. Antecedentes del estudio

En Lima, Perú, se investigó la "Calidad físico-química del suelo árido en cebolla (*Allium cepa* L.) con Nutrabiota Plus y fertilizantes orgánicos" en la Irrigación Majes. El estudio comparó el efecto de gallinaza, guano de isla, y fertilización química en parcelas con riego por aspersión y goteo, utilizando 9 tratamientos distribuidos en un diseño de bloques completos al

azar. Los resultados mostraron que el guano de isla tuvo el mejor rendimiento en la primera campaña, mientras que Nutrabiota combinado con gallinaza fue superior en el efecto residual. En cuanto a sustentabilidad, se destacó el uso de riego por goteo y fertilizantes orgánicos, señalando que la gallinaza fue más rentable que el guano de isla y los fertilizantes químicos, aunque este último tuvo un mayor rendimiento (Zeballos, 2015).

En Piura, Perú, se evaluó "Tres patrones portainjertos y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de un mutante de limón sutil sin semilla (*Citrus aurantifolia* Swingle)". El estudio se enfocó en el crecimiento inicial y desarrollo del injerto sobre tres portainjertos: limón Volkameriano, limón Rugoso y mandarina Cleopatra. Los resultados indicaron que los portainjertos limón Rugoso y Volkameriano favorecieron el crecimiento en altura y diámetro del clon de limón sin semilla, destacando el Volkameriano por inducir un mayor crecimiento de ramas. No se encontraron diferencias significativas en la incidencia de plagas y enfermedades entre los portainjertos. Se recomienda continuar con las investigaciones para evaluar el rendimiento y calidad de frutos a largo plazo, así como la estabilidad en la producción de frutos sin semilla (Rojas, 2018).

En 2015, en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en Tucumán, Argentina, se evaluaron las características de nuevos portainjertos cítricos para limoneros, buscando determinar su compatibilidad con diferentes variedades, su resistencia a enfermedades como *Phytophthora* y tristeza, y su adaptabilidad a diversas condiciones de suelo. Los ensayos incluyeron portainjertos como Citrumelo 75 AB, Citrandarin 61 AA 3, y Híbrido triple 79 AC. Citrumelo 75 AB destacó por su vigor, facilidad de manejo en vivero, buena compatibilidad con limoneros y alta productividad (Stein y Foguet, 2015).

El estudio se llevó a cabo en Perú en el año 2022 con el objetivo de evaluar la efectividad de diferentes enmiendas orgánicas para mejorar la fertilidad del suelo en diversos cultivos. Los tratamientos aplicados incluyeron diferentes tipos de enmiendas orgánicas como biosólidos, biol y compost, las cuales fueron evaluadas en términos de su impacto en la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados indicaron que las enmiendas orgánicas mejoraron significativamente la estructura del suelo, aumentaron la retención de agua y promovieron un mayor crecimiento de las plantas en comparación con los tratamientos sin enmiendas. Además, se observó una reducción en la necesidad de fertilizantes químicos y una mejora en la biodiversidad del suelo, lo que contribuye a la sostenibilidad agrícola y la mitigación del impacto ambiental (Pérez et al., 2022).

En la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, en la Región de O'Higgins, Chile, se realizó un estudio publicado en 2018 con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes enmiendas orgánicas en la mejora de la fertilidad del suelo y su influencia en el crecimiento y productividad de huertos frutales, los tratamientos incluyeron la aplicación de diversas enmiendas orgánicas como guano de broiler, guano de pavo madurado, bioestabilizado de cerdo y compost, en dosis variadas, el diseño experimental consistió en ensayos de campo bajo condiciones controladas de laboratorio, comparando las respuestas del suelo y las plantas a cinco tratamientos de fertilización, incluida la fertilización convencional y las enmiendas orgánicas. Los resultados mostraron que las enmiendas orgánicas mejoraron la estructura del suelo, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes en comparación con los fertilizantes convencionales, especialmente en la liberación controlada de nitrógeno y fósforo, además, se observó una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y una menor acidificación del suelo, destacando el bioestabilizado por su alta actividad microbiana y la mejora en la disponibilidad de fósforo, concluyendo que las enmiendas orgánicas pueden ser una alternativa viable y sostenible a los fertilizantes convencionales en el manejo de suelos para huertos frutales (Hirzel, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en el vivero “*El Agrónomo*” de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. La ubicación geográfica corresponde a las coordenadas UTM 390515.06 m E y 8970025.70 m S, a una altitud de 657 m s. n. m.



Figura 1. Imagen satélite de la ubicación del campo experimental

3.1.1. Zona de vida

Se encuentra dentro de la zona de vida denominada Bosque Húmedo Premontano Tropical (bh-PMT), caracterizada por una altitud de 642 msnm, temperaturas cálidas durante todo el año y una alta humedad relativa, esta región presenta un régimen de precipitaciones abundante, lo que favorece un ecosistema con una gran diversidad de especies vegetales y fauna (Holdridge, 1967 y Bhatt y Bhatt, 2016)).

3.1.2. Condiciones edafoclimáticas

El área de estudio presenta un clima cálido y húmedo, con temperaturas anuales entre 22 °C y 28 °C, alcanzando picos superiores a 30 °C. Las precipitaciones oscilan entre 1,800 y 3,500 mm anuales, pero han mostrado cambios en su distribución, con lluvias más intensas en períodos cortos y sequías prolongadas. La humedad relativa se mantiene alta,

superando el 80 %, favoreciendo la vegetación tropical. Los suelos son mayoritariamente ácidos, de textura franca a franco-arenosa, con buen drenaje, pero vulnerables a la erosión y a la lixiviación de nutrientes como fósforo y potasio. Se recomienda la conservación de cobertura vegetal y el uso de enmiendas orgánicas para mantener la fertilidad del suelo [SENAMHI], 2024).

3.1.3. Registro meteorológico durante el desarrollo del experimento

Durante el periodo de evaluación (septiembre 2023 - marzo 2024), las temperaturas se mantuvieron dentro de un rango adecuado para el desarrollo de especies agrícolas propias de zonas tropicales. Las temperaturas máximas fluctuaron entre 30,30 °C en septiembre y 29,90 °C en enero y febrero, mientras que las mínimas oscilaron entre 19,30 °C y 20,30 °C. Esta estabilidad térmica favorece procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración y emisión de brotes, lo cual coincide con el crecimiento sostenido observado en las plantas durante esta etapa (*referenciar aquí tu variable evaluada*).

Tabla 1. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2023 - 2024

Año	Mes	Temperatura		Precipitación (mm)
		Máxima (°C)	Mínima (°C)	
2023	Septiembre	30,30	19,30	183
	Octubre	30,20	19,90	284
	Noviembre	29,80	20,20	391
	Diciembre	29,40	20,30	443
2024	Enero	29,00	20,20	451
	Febrero	29,00	20,20	406
	Marzo	29,10	20,20	399

SENAMHI (2024)

Sin embargo, la precipitación presentó una marcada estacionalidad, con un incremento progresivo desde septiembre (183 mm) hasta alcanzar su punto máximo en enero (451 mm), seguido de valores también elevados en febrero (406 mm) y marzo (399 mm). Este periodo coincide con la época de lluvias intensas de la región, lo cual, aunque aporta alta disponibilidad hídrica para el cultivo, también genera condiciones de exceso de humedad en el suelo y en la superficie foliar.

Este exceso de precipitación puede tener efectos duales: por un lado, estimula el crecimiento radical y el desarrollo vegetativo; pero por otro, incrementa el riesgo de enfermedades causadas por hongos y bacterias, especialmente en ambientes de alta densidad o con escasa ventilación. De acuerdo con (*citar autores según cultivo*, ej. Hillel, 2004; Brady y Weil, 2008), las condiciones de saturación prolongada del suelo reducen la oxigenación radicular y favorecen la presencia de patógenos como *Phytophthora*, *Fusarium* o *Rhizoctonia*.

Por tanto, los resultados observados en esta investigación deben interpretarse considerando que el desempeño del cultivo estuvo influenciado no solo por las variables de manejo (*densidad, tratamientos, etc.*), sino también por la marcada estacionalidad climática del periodo experimental. Esto refuerza la importancia de implementar estrategias de drenaje, ventilación o manejo fitosanitario preventivo durante los meses de mayor precipitación.

3.1.4. Análisis inicial del suelo

El análisis de caracterización del suelo (Tabla 2) revela una textura franco arcillosa con pH ácido (4,77), lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales como el fósforo (6,30 ppm, nivel bajo) y favorecer la solubilidad de elementos tóxicos como el aluminio (1,57 cmol(+)/kg), cuya saturación (16,56 %) representa un riesgo para el desarrollo radicular.

Tabla 2. Análisis de caracterización del suelo inicial

Características	Símbolos	Contenido
Arena	%	33,00
Arcilla	%	38,00
Limo	%	39,00
Textura		Franco arcilloso
pH	(1:1)	4,77
Conductividad eléctrica (CE)	dS/cm	0,20
Materia orgánica (MO)	%	2,68
Nitrógeno (N)	%	0,13
Carbón (C)	%	0,90
Fosforo (P)	ppm	6,30
Potasio (K)		75,39
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)		6,86
Calcio (Ca ⁺⁺)		5,28
Magnesio (Mg ⁺⁺)		1,58
Potasio (K ⁺)	Cmol(+)/Kg	----
Sodio (Na ⁺)		----
Aluminio (Al ⁺⁺⁺)		1,57
Hidrogeno (H ⁺)		1,05
Capacidad de intercambio catiónico específico (CICe)		9,48
Bases cambiables	%	72,38
Acides cambiabile	%	27,62
Saturación de aluminio	%	16,56

La materia orgánica (2,68 %) y el nitrógeno (0,13 %) se encuentran en niveles medios, mientras que el potasio (75,39 ppm) y los cationes intercambiables como calcio (5,28 cmol(+)/kg) y magnesio (1,58 cmol(+)/kg) aportan una base nutricional aceptable. La conductividad eléctrica es baja (0,20 dS/m), indicando ausencia de problemas de salinidad.

La capacidad de intercambio catiónico total (6,86 cmol(+)/kg) y efectiva (9,48 cmol(+)/kg) son moderadas, con una acidez cambiante de 27,62 %, lo que sugiere una limitada capacidad de retención de nutrientes y una alta presencia de iones ácidos. En conjunto, se recomienda la aplicación de enmiendas como dolomita o cal agrícola para elevar el pH, reducir la toxicidad por aluminio y mejorar la disponibilidad de fósforo, especialmente si se busca establecer cultivos sensibles a suelos ácidos

3.1.5. Material experimental

El material experimental utilizado en el estudio incluyó semillas de limón mandarina, enmiendas orgánicas (compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla), suelo residual y aserrín descompuesto como parte del sustrato.

Para la siembra se emplearon bolsas de polietileno de dimensiones 6 x 12 cm, mientras que para la preparación del sustrato se utilizó un cernidor, pala y carretilla; durante el desarrollo del experimento, se emplearon herramientas como bandejas de helado, regadora, regla milimétrica, vernier digital, probeta, balanza, estufas; para el registro y documentación de los datos se usó una libreta de campo, marcadores.

3.1.6. Componentes

- **Enmiendas orgánicas (Factor A)**
 - a_1 = Compost
 - a_2 = Dolomita
 - a_3 = Roca fosfórica
 - a_4 = Guano de isla

- **Dosis de enmiendas orgánicas (Factor B)**
 - b_1 = 300 g/bolsa
 - b_2 = 80 g/bolsa
 - b_3 = 40 g/bolsa
 - b_4 = 20 g/bolsa

3.1.7. Tratamientos

Está conformado por cuatro enmiendas orgánicas con sus respectivas dosis, y los tratamientos fueron determinados por la combinación de estas enmiendas (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Enmiendas orgánicas	Dosis (g/bolsa)
T ₁	Compost + dolomita + roca fosfórica + Guano de isla	300 + 80 + 40 + 20
T ₂	Compost + dolomita + roca fosfórica	300 + 80 + 40
T ₃	Compost + dolomita	300 + 80
T ₄	Compost + roca fosfórica + guano de isla	300 + 40 + 20
T ₅	Compost + guano de isla	300 + 20
T ₆	dolomita + roca fosfórica + Guano de isla	80 + 40 + 20
T ₇	dolomita + roca fosfórica	80 + 40
T ₈	dolomita + guano de isla	80 + 20
T ₉	roca fosfórica + Guano de isla	40 + 20
T ₁₀	compost	300
T ₁₁	dolomita	80
T ₁₂	roca fosfórica	40
T ₁₃	Guano de isla	20
T ₁₄	Testigo	-----

*Las dosis fueron extraídas de las practicas preprofesionales realizadas por Alex Rebata (2018) – DEVIDA.

3.1.8. Diseño experimental

Para el experimento se utilizó un diseño completo al azar (DCA), conformado por 14 tratamientos, incluido un tratamiento testigo, distribuido en cuatro repeticiones, las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza ($\alpha = 0,05$), en caso de mostrar diferencias estadísticas, se realizó la prueba de comparación de medias a través del comparador de Tukey ($\alpha = 0,05$). El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Efecto aleatorio a la respuesta del *i-esimo* tratamiento comprendido en el *j-esimo* repetición

μ : Media general

T_i : Efecto del *i-esimo* tratamiento

ϵ_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental

Para:

i : 1, 2,, 14 (Tratamientos)

j : 1, 2, 3 (Repeticiones)

3.1.9. Análisis de varianza

Análisis de varianza, del experimento en estudio (Tabla 4)

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal.
Tratamientos	13	SCtrat.	SCtrat./t-1	CMtrat./ CMerror
Error experimental	42	SCerror	SCerror/ T(r-1)	
total	55	SCtotales		

3.1.10. Características del área experimental

✓ Número de tratamientos	:	14
✓ Número de plantas por tratamiento	:	36
✓ Número de plantas/parcela	:	9
✓ Número de plantas a evaluar/tratamiento	:	24
✓ Número de plantas evaluadas/parcela	:	6
✓ Número de repeticiones	:	4
✓ Número total de plantas	:	504
✓ Capacidad de las bolsas	:	2,5 kg
✓ Peso del sustrato/bolsa	:	2,5 kg
✓ Peso del suelo/parcela	:	22,50 kg
✓ Peso de suelo/tratamiento	:	90 kg
✓ Total de sustrato en el experimento	:	1 260 kg

3.1.11. Croquis del experimento

En la Figura 2, se observa 14 tratamientos distribuidos en cuatro repeticiones

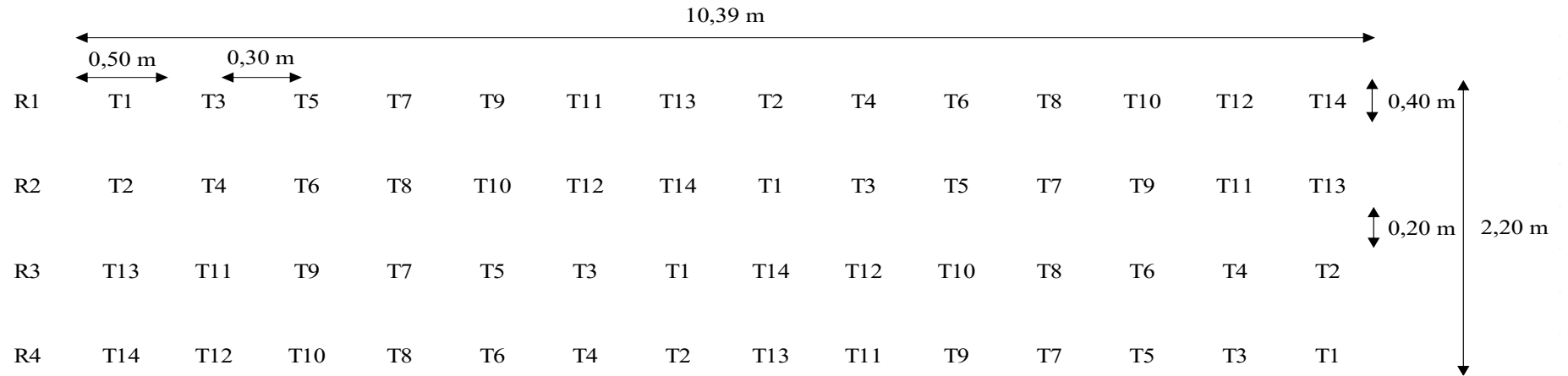


Figura 2. Croquis del experimento en estudio.

Un tratamiento estará conformado por 9 plantas, serán evaluadas 6 plantas, las cuales serán identificadas en la primera evaluación para las posteriores evaluaciones (Figura 3).

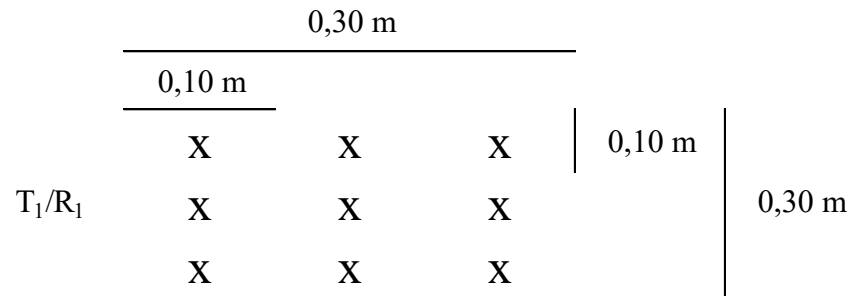


Figura 3. Croquis de un tratamiento en estudio

3.1.12. Variables en estudio

- **Variables dependientes**
 - Altura de plántones de cítricos
 - Diámetro de tallo de plántones de cítrico
 - Número de hojas de plantas de cítricos
 - Longitud y volumen de raíces de plántones de cítricos
 - Peso fresco y seco de plántones de cítricos
 - Análisis físico-químico del sustrato final
 - Análisis de estabilidad
- **Variables independientes**
 - Dosis de compost 300 g/bolsa
 - Dosis de dolomita 80 g/ bolsa
 - Dosis de roca fosfórica 40 g/bolsa
 - Dosis de guano de isla 20 g/bolsa

3.2. Metodología

3.2.1. Adquisición del suelo

La recolección de tierra residual se realizó comprando 5 m³ de una cantera ubicada en el centro poblado de Supte San Jorge, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado. El material fue trasladado al vivero de la Facultad de Agronomía y se dejó reposar bajo sombra durante 7 días. Posteriormente, se tamizó utilizando una malla galvanizada de 1,5 x 1,5 mm con el propósito de eliminar partículas gruesas, raíces y piedras. Se tomó una muestra de esta tierra y se envió al Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la UNAS para su análisis de caracterización. Se optó por utilizar tierra residual para evaluar el efecto de las enmiendas orgánicas.

3.2.2. Adquisición de enmiendas

Las cuatro enmiendas orgánicas (compost, la dolomita, la roca fosfórica y el guano de isla) se adquirieron directamente en una tienda especializada en agroquímicos ubicada en la ciudad de Tingo María. La compra se realizó considerando la calidad de los productos y las recomendaciones del proveedor respecto a su uso en suelos ácidos.

3.2.3. Acondicionamiento del vivero

El vivero donde se ejecutó el experimento pertenecía a la Facultad de Agronomía y estaba cubierto con una malla raschel de color verde, que proporcionaba un 50 % de sombra a una altura de 2 metros, la estructura del vivero contaba con postes de cemento y

un techo de fierro, las camas del vivero estaban divididas por ladrillos de 15 cm de altura, con dimensiones de 14 m de largo por 2 m de ancho; el vivero disponía de un sistema de agua entubada. Antes de colocar las bolsas, se realizó la limpieza y nivelación de la cama utilizando machete, pala y azadón. Además, el vivero estaba cerrado con malla para evitar el ingreso de animales que pudieran dañar las plantas y para restringir el acceso de personas no autorizadas

3.2.4. Identificación de tratamientos.

Se colocó un letrero correspondiente a cada tratamiento, distribuyéndolos de acuerdo con el croquis establecido en la Figura 2.

3.2.5. Preparación de sustratos

Como base se utilizaron 2 kg de suelo residual previamente tamizado para eliminar partículas gruesas, raíces y piedras; este suelo se pesó de forma individual utilizando una balanza de precisión, descontando el peso de las enmiendas orgánicas según los tratamientos establecidos para garantizar que cada muestra recibiera la cantidad exacta de suelo correspondiente a su tratamiento; las enmiendas, como compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla, también se pesaron individualmente según las dosis planteadas para mantener la consistencia en la preparación de cada tratamiento; posteriormente, cada combinación de suelo y enmienda se mezcló de manera separada utilizando una bolsa transparente gruesa de 10 kg, colocando el suelo y la enmienda según el tratamiento, se agitaban la bolsa para asegurar una adecuada homogenización y distribución uniforme de los componentes; una vez obtenida una mezcla homogénea, se procedió a llenar las bolsas de polietileno de 6 x 12 cm.

3.2.6. Ubicación de las bolsas en vivero.

Las bolsas con sustrato se colocaron cuidadosamente en la cama de vivero, siguiendo la distribución indicada en el croquis planteado para asegurar una adecuada organización de los tratamientos; una vez ubicadas todas las bolsas según su tratamiento correspondiente, se procedió a realizar un riego uniforme utilizando una manguera a presión para garantizar que el sustrato en cada bolsa recibiera la cantidad necesaria de agua; después del riego, se cubrieron las bolsas con una malla, manteniéndose esta cobertura durante aproximadamente un mes para favorecer un microclima adecuado para el desarrollo inicial de las plantas.

3.2.7. Selección de las semillas

Se seleccionaron frutos sanos y maduros, de los cuales se extrajeron las semillas de manera manual utilizando las manos para asegurar que no se dañaran; una vez extraídas, las semillas se lavaron cuidadosamente con agua limpia para eliminar cualquier residuo de pulpa o impurezas; luego, se procedió a eliminar las semillas que eran pequeñas,

deformes, seleccionando únicamente aquellas de tamaño y forma adecuada para asegurar una alta calidad; después de este proceso, las semillas se colocaron en un lugar ventilado para su secado completo, evitando la exposición directa al sol para prevenir daños por calor.

3.2.8. Germinación de las semillas

Finalmente, una vez que las semillas estuvieron completamente secas, se llevó a cabo el proceso de germinación, el cual consistió en colocarlas en un sustrato de arena fina, que había sido previamente lavada con agua limpia, humedecida de manera uniforme y desinfectada (Homai) para evitar la presencia de patógenos; las semillas fueron sometidas a condiciones controladas de humedad y temperatura, manteniéndolas en un ambiente propicio para su germinación, durante este proceso, se monitoreó constantemente la humedad del sustrato para estimular el crecimiento de las plántulas. Las semillas iniciaron su germinación aproximadamente 25 a 30 días, estas se mantuvieron 45 días más en las cuales se convirtieron en plántulas, se garantizó un cuidado continuo para favorecer su crecimiento antes de ser trasplantadas a las bolsas.

3.2.9. Trasplante

Cinco días antes del trasplante, se desinfectaron los sustratos aplicando fungicida Homai, para eliminar posibles patógenos presentes en las bolsas; previo al repique, se regaron las bolsas de polietileno y la cama de almácigo de manera abundante, con el objetivo de mantener el sustrato lo suficientemente húmedo para facilitar la extracción de las plántulas sin dañar las raíces. Posteriormente, utilizando un repicador adecuado, se procedió a sembrar las plántulas cuidadosamente, asegurando que cada plántula fuese manipulada de forma tal que se minimizara el estrés y daño en las raíces, antes de la siembra, las raíces de las plántulas se sumergieron en una solución de enraizante Rot-Hort, preparada al 5 %, para promover un rápido enraizamiento y un mejor establecimiento en el nuevo sustrato.

3.2.10. Labores culturales

El riego se llevó a cabo mediante el método de aspersion, aplicando agua de manera uniforme sobre las plántulas, con una frecuencia de cada 3 días, con el objetivo de mantener la humedad constante del sustrato y asegurar condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas; el deshierbo se realizó de forma manual y oportuna, eliminando todas las malezas presentes en las camas y bolsas para prevenir la competencia por nutrientes, luz y agua, lo cual permitió que las plántulas tuvieran acceso adecuado a los recursos necesarios para su desarrollo; el control fitosanitario consistió en una estrategia de manejo integrada de plagas y enfermedades, aplicando fungicidas de forma preventiva y curativa, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las condiciones observadas en el cultivo, lo que garantizó la

protección de las plántulas contra posibles infecciones fúngicas y otras amenazas fitosanitarias, contribuyendo así a mantener la salud general de las plantas durante todo el ciclo de cultivo.

3.3. Variables a medir

- **La altura de los plantones.** se midió en centímetros (cm) desde el nivel del suelo hasta el extremo superior de cada planta, utilizando una regla de 60 cm de largo, las mediciones se llevaron a cabo en cinco evaluaciones distintas: la primera a los 30 días después del trasplante de las plántulas a las bolsas, y las siguientes a los 60, 90, 120 y 150 días. Estas mediciones permitieron monitorear el crecimiento vertical de los plantones de limón mandarina a lo largo del tiempo y evaluar el impacto de los tratamientos aplicados sobre su desarrollo.
- **El diámetro del tallo.** se midió en milímetros (mm) utilizando un vernier digital, en un punto fijo ubicado a 3 cm por encima del nivel del suelo, la primera medición se realizó a los 30 días después del trasplante de las plántulas a las bolsas, seguida de cuatro mediciones adicionales a los 60, 90, 120 y 150 días. Estas mediciones proporcionan información detallada sobre el engrosamiento del tallo como indicador del vigor de las plantas.
- **El número de hojas.** se registró visualmente durante las mismas evaluaciones en que se midieron la altura y el diámetro, cada evaluación consistió en contar los pares de hojas presentes en cada plantón, lo cual permitió obtener un registro del crecimiento foliar y su desarrollo durante el período de estudio.
- **La longitud de la raíz.** se midió en centímetros (cm) a los 150 días después del trasplante, utilizando una regla de metal para obtener una medición precisa desde la base del tallo hasta el extremo de la raíz más larga.
- **El volumen de la raíz.** se determinó en centímetros cúbicos (cm³) sumergiendo la raíz, hasta el cuello de la planta, en una probeta graduada de 1000 ml con agua, se registró el volumen inicial de agua en la probeta, luego se introdujeron las raíces en el agua y se anotó el volumen de agua desplazada, que se consideró como el volumen final. El aumento en el volumen de agua permitió calcular el volumen de la raíz, proporcionando una medida directa del desarrollo del sistema radicular de las plantas.
- **El peso fresco y seco de los plantones.** se determinó después de realizar la medida de raíces, los cuales se pesaron inmediatamente en su estado fresco para obtener el peso fresco inicial. Posteriormente, los plantones se colocaron en una estufa a 70 °C

durante un período de 4 días para eliminar toda la humedad presente, al final del período de secado, se pesaron nuevamente para obtener el peso seco, lo cual permitió evaluar la biomasa acumulada.

- **El porcentaje de materia seca.** se calculó usando la fórmula: $\% MS = ((Pf - Ps) / Pf) \times 100$, donde Pf representa el peso fresco y Ps el peso seco, proporcionando un indicador clave de la acumulación de biomasa y la eficiencia metabólica de las plantas.

3.3.1. Análisis final del sustrato

Para ello, se mezcló el sustrato de tres bolsas y se extrajo una muestra utilizando el método de cuarteo; las muestras fueron codificadas y enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la UNAS para su análisis correspondiente, realizándose los siguientes estudios.

a. Análisis físico

- Análisis de clase textural % Ao, % Lo y %Ar: método del hidrómetro de Bouyoucos.

b. Análisis químico

- pH: Método potenciómetro en una suspensión suelo agua (1:1).
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black.
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado. Extractor NaHCO_3 0,5 M pH 8,5.
- Potasio disponible: Desplazamiento con acetato de amonio 1N pH 7,0.
- CIC: Método del Acetato de Amonio 1N pH 7,0 (suelos con pH>5,5).
- Cationes cambiabiles:
 - Ca : Absorción atómica.
 - Mg : Absorción atómica.
 - K : Absorción atómica.
 - Na : Absorción atómica.
- CICE: KCl 1 N (Suelos pH<5,5).

3.3.2. Análisis de costo de los tratamientos

Se analizó el costo total de la producción de plantones, incluyendo todos los gastos relacionados con la obtención de plantones de cítricos limón mandarina, adquisición de semillas, enmiendas orgánicas, sustratos, materiales y herramientas, así como los costos de mano de obra, riego, fertilización, control de plagas y enfermedades. También se calculó el

ingreso bruto obtenido a partir de la venta de los plantones producidos, teniendo en cuenta el precio de mercado y la cantidad de plantones vendidos. A partir de estos datos, se determinó la utilidad neta, restando el costo total de producción del ingreso bruto, además, se calculó el índice de rentabilidad, que se obtuvo al dividir la utilidad neta entre el costo total de producción, expresado como un porcentaje, se evaluó la relación costo-beneficio, que se calculó dividiendo el ingreso bruto entre el costo total de producción, para determinar la viabilidad económica del proceso de producción de plantones de cítrico limón mandarina.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Medidas biométricas de platonos de cítrico limón mandarina

4.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas de plantones

La Figura 4, muestra la línea de tendencia del crecimiento en altura de los plantones de cítricos (limón mandarina) evaluados cada 30 días durante un período de 150 días. Todos los tratamientos muestran un incremento constante en la altura de los plantones a lo largo de los 150 días de evaluación, sin embargo el tratamiento T₁ (Compost + dolomita + roca fosfórica + Guano de isla) muestra el mayor incremento en altura, significa que esta combinación de enmiendas orgánicas proporciona un ambiente favorable para el crecimiento de los plantones, asimismo, los tratamientos T₂ (Compost + dolomita + roca fosfórica), T₃ (Compost + dolomita) y T₄ (Compost + roca fosfórica + guano de isla) también muestran una tendencia de crecimiento positivo, aunque ligeramente inferior al T₁, además, los tratamientos T₆ (Dolomita + roca fosfórica + Guano de isla) y T₇ (Dolomita + roca fosfórica) presentan un crecimiento moderado, indicando que la dolomita y la roca fosfórica combinadas con o sin guano de isla también son eficaces, pero menos que los tratamientos que contienen compost. Finalmente, el tratamiento T₁₄ (Testigo) muestra el crecimiento más bajo en altura, lo que confirma la importancia de la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar el crecimiento de los plantones de cítrico (limón mandarina). Los tratamientos que combinan múltiples enmiendas orgánicas (como T₁, T₂, T₄) tienden a mostrar un mayor crecimiento en altura comparado con aquellos que contienen solo una o dos enmiendas (como T₁₀, T₁₁, T₁₂), también se muestra que la presencia de compost parece ser un factor significativo en el crecimiento de los plantones, ya que los tratamientos que contienen compost (T₁ a T₅) tienen una altura superior en comparación con los que no lo contienen, debido que el compost, como enmienda orgánica, es conocido por mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua y proporcionar una fuente rica de nutrientes esenciales para las plantas (Julca-Otiniano et al., 2006), como nitrógeno, fósforo y potasio, además la dolomita ayuda a corregir la acidez del suelo y aporta calcio y magnesio, que son cruciales para el desarrollo celular y la fotosíntesis (Servicio Geológico Mexicano, 2020), por su parte la roca fosfórica, proporciona fósforo, que es fundamental para el desarrollo radicular y la formación de frutos (Zapata y Roy, 2007), también, el guano de isla añade una fuente adicional de nitrógeno y otros micronutrientes, lo que contribuye aún más al crecimiento de las plantas (Sánchez, 2016). Este resultado destaca la importancia de utilizar una combinación balanceada de enmiendas orgánicas.

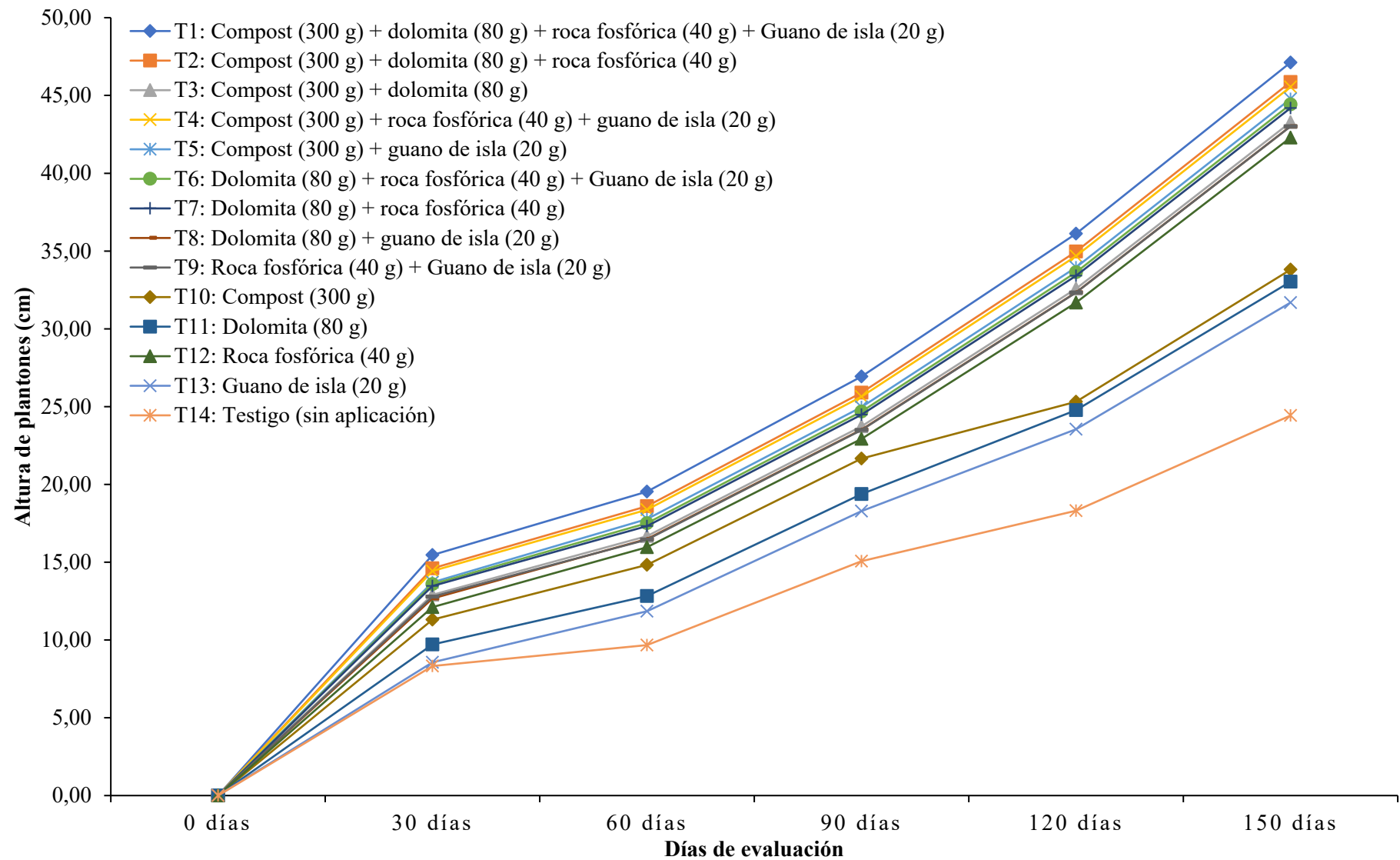


Figura 4. Línea de tendencia del crecimiento en altura de plántones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días

La aplicación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla favoreció el crecimiento en altura de los plantones de cítrico, al mejorar la disponibilidad de nutrientes y las condiciones físicas y químicas del suelo, al respecto Pérez et al. (2022) y Hirzel (2018), reportan que las enmiendas orgánicas mejoran la estructura del suelo, aumentan la retención de agua y optimizan la eficiencia en la absorción de nutrientes, promoviendo un crecimiento vegetativo más vigoroso. Esta mejora en el crecimiento se refleja en los resultados del análisis de suelo, donde el tratamiento T₁ (compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla) no solo presentó un incremento en el contenido de arena (35 %), mejorando la aireación del sustrato y facilitando el desarrollo radicular, sino que también mostró un aumento significativo del pH (7,25), respecto al testigo T₁₄ (5,75), efecto atribuible a la acción correctiva de la dolomita; este ambiente más alcalino favorece la disponibilidad de nutrientes como fósforo, calcio y magnesio, esenciales en las primeras etapas de crecimiento. Asimismo, Zeballos (2015) reportó que el guano de isla tuvo un efecto positivo en el desarrollo inicial de cultivos, lo cual se ve respaldado en este estudio, ya que su combinación con otras enmiendas potenció el crecimiento en altura, probablemente debido a su alta concentración de nutrientes de rápida asimilación. Los resultados del análisis de textura, pH y desempeño agronómico de los tratamientos confirman que la integración de estas enmiendas no solo nutre, sino que transforma el suelo en un medio más favorable para el establecimiento y desarrollo vigoroso de los plantones de cítricos.

En la Figura 5, se muestra que todas las líneas de tendencia indican un aumento en el diámetro del tallo de los plantones de cítricos a lo largo de los 150 días de evaluación, sin embargo, el crecimiento varían según el tratamiento aplicado, asimismo, se observa que los tratamientos que incluyen combinaciones de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla, muestran un mayor incremento en el diámetro del tallo en comparación con los tratamientos que contienen una sola enmienda o el tratamiento testigo (T₁₄). Tratamiento T₁ parece tener el crecimiento más rápido en diámetro, seguido de cerca por T₂, T₄, y T₆, lo que indica que estas combinaciones de enmiendas son particularmente eficaces para incrementar el diámetro del tallo, ya que el tratamiento T₁₄ (Testigo) presenta el crecimiento más bajo, confirmando que la falta de enmiendas orgánicas limita significativamente el crecimiento en diámetro del tallo de los plantones de cítrico (limón mandarina).

Se determinó que la incorporación de múltiples enmiendas orgánicas mejora significativamente las propiedades físicas y químicas del suelo, favoreciendo el desarrollo del sistema radicular y el incremento del diámetro del tallo, el compost actúa como fuente continua de nutrientes y mejora la estructura del suelo.

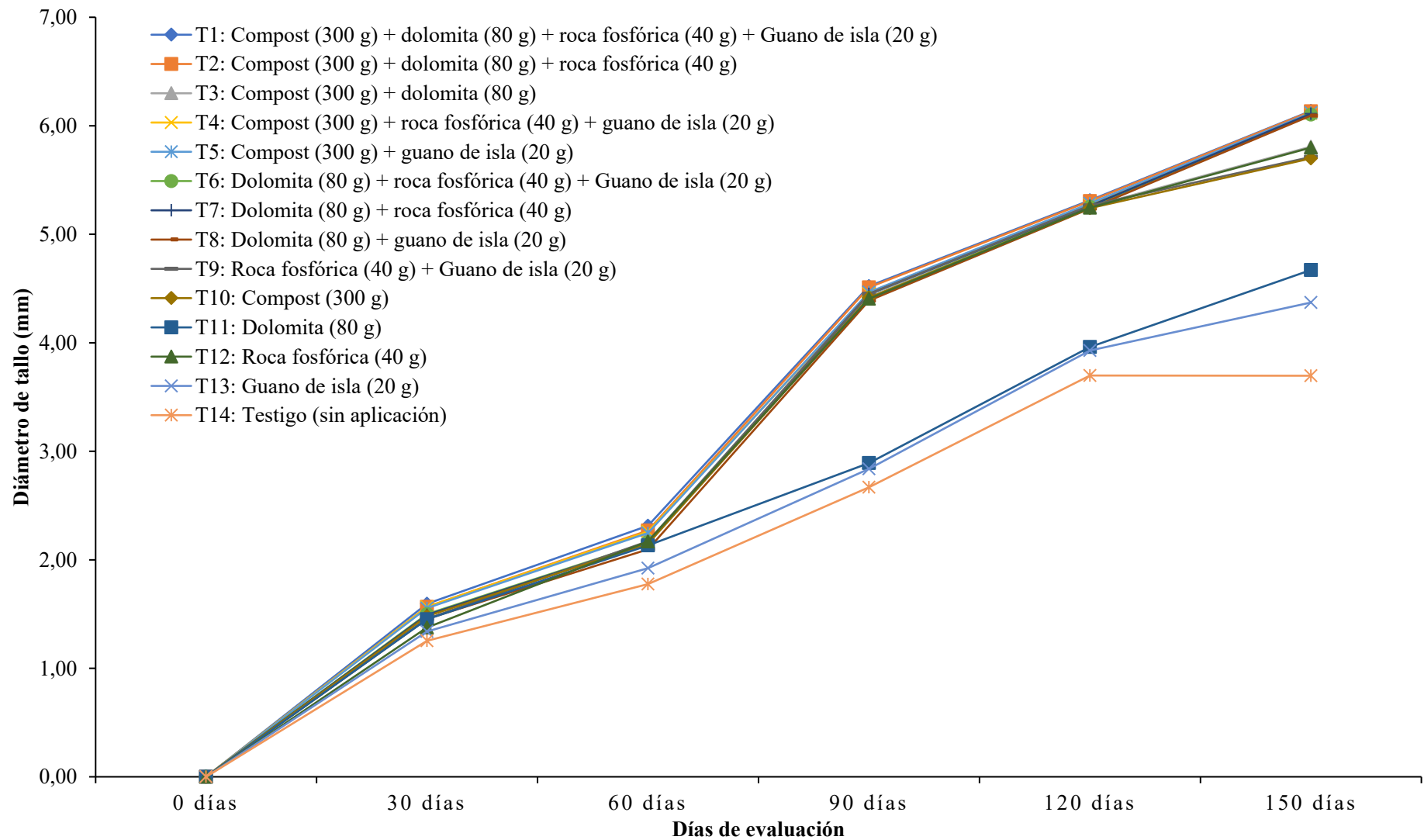


Figura 5. Línea de tendencia del crecimiento del diámetro del tallo de plantones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días

la dolomita corrige la acidez y aporta calcio y magnesio, elementos clave para la formación y fortalecimiento de tejidos vegetales; la roca fosfórica suministra fósforo, esencial para la diferenciación celular y la formación de tejidos estructurales como el tallo (Marschner, 2012), asimismo, Zeballos (2015) encontró que la combinación de Nutrabiota Plus con gallinaza mejoró el diámetro del tallo, destacando el papel de las enmiendas en la nutrición sostenida. La aplicación combinada de enmiendas orgánicas y minerales incrementa el diámetro del tallo, al favorecer la disponibilidad de nutrientes esenciales como NPK y la estructura del suelo, el incremento de estos nutrientes y mejora de la estructura en el análisis final del sustrato (Tabla 11) por efecto de la combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla mostró un efecto sinérgico, optimizando el desarrollo estructural del tallo de los plantones de cítricos.

A mayor diversidad de insumos permite atender múltiples limitantes edáficas y nutricionales, al respecto, Morales et al. (2022) reportaron que la combinación de compost y fertilizantes minerales incrementó el diámetro del tallo en cítricos, debido a la mejora simultánea en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y calcio, y a una mayor retención de humedad del suelo, además Murillo-Montoya et al., (2020), encontraron que la aplicación conjunta de compost y bioestabilizado de cerdo no solo mejoró la fertilidad del suelo, sino también el diámetro de tallo en frutales, al incrementar la disponibilidad de nutrientes clave como el fósforo, el calcio y el magnesio, asimismo, Delgado (2017) demostraron que la integración de abonos orgánicos con minerales favorece el crecimiento en tallo, especialmente en etapas tempranas, debido a una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. Lo cual puede explicarse por el efecto sinérgico de estas enmiendas tanto en la nutrición como en la estructura del suelo. El tratamiento T₁ integrado por todas las enmiendas, muestra un contenido textural equilibrado con mayor proporción de arena (35 %), lo que favoreció la aireación del sustrato, condición indispensable para la respiración radicular y, por tanto, para el desarrollo del cilindro vascular y tejidos de sostén. Además, el aumento del pH promovió una mejor disponibilidad de nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio (Tabla 11), que son esenciales para la lignificación y robustez del tallo de los plantones de citrino

La interacción entre textura adecuada, corrección de la acidez y aporte equilibrado de macro y micronutrientes, facilita una mayor división y elongación celular en el tallo, permitiendo un desarrollo más vigoroso en grosor. A diferencia de los tratamientos con enmiendas individuales o sin aplicación (T₁₄), donde la menor intervención física y química del suelo limitó el crecimiento en diámetro, los tratamientos combinados reflejan un enfoque de manejo integrado más eficiente. En línea con lo señalado por Vázquez et al.

(2020), la incorporación conjunta de enmiendas orgánicas y minerales mejora la estructura y fertilidad del suelo, con efectos directos en el desarrollo de tejidos vegetales. Así, la estrategia combinada se consolida no solo como una alternativa más efectiva para la producción de cítricos, sino también como una práctica agrícola sostenible y replicable en otros cultivos frutales de interés

La Figura 6 muestra que todos los tratamientos incrementan el número de hojas de los plantones de cítricos a lo largo del período de 150 días, sin embargo, el número de hojas varía dependiendo de las enmiendas orgánicas aplicadas en cada tratamiento, sin embargo el tratamiento T₁ (Compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla), alcanza el mayor número de hojas, significa que la combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla es altamente efectiva para incrementar el número de hojas en los plantones de cítricos, además los tratamientos T₂ (Compost + dolomita + roca fosfórica) y T₄ (Compost + roca fosfórica + guano de isla), muestran similar número de hojas, es decir, la exclusión del guano de isla o de la dolomita en estas combinaciones aún permite incrementar el número de hojas, también los tratamientos T₅ (Compost + guano de isla), T₆ (Dolomita + roca fosfórica + guano de isla), y T₃ (Compost + dolomita), presentan un número de hojas moderado.

Mientras más componentes estén presentes en las enmiendas, el número de hojas será mayor, la presencia de compost es un factor clave; por otro lado, los tratamientos T₇ (Dolomita + roca fosfórica), T₈ (Dolomita + guano de isla), y T₉ (Roca fosfórica + guano de isla), también muestran aumento del número de hojas, aunque menor que los demás. Aunque la adición individual de nutrientes tiene cierto efecto positivo, su impacto es menor en comparación con los tratamientos que incluyen compost en combinación con otras enmiendas. En este estudio, los tratamientos sin mezcla (T₁₀: Compost, T₁₁: Dolomita, T₁₂: Roca fosfórica y T₁₃: Guano de isla) presentaron un menor número de hojas, lo que evidencia que el uso aislado de enmiendas orgánicas o minerales no es suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales requeridas para un óptimo desarrollo foliar en plantones de cítricos. El tratamiento T₁₄ (testigo absoluto) mostró el número de hojas más bajo, reafirmando la importancia del aporte externo de materia orgánica y nutrientes para el desarrollo de estructuras vegetativas.

Las combinaciones que incluyeron compost junto con dolomita, roca fosfórica y guano de isla mostraron consistentemente un mayor número de hojas, lo que resalta el papel fundamental del compost como enmienda base. El compost no solo mejora la estructura del suelo, sino que también proporciona una fuente estable de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, elementos esenciales para la división celular y la expansión de las hojas (Murillo-Montoya et al., 2020).

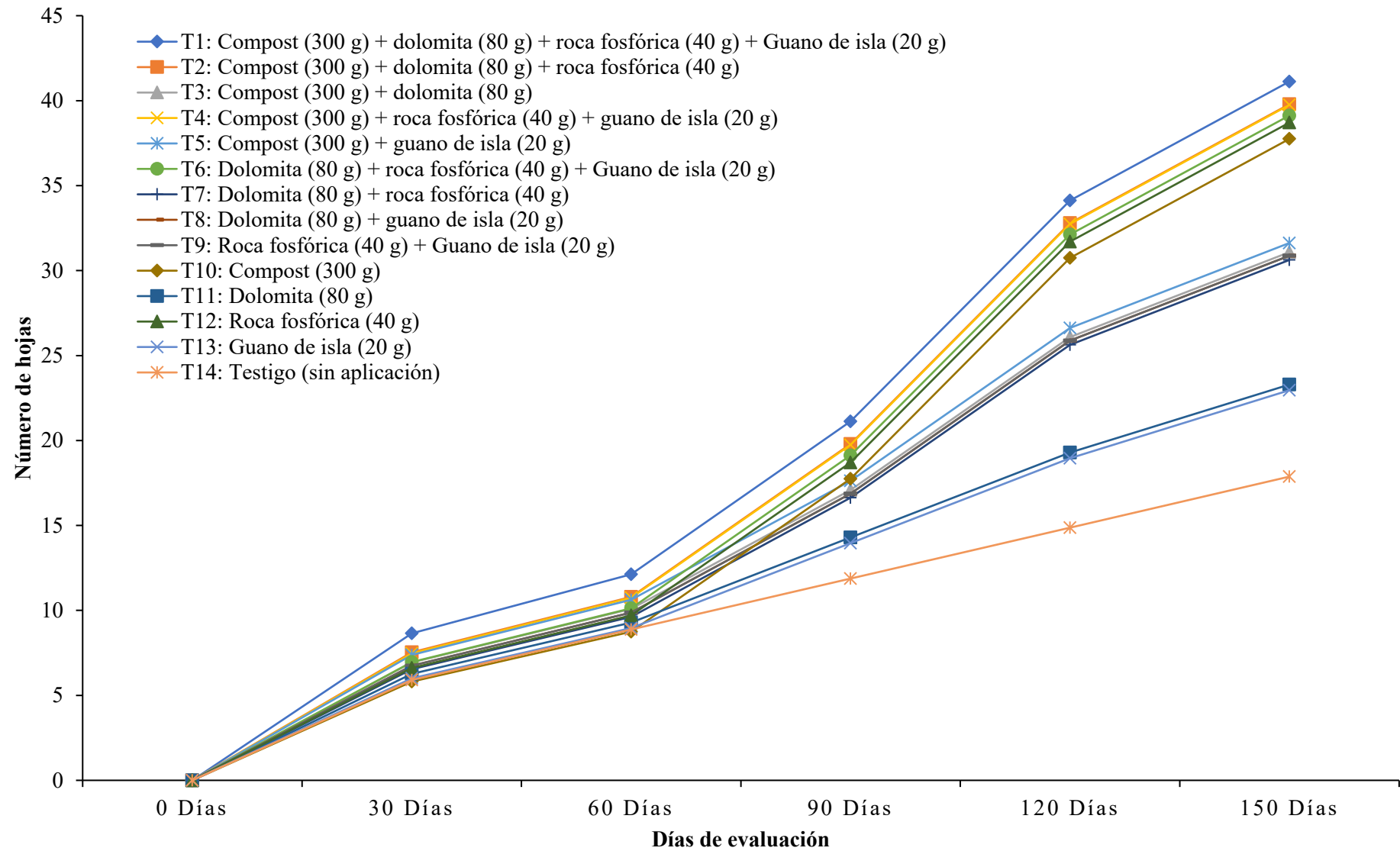


Figura 6. Línea de tendencia del número de hojas de plántones de cítricos limón mandarina evaluado cada 30 días hasta los 150 días

La dolomita aporta calcio y magnesio y corrige la acidez del suelo, lo cual es beneficioso para la asimilación de nutrientes, mientras que la roca fosfórica incrementa la disponibilidad de fósforo, y el guano de isla aporta nitrógeno y micronutrientes, sin embargo, de forma individual, estas enmiendas no alcanzan el mismo efecto que cuando se aplican de manera conjunta, al respecto Islam et al. (2021), refieren que el uso combinado de compost y fertilizantes minerales promueven el desarrollo foliar, en comparación con tratamientos individuales, de igual modo, Murillo-Montoya et al. (2020) demostraron que las mezclas de enmiendas y fósforo mejoran la eficiencia de absorción de nutrientes, lo cual se traduce en un mayor número de hojas, por tanto, se concluye que la combinación de enmiendas orgánicas, especialmente aquellas que incluyen compost, es más eficaz para promover la emisión de hojas que cuando la aplicación de enmiendas se realizó de manera individual.

Las evaluaciones estadísticas de las tres variables evaluadas (altura, diámetro y número de hojas) en los plantones de limón mandarina muestran que el análisis de varianza (Tabla 5) evidencia diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el valor de probabilidad obtenido fue menor al nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esto indica que al menos un tratamiento difiere estadísticamente de los demás, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. En este sentido, Camacho-Sandoval (2007) señala que la hipótesis alterna implica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, mientras que la hipótesis nula plantea que los tratamientos no influyen sobre las variables analizadas.

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura, diámetro de tallo y número de hojas de plantones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante

Fuentes de variación	GL	Altura			Diámetro			Hojas		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamiento	13	186,38	14,91	0,0001	2,45	177,36	0,0001	213,45	61,93	0,0001
Error experimental	42	12,50			0,01			3,45		
Total	55									
CV		8,74			2,09			5,70		
R ²		0,82			0,98			0,95		

Los coeficientes de variación (CV) (Tabla 5) obtenidos fueron de 8,74 % para la altura, 2,09 % para el diámetro y 5,70 % para el número de hojas, valores que, según la clasificación propuesta por Pimentel (1985), corresponden a una dispersión baja, ya que se encuentran por debajo del 10 %. Esto indica una alta precisión en los datos experimentales y

una buena homogeneidad en las mediciones, lo que otorga mayor confiabilidad a los resultados obtenidos en las variables evaluadas.

En cuanto a los coeficientes de determinación (R^2) (Tabla 5), se registraron valores de 0,82 para la altura, 0,98 para el diámetro y 0,95 para el número de hojas. Estos valores indican que los tratamientos aplicados explican el 82, 98 y 95 % de la variabilidad observada en cada variable, respectivamente, lo que demuestra una alta capacidad explicativa del modelo estadístico utilizado. De acuerdo con Martines (2005), un valor de R^2 cercano a 1 refleja que la variación en la variable de respuesta es explicada en gran medida por los tratamientos evaluados, lo que sugiere una fuerte asociación entre las variables en estudio y los factores experimentales aplicados. En consecuencia, estos resultados respaldan la validez del diseño experimental y la eficacia de los tratamientos en influir sobre el crecimiento de los plántones de limón mandarina.

Tabla 6. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) de altura, diámetro de tallo y número de hojas de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante

Trat.	Altura		Trat.	Diámetro		Trat.	Hojas	
	Promedio	Sig.		Promedio	Sig.		Promedio	Sig.
T ₁	47,12	a	T ₁	6,14	a	T ₁	41,25	a
T ₂	45,87	a	T ₂	6,13	a	T ₂	39,75	a
T ₄	45,55	a	T ₅	6,12	a	T ₄	39,75	a
T ₅	44,78	a	T ₇	6,11	a	T ₆	39,25	a
T ₆	44,43	a	T ₄	6,11	a	T ₁₂	39,00	a
T ₇	44,20	a	T ₆	6,10	a	T ₁₀	38,00	a
T ₃	43,28	a	T ₈	6,10	a	T ₅	31,50	b
T ₈	43,02	a	T ₃	5,81	b	T ₃	31,25	b
T ₉	42,01	a	T ₁₂	5,80	b	T ₈	30,75	b
T ₁₂	42,29	a	T ₉	5,71	b	T ₉	30,75	b
T ₁₀	33,80	b	T ₁₀	5,70	b	T ₇	30,50	b
T ₁₁	33,03	b	T ₁₁	4,67	c	T ₁₁	23,25	c
T ₁₃	31,69	b	T ₁₃	4,37	d	T ₁₃	23,25	c
T ₁₄	24,43	c	T ₁₄	3,70	e	T ₁₄	18,00	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Leyenda:

T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)

T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)

T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)

T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)

T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)

T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)

T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₁₀: Compost (300 g)

T₁₁: Dolomita (80 g)

T₁₂: Roca fosfórica (40 g)

T₁₃: Guano de isla (20 g)

T₁₄: Testigo (sin aplicación)

Al determinar diferencias estadísticas en los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) con la finalidad de determinar el tratamiento de mayor influencia en el crecimiento de plántones de limón mandarina (Tabla 6):

Para altura, identificó tres grupos con diferencias significativas, el primer grupo estuvo conformado por los tratamientos T₁ (Compost 300 g + Dolomita 80 g + Roca fosfórica 40 g + Guano de isla 20 g), T₂ (Compost 300 g + Dolomita 80 g + Roca fosfórica 40 g), T₄ (Compost 300 g + Roca fosfórica 40 g + Guano de isla 20 g), T₅ (Compost 300 g + Guano de isla 20 g), T₆ (Dolomita 80 g + Roca fosfórica 40 g + Guano de isla 20 g), T₇ (Dolomita 80 g + Roca fosfórica 40 g), T₃ (Compost 300 g + Dolomita 80 g), T₈ (Dolomita 80 g + Guano de isla 20 g), T₉ (Roca fosfórica 40 g + Guano de isla 20 g) y T₁₂ (Roca fosfórica 40 g), el segundo grupo incluyó los tratamientos T₁₀ (Compost 300 g), T₁₁ (Dolomita 80 g) y T₁₃ (Guano de isla 20 g), finalmente, el tercer grupo correspondió al tratamiento T₁₄ (Testigo, sin aplicación), que mostró el menor valor promedio de altura.

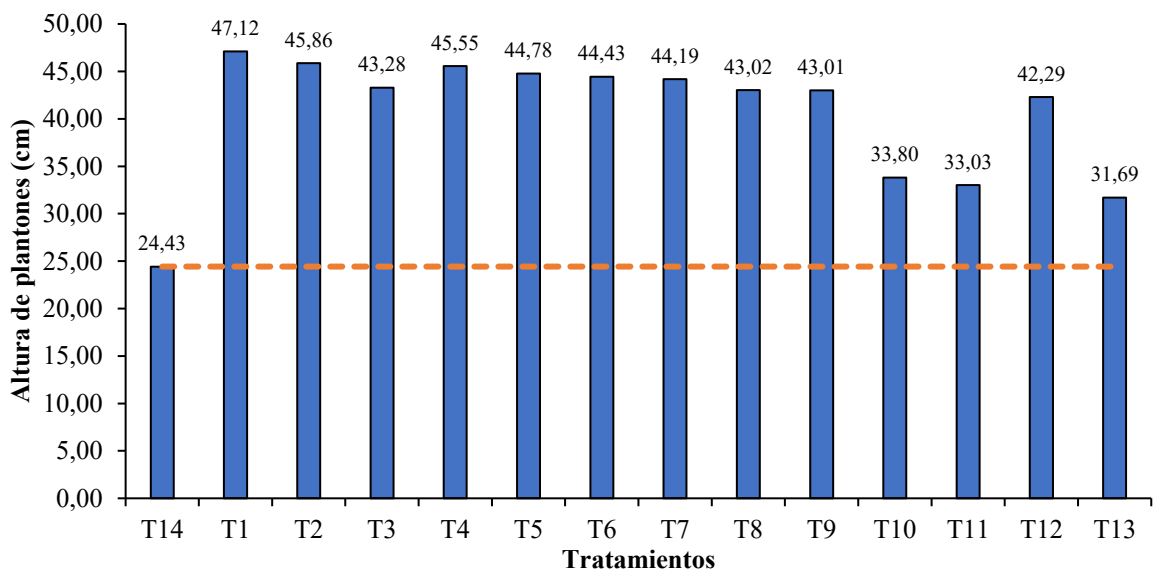
En cuanto al diámetro del tallo (Tabla 6), la prueba de Tukey identificó cinco grupos con diferencias significativas, el primer grupo estuvo integrado por los tratamientos T₁, T₂, T₅, T₇, T₄, T₆ y T₈, que presentaron los mayores valores; el segundo grupo estuvo conformado por T₃, T₁₂, T₉ y T₁₀, el tercer grupo incluyó únicamente al tratamiento T₁₁, mientras que el cuarto y quinto grupo correspondieron a los tratamientos T₁₃ y T₁₄, respectivamente, siendo este último el de menor diámetro.

El número de hojas (Tabla 6), se identificaron cuatro grupos con diferencias estadísticas, el primer grupo estuvo formado por los tratamientos T₁, T₂, T₄, T₆, T₁₂ y T₁₀, que alcanzaron los valores más altos, el segundo grupo incluyó los tratamientos T₅, T₃, T₈, T₉ y T₇, el tercer grupo estuvo conformado por T₁₁ y T₁₃, mientras que el cuarto grupo lo integró únicamente el tratamiento T₁₄ (Testigo), que presentó el menor número de hojas

Los resultados de la Tabla 6, indican que la combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla en el tratamiento T₁ promovió un mayor crecimiento en altura, diámetro del tallo y número de hojas en los plántones de limón mandarina, esta respuesta positiva puede atribuirse a la mejora en la disponibilidad de nutrientes esenciales y a la optimización de las propiedades físico-químicas del suelo como se muestra en la Tabla 11, del análisis de final de sustratos. Según Grageda-Cabrera (2012), el compost incrementa el contenido de materia orgánica, mejora la retención de humedad y aporta macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, fundamentales para el crecimiento vegetal. La dolomita, por su parte, actúa como un regulador del pH del suelo y aporta calcio y magnesio, elementos esenciales para la división celular y la activación enzimática, lo que favorece el desarrollo

radicular y la absorción de nutrientes (Hao y Papadopoulos, 2004). La roca fosfórica proporciona fósforo de liberación gradual, mejorando el desarrollo radicular y promoviendo la formación de biomasa aérea, como lo reportaron Patiño y Sánchez (2013) en estudios con cultivos frutales tropicales, adicionalmente, el guano de isla aporta una fuente rica en nitrógeno orgánico, lo que potencia la síntesis de clorofila y el desarrollo vegetativo (Salinas et al., 2012).

El menor crecimiento registrado en los tratamientos con aplicación individual de enmiendas (T₁₀: compost solo, T₁₁: dolomita sola y T₁₃: guano de isla solo) sugiere que la sinergia entre los fertilizantes orgánicos y minerales es clave para potenciar el desarrollo de los plántones, sin embargo el tratamiento testigo (T₁₄, sin aplicación) mostró los valores más bajos en todas las variables, lo que confirma que la disponibilidad limitada de nutrientes restringe significativamente el crecimiento vegetal (Velasco, 1999). Estos hallazgos resaltan la importancia del uso combinado de enmiendas para optimizar el establecimiento y desarrollo de plántones frutales en sistemas de producción sostenible.



Leyenda:

- T1: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T2: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T3: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T4: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T5: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T6: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T7: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T8: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T9: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T10: Compost (300 g)
- T11: Dolomita (80 g)
- T12: Roca fosfórica (40 g)
- T13: Guano de isla (20 g)
- T14: Testigo (sin aplicación)

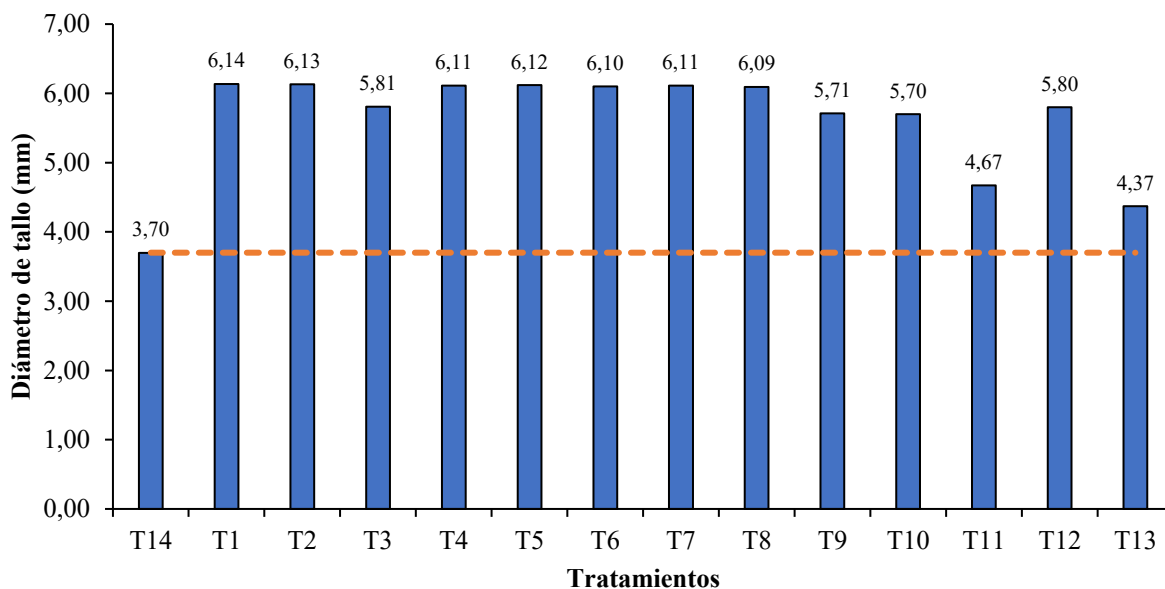
Figura 7. Altura de plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

El análisis de la altura de los plantones de limón mandarina a los 150 días de evaluación (Figura 7), muestra que el tratamiento T₁ (Compost 300 g + Dolomita 80 g + Roca fosfórica 40 g + Guano de isla 20 g) presentó el mayor crecimiento (47,12 cm), evidenciando que la combinación de estas enmiendas optimiza la disponibilidad de nutrientes clave como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, esenciales para el desarrollo vegetal. Los tratamientos T₂ (45,86 cm) y T₃ (45,58 cm) también destacaron, resaltando la efectividad del compost y la dolomita en el crecimiento en altura. Por otro lado, los tratamientos T₄, T₅, T₆, T₇, T₈ y T₉ presentaron valores intermedios (43,49 cm a 44,77 cm), mientras que las aplicaciones individuales de compost (T₁₀: 33,80 cm), dolomita (T₁₁: 33,69 cm) y roca fosfórica (T₁₂: 42,29 cm) mostraron un desempeño inferior. El tratamiento T₁₃ (Guano de isla 20 g) (31,69 cm) superó al T₁₄ (Testigo, sin aplicación), que presentó el menor valor (24,43 cm), evidenciando que la aplicación única de enmiendas es menos efectiva que las combinaciones. Los resultados muestran que la combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla, los plantones de cítrico tienen mayor altura, esta combinación de enmiendas orgánicas y minerales mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales como N, P, Ca y Mg, son fundamentales para el desarrollo vegetal. Estudios previos han demostrado que la aplicación conjunta de enmiendas orgánicas y minerales puede mejorar significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que se traduce en un mejor crecimiento de las plantas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2007)

La aplicación de compost mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo radicular y el crecimiento de la planta (Félix-Herrán et al., 2008). Las aplicaciones individuales de compost, dolomita o guano de isla mostraron un crecimiento inferior, lo que sugiere que la sinergia entre diferentes enmiendas es clave para maximizar el desarrollo de los plantones (Marschner, 2011). Estos resultados recalcan la importancia de una fertilización equilibrada que combine fuentes orgánicas y minerales para optimizar el crecimiento de los plantones.

Los resultados obtenidos en la evaluación del diámetro del tallo de plantones de limón mandarina (Figura 8) muestran que los tratamientos que combinaron enmiendas orgánicas y minerales generaron un desarrollo estructural superior, especialmente los tratamientos T₁ (6,14 mm) y T₂ (6,13 mm), que incluyeron compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla. Esta respuesta se atribuye a la acción sinérgica de estos insumos, que aportan nutrientes esenciales como calcio, magnesio, fósforo y nitrógeno, mejorando tanto la nutrición como las propiedades físico-químicas del suelo. En este contexto, Nazar

(2021) señala que la dolomita contribuye significativamente a la corrección de suelos ácidos, mejorando la estructura y aumentando la disponibilidad de nutrientes, mientras que Dechen y Nachtigall (2007) resaltan que el calcio fortalece las paredes celulares y el magnesio favorece la fotosíntesis, promoviendo un crecimiento vigoroso del tallo en cultivos cítricos.



Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

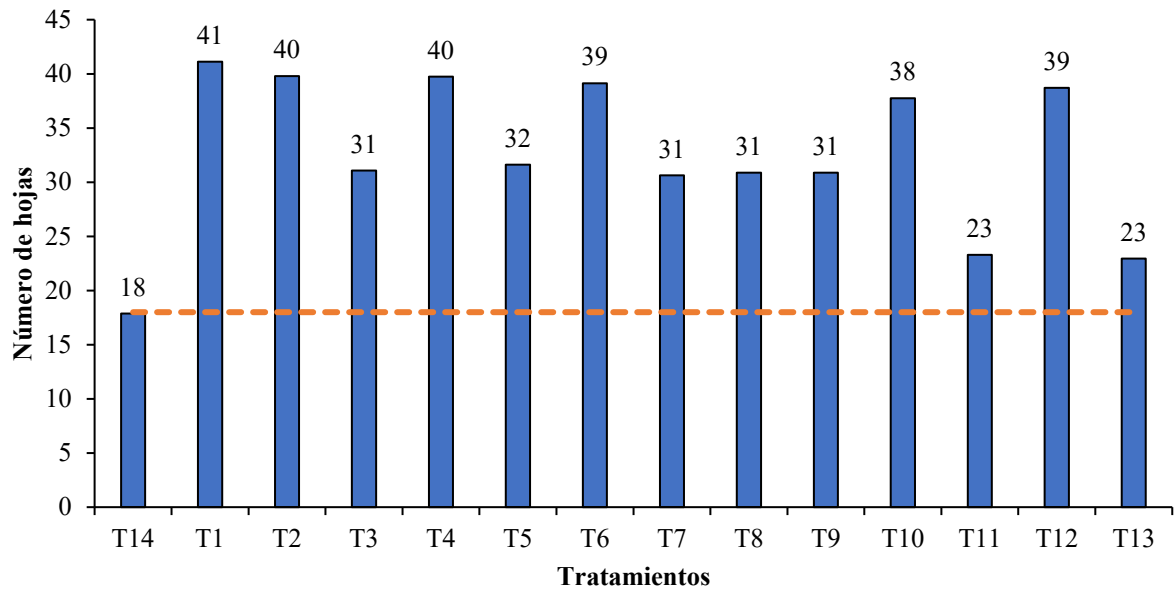
Figura 8. Diámetro del tallo de plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

Asimismo, la roca fosfórica, presente en varios de los tratamientos más efectivos, es reconocida como una fuente de fósforo de liberación lenta, particularmente eficiente en suelos ácidos, donde su solubilidad y disponibilidad aumentan, según Zapata y Roy (2007), este fósforo es fundamental para la formación de tejidos nuevos, el desarrollo de raíces y la estimulación del crecimiento vegetativo. Garro (2016) también destaca que su uso mejora la actividad microbiana del suelo, lo que a su vez optimiza la absorción de nutrientes y mejora el estado sanitario de las plantas. Por su parte, el guano de isla, incorporado en los

tratamientos más eficientes, aporta nitrógeno, fósforo y potasio en formas fácilmente asimilables por las plantas. Agro Rural (2018) y Sánchez (2016) indican que este fertilizante orgánico estimula directamente el desarrollo de raíces y tallos gracias a su alta solubilidad y rápida disponibilidad de nutrientes, además de mejorar la estructura del suelo y activar la biota microbiana benéfica, elementos fundamentales para la nutrición continua y el vigor de los plantones. Los tratamientos que aplicaron un solo insumo como T₁₁ (dolomita sola), T₁₃ (guano de isla solo) y el testigo T₁₄ (sin fertilización) mostraron los diámetros más bajos (4,67, 4,37 y 3,70 mm), lo cual evidencia que la aplicación aislada de nutrientes no es suficiente para lograr un crecimiento estructural adecuado. Huaraca-Fernández et al. (2020) señalan que la dolomita es más efectiva cuando se integra con otras fuentes de fertilización, ya que su acción correctiva y su capacidad de aportar calcio y magnesio se potencian cuando el suelo también dispone de otros nutrientes esenciales. Similarmente, Parco-Quispe et al. (2022) indican que el guano de isla, aunque completo en nutrientes, requiere de un suelo bien estructurado y complementado con minerales para expresar su máximo potencial.

La evaluación del número de hojas en plantones de limón mandarina (Figura 9) mostró que el tratamiento T₁₄ (testigo sin aplicación) presentó el menor valor (18 hojas), estableciendo así el punto de referencia para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos. Asimismo, los tratamientos T₁ (41 hojas), T₂ y T₄ (40 hojas), así como T₆ y T₁₂ (39 hojas), promovieron significativamente la emisión foliar, lo que evidencia el efecto sinérgico de las combinaciones. Según Nazar (2021), la dolomita no solo corrige la acidez del suelo, sino que también mejora la estructura del mismo, facilitando la aireación y la absorción de nutrientes, además, Dechen y Nachtigall (2007) destacan que el calcio fortalece las paredes celulares, mientras que el magnesio, al ser un componente central de la clorofila, favorece la fotosíntesis, lo que incide directamente en la producción de biomasa foliar. En cuanto a la roca fosfórica, su inclusión en los tratamientos más efectivos refuerza el rol del fósforo en la diferenciación celular y en el desarrollo de hojas. Lugo et al. (2009) sostienen que este mineral, al liberarse lentamente en suelos ácidos, mejora la eficiencia en la absorción del fósforo, favoreciendo la formación de estructuras vegetativas, también, Garro (2016) indica que la roca fosfórica también estimula la actividad microbiana benéfica, lo cual mejora la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de otros nutrientes. El guano de isla, presente en los tratamientos con mayor número de hojas, aporta nitrógeno en formas rápidamente asimilables, lo cual estimula la producción de hojas al favorecer la síntesis de proteínas y la división celular. Agro Rural (2018) y García et al. (2016) señalan que, además de ser una fuente completa de nutrientes, este fertilizante mejora la estructura del suelo y

potencia la actividad microbiana, lo que crea un ambiente favorable para un crecimiento vegetativo continuo.



Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

Figura 9. Número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

El tratamiento T₁₀ (compost) también presentó un buen desempeño (38 hojas), lo que confirma que el compost, como fuente orgánica rica en materia orgánica y nutrientes disponibles, puede promover por sí solo un desarrollo foliar adecuado, aunque en menor grado que las combinaciones múltiples. En contraste, los tratamientos T₁₁ (dolomita sola) y T₁₃ (guano de isla solo) alcanzaron solo 23 hojas, lo que sugiere que la aplicación de un solo insumo limita la disponibilidad equilibrada de nutrientes necesarios para sostener un crecimiento foliar vigoroso. Huaraca-Fernández et al. (2020) señalan que, en suelos residuales o ácidos, la efectividad de enmiendas aisladas se ve reducida si no se complementan con otras fuentes que regulen el pH y aporten nutrientes de forma equilibrada.

Tal como se evidencia en el análisis final del sustrato (Tabla 11), el incremento en los niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio producto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales contribuyó de manera significativa al aumento en la altura, el diámetro del tallo y la emisión de hojas en los plantones de cítrico, estos elementos cumplen funciones clave en el desarrollo vegetal: el fósforo favorece el crecimiento radicular y la formación de tejidos nuevos, el potasio regula la apertura estomática y el transporte de agua y nutrientes, mientras que el calcio y el magnesio son fundamentales para la integridad estructural y funcional de las paredes celulares y los cloroplastos. La disponibilidad equilibrada de estos nutrientes, junto con una mejora en las condiciones fisicoquímicas del suelo, creó un ambiente propicio para un desarrollo más vigoroso y uniforme de las plantas

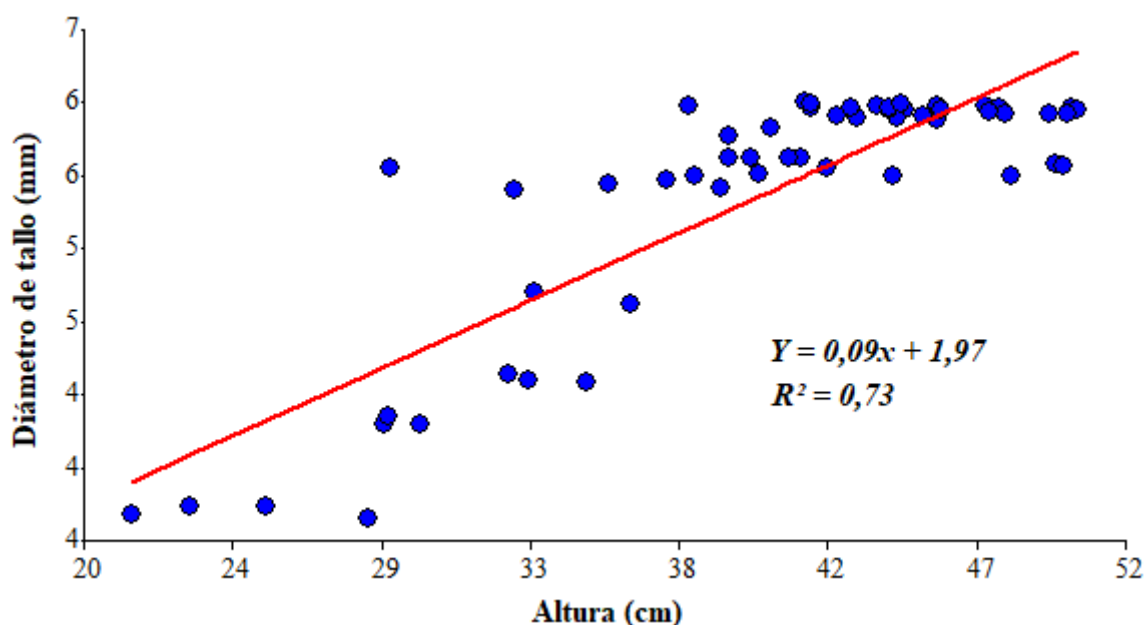


Figura 10. Regresión lineal entre altura de pontones (X) con diámetro de tallo (Y) de los plantones de cítrico (limón mandarina)

La Figura 10 revela una relación positiva entre la altura y el diámetro del tallo de plantones de cítrico, con la ecuación $Y = 0,09x + 1,97$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0,73$; se muestra que, por cada centímetro de incremento en la altura, el diámetro del tallo aumenta en 0,09 mm, lo que sugiere un crecimiento proporcional y armónico en la estructura del plantón. El valor de R^2 indica que el 73 % de la variación en el diámetro del tallo puede explicarse por la altura del plantón, lo cual refleja una asociación fuerte y consistente entre estas dos variables morfológicas. Esta relación es de gran importancia desde el punto de vista agronómico, ya que un mayor diámetro del tallo junto con una mayor altura es indicativo de plantones vigorosos, equilibrados y con buena

capacidad de establecimiento en campo definitivo. De acuerdo con García et al. (2016) y Lugo et al. (2009), el diámetro del tallo es un indicador clave del estado fisiológico de los plantones y de su resistencia a factores abióticos en la etapa post-trasplante. Por tanto, la existencia de una correlación positiva entre ambas variables reafirma la calidad del material vegetal producido bajo las condiciones del estudio. Además, el valor de $R^2 = 0,73$ se considera dentro de un rango alto de ajuste (0,60 - 0,79) según los criterios planteados por Wooldridge (2016) y Montgomery et al. (2012), lo que respalda la fiabilidad del modelo predictivo. Aunque no representa una relación perfecta (como sería un $R^2 = 1,00$), sí permite inferir con confianza que existe una dependencia importante del diámetro con respecto a la altura.

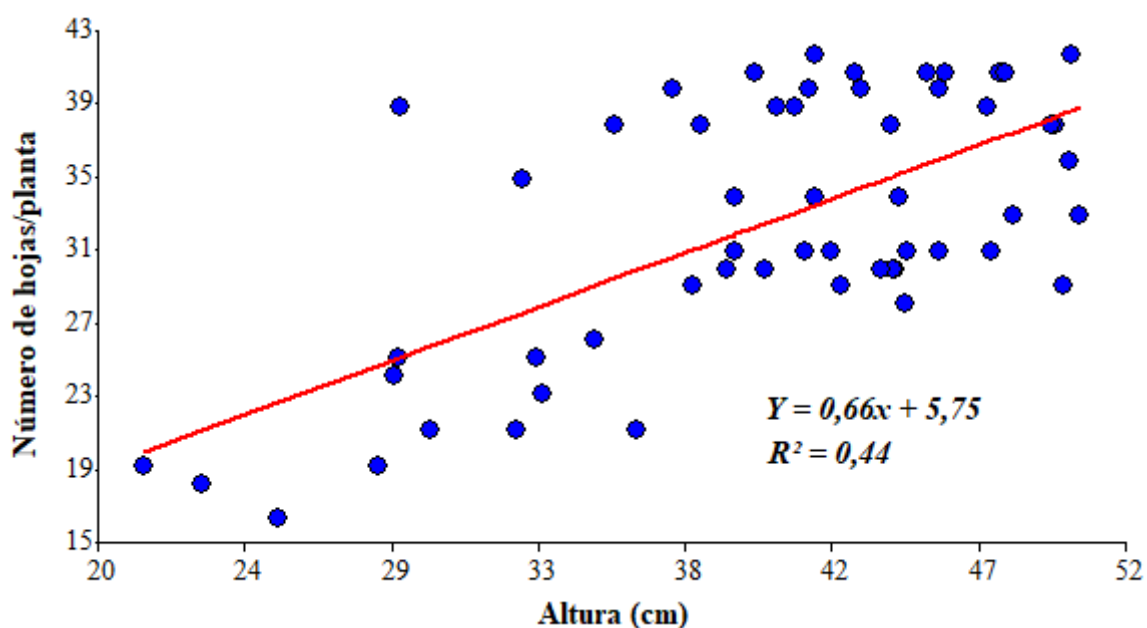


Figura 11. Regresión lineal entre altura de pontones (X) con número de hojas/planta (Y) de los plantones de cítrico (limón mandarina)

La Figura 11 muestra una regresión lineal positiva entre la altura de los plantones y el número de hojas por planta en cítrico (limón mandarina), representada por la ecuación $Y = 0,66x + 5,75$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,44$. Esta ecuación indica que por cada centímetro que incrementa la altura del plantón, el número de hojas aumenta en promedio en 0,66 unidades, reflejando una tasa de crecimiento moderadamente positiva entre ambas variables. El valor de R^2 señala que el 44 % de la variabilidad en el número de hojas puede ser explicada por la altura, mientras que el 56 % restante se atribuye a otros factores no considerados en el modelo, tales como la nutrición, las condiciones ambientales o las características genéticas. Aunque la relación no es tan fuerte, el crecimiento simultáneo en altura y número de hojas sugiere un desarrollo vegetativo equilibrado, lo cual

resulta fundamental para una adecuada actividad fotosintética y el buen establecimiento del plantón en el campo definitivo. El R^2 permite evaluar qué proporción de la variabilidad de una variable dependiente puede ser explicada por una independiente, y su valor varía entre 0 y 1. Según la clasificación propuesta por Wooldridge (2016) y Montgomery et al. (2012), un R^2 entre 0,40 y 0,59 corresponde a un ajuste moderado, como es el caso del presente estudio.

4.1.2. Longitud y volumen de raíces

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para la longitud y volumen de raíces de plantones de cítrico (limón mandarina) mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, dado que los valores de probabilidad ($p < 0,05$) fueron menores al nivel de significancia establecido, esto indica que al menos un tratamiento difiere significativamente respecto a los demás, lo cual permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Según Camacho-Sandoval (2007), la aceptación de la hipótesis alterna implica la existencia de diferencias estadísticamente significativas atribuibles al efecto de los tratamientos, mientras que la hipótesis nula sostiene que los tratamientos no ejercen influencia sobre las variables analizadas.

Tabla 7. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud y volumen de raíces de plantones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante

Fuentes de variación	GL	Longitud de raíces			Volumen de raíces		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamiento	13	75,23	8,31	< 0,0001	137,01	34,91	< 0,0001
Error experimental	42	9,06			3,92		
Total	55						
CV		14,76			13,81		
R2		0,72			0,92		

En este contexto, el CV fue de 14,76 % para la longitud de raíces y de 13,81 % para el volumen, valores que reflejan una variabilidad moderada, aunque aceptable. Pimentel (1985) sostiene que coeficientes de variación inferiores al 20 % son indicativos de una moderada precisión experimental. Asimismo, los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos fueron de 0,72 para la longitud y de 0,92 para el volumen de raíces, lo cual indica que el modelo explica el 72 y 92 % de la variabilidad observada. De acuerdo con Martines (2005), un valor de R^2 cercano a 1 refleja que la variación en la variable de respuesta es explicada en gran medida por los tratamientos evaluados, lo que sugiere una fuerte asociación entre los factores experimentales y el desarrollo radical.

Tabla 8. Prueba de TUKEY ($\alpha = 0,05$) de longitud y volumen de raíces de plantones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante

Trat.	Longitud de raíces (cm)		Trat.	Volumen de raíces (cm ³)	
	Promedio	Sig.		Promedio	Sig.
T ₁	27,43	a	T ₁	25,33	a
T ₂	25,03	a	T ₂	22,13	b
T ₄	24,82	a	T ₄	20,09	b
T ₆	23,82	a	T ₆	18,62	b
T ₇	23,14	a	T ₁₂	16,53	c
T ₁₂	22,99	a	T ₇	16,39	c
T ₉	20,13	b	T ₉	16,27	c
T ₃	19,14	b	T ₁₀	11,74	d
T ₅	18,98	b	T ₅	11,56	d
T ₁₀	18,71	b	T ₃	11,36	d
T ₈	17,79	b	T ₁₃	7,98	e
T ₁₁	16,13	b	T ₁₁	7,74	e
T ₁₃	15,23	b	T ₈	7,72	e
T ₁₄	12,05	c	T ₁₄	7,39	e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Leyenda:

T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)

T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)

T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)

T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)

T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)

T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)

T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)

T₁₀: Compost (300 g)

T₁₁: Dolomita (80 g)

T₁₂: Roca fosfórica (40 g)

T₁₃: Guano de isla (20 g)

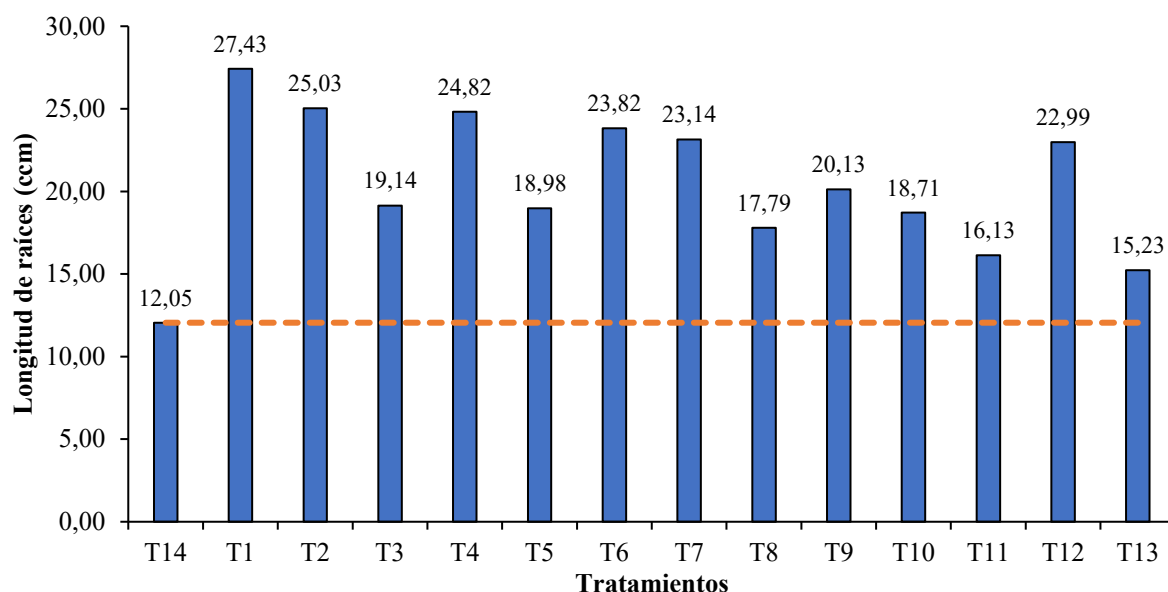
T₁₄: Testigo (sin aplicación)

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 8) muestran que los tratamientos combinados, especialmente T₁ (compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla), promovieron significativamente el mayor crecimiento en longitud (27,43 cm) y volumen de raíces (25,33 cm³), este tratamiento fue estadísticamente superior a los demás, lo que evidencia una sinergia positiva entre los insumos aplicados en la estimulación del desarrollo radicular de los plantones. La efectividad del T₁ puede explicarse por el aporte conjunto de nutrientes y mejoras físicas al suelo; el compost, además de mejorar la estructura del suelo, incrementa la retención de humedad y promueve una mayor actividad microbiana, lo que favorece un ambiente adecuado para el desarrollo de raíces (Román et al., 2013; Gracia, 2012), asimismo, aporta nitrógeno, fósforo y potasio de forma gradual, esenciales para la formación y expansión de raíces (Paz-Ferreiro et al., 2014). La dolomita, por su parte, contribuye corrigiendo la acidez del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes e incrementando la

absorción de calcio y magnesio, elementos vitales en la formación de paredes celulares y en el proceso de fotosíntesis (Nazar, 2021; Dechen y Nachtigall, 2007). Además, al favorecer una mayor agregación del suelo, mejora la aireación y penetración de las raíces (Huaraca-Fernández et al., 2020). La roca fosfórica, como fuente de fósforo de liberación lenta, juega un papel crucial en el crecimiento inicial de raíces, particularmente en suelos ácidos donde su solubilidad es mayor (Lugo et al., 2009; Garro, 2016). Este macronutriente es esencial para la división celular y la elongación radicular, lo cual explica los mayores valores obtenidos en longitud y volumen en los tratamientos que la incluyen. El guano de isla, por su alta concentración de nutrientes disponibles (NPK), proporciona una respuesta rápida en el crecimiento vegetal, y mejora la estructura del suelo, estimulando la actividad microbiana benéfica que facilita la mineralización de nutrientes (Agro Rural, 2018; Parco-Quispe et al., 2022).

Los tratamientos T₂, T₄, y T₆, que también incluyeron combinaciones de tres de estos cuatro insumos, mostraron valores altos tanto en longitud como en volumen de raíces, sin diferencias significativas entre ellos, lo que indica que la presencia conjunta de al menos tres enmiendas es suficiente para lograr una estimulación efectiva del sistema radicular. En comparación con los tratamientos con solo uno o dos insumos, como T₁₃ (guano de isla), T₁₁ (dolomita) y T₁₄ (testigo sin aplicación), mostraron los valores más bajos en longitud y volumen de raíces, lo que confirma la necesidad de una nutrición equilibrada y una adecuada mejora del suelo para el óptimo desarrollo radicular. El testigo, sin fertilización, evidenció la limitación en disponibilidad de nutrientes esenciales, afectando negativamente la capacidad de exploración del suelo por parte de las raíces.

La Figura 12 evidencia que la longitud de raíces en plántones de cítrico fue significativamente mayor en tratamientos con combinaciones equilibradas de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla, siendo el tratamiento T₁ (27,43 cm) el más destacado, seguido por T₂, T₄, T₆, T₇ y T₁₂, todos con valores superiores a 22 cm. Esta respuesta radicular se atribuye a la sinergia entre enmiendas orgánicas y minerales, que aportan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, además de mejorar las condiciones físicas y biológicas del sustrato, favoreciendo la elongación de raíces (Román et al., 2013; Nazar, 2021; Lugo et al., 2009; Agro Rural, 2018). Asimismo, los tratamientos como T₁₁ (dolomita sola), T₁₃ (guano de isla solo) y T₁₄ (testigo) presentaron las menores longitudes radiculares, reflejando limitaciones nutricionales y de acondicionamiento del sustrato. Estos resultados confirman que un sistema radicular más desarrollado está estrechamente vinculado a la aplicación conjunta de enmiendas, lo cual es crucial para una mejor absorción de agua y nutrientes durante las primeras etapas del cultivo



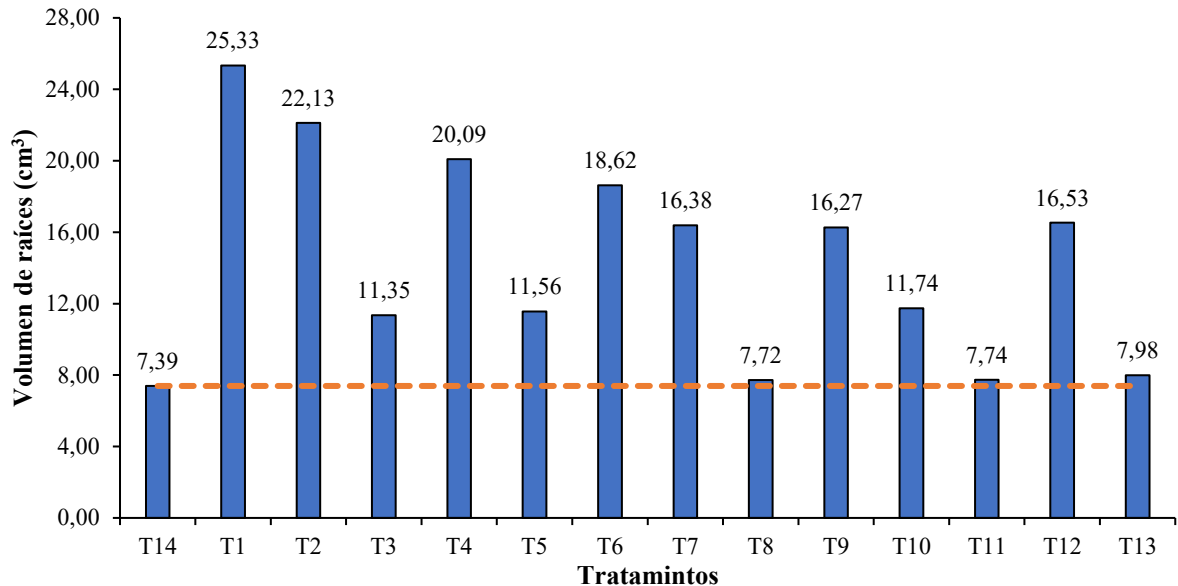
Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

Figura 12. Longitud de las raíces de los plantones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

La Figura 13 demuestra que el volumen de raíces en plantones de cítrico fue significativamente mayor cuando se aplicaron combinaciones completas de enmiendas orgánicas y minerales, destacando el tratamiento T₁ (25,33 cm³), seguido de T₂, T₄ y T₆, todos con volúmenes superiores a 18 cm³; este resultado refleja que la integración de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla genera un entorno favorable para el desarrollo radicular, al mejorar la estructura del sustrato, optimizar la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo, calcio, magnesio y nitrógeno, y favorecer la actividad microbiana benéfica (Román et al., 2013; Dechen y Nachtigall, 2007; Lugo et al., 2009; Agro Rural, 2018). A diferencia de los tratamientos con formulaciones incompletas o aplicación individual de insumos, como T₁₃, T₁₁, T₈ y el testigo T₁₄, presentaron volúmenes inferiores a 8 cm³, lo que evidencia un desarrollo limitado del sistema radical debido a restricciones nutricionales y

pobre acondicionamiento del suelo. Estos resultados confirman que el volumen radicular está fuertemente influenciado por la combinación equilibrada de enmiendas, siendo un indicador clave para el establecimiento vigoroso de los plantones en campo.



Leyenda:

- T1: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T2: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T3: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T4: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T5: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T6: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T7: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T8: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T9: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T10: Compost (300 g)
- T11: Dolomita (80 g)
- T12: Roca fosfórica (40 g)
- T13: Guano de isla (20 g)
- T14: Testigo (sin aplicación)

Figura 13. Volumen de las raíces de los plantones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

La Figura 14 muestra una regresión lineal positiva entre el volumen y la longitud de raíces en plantones de cítrico, representada por la ecuación $Y = 0,66x + 10,91$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,63$; este resultado indica que por cada centímetro cúbico que incrementa el volumen radicular, la longitud de raíces aumenta en promedio 0,66 cm, reflejando una relación positiva y consistente entre ambas variables; el valor de R^2 sugiere que el 63 % de la variabilidad en la longitud de raíces puede ser explicada por el volumen radicular. De acuerdo con la clasificación propuesta por Wooldridge (2016) y Montgomery et al. (2012), un R^2 entre 0,60 y 0,79 se considera como un ajuste alto del

modelo, lo que indica que el volumen de raíces influye significativamente en la longitud del sistema radical. Esta relación es coherente desde un punto de vista fisiológico, ya que un mayor volumen radicular no solo representa una expansión física, sino también una mejora funcional del sistema de raíces, incrementando su capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que a su vez favorece el crecimiento vegetativo y la adaptación del plantón al momento del trasplante. En este sentido, Martines (2005) destaca que un valor de R^2 cercano a 1 refleja que la variación en la variable de respuesta es explicada en gran medida por los factores evaluados, lo que en este estudio refuerza la idea de que el volumen radicular es un buen predictor del desarrollo en longitud de raíces. Estos resultados respaldan la efectividad de los tratamientos aplicados y permiten inferir que una mejora en el volumen radicular impacta directamente en el crecimiento estructural del sistema de raíces, optimizando el establecimiento del plantón en campo definitivo

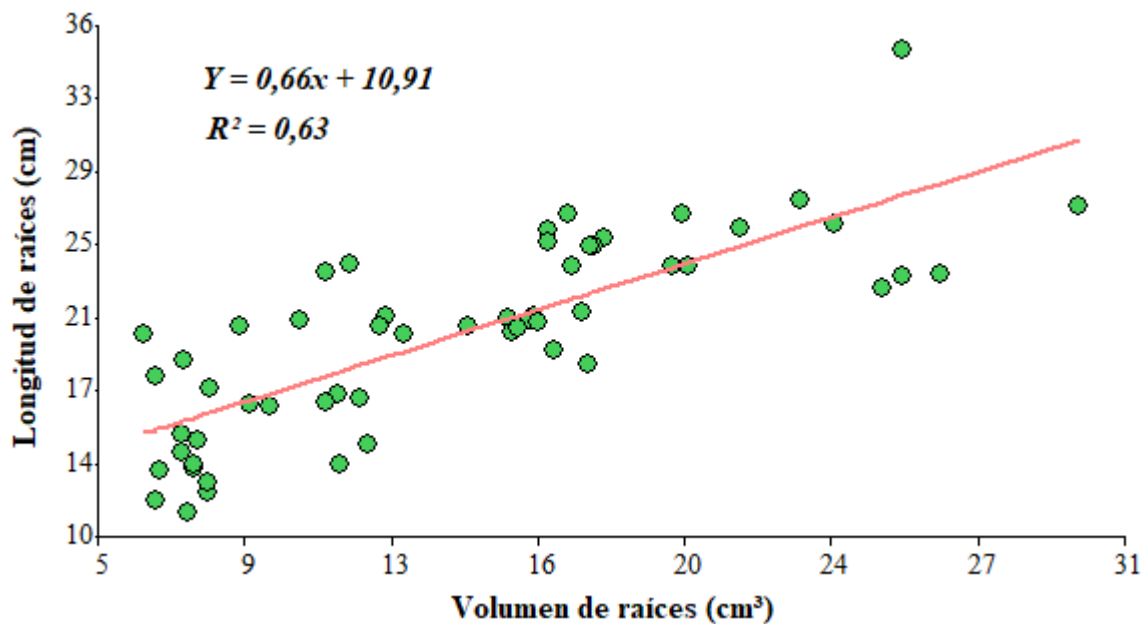


Figura 14. Regresión lineal entre Volumen de raíces (X) con longitud de raíces (Y) de los plantones de cítrico (limón mandarina)

4.1.3. Peso fresco, seco y porcentaje de materia seca

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) aplicado al peso fresco, peso seco y porcentaje de materia seca de plantones de cítrico (Tabla 9) evidenció diferencias estadísticas significativas en los dos primeros parámetros. Para el peso fresco, el valor de $p < 0,05$ indica un efecto significativo de los tratamientos, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, según la cual los tratamientos aplicados generan diferencias reales en la variable evaluada (Camacho-Sandoval, 2007). El R^2 fue de 0,83, lo que indica que el modelo

explica el 83 % es por efecto de los tratamientos en estudio mostrando una relación fuerte (Martines, 2005).

Tabla 9. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso fresco, seco y porcentaje de materia seca de plántones de cítrico (limón mandarina) a los 150 después del trasplante

Fuentes de variación	GL	Peso fresco			Peso seco			% materia seca		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamiento	13	686,45	16,17	0,00	153,27	46,22	0,00	66,05	0,36	0,00
Error experimental	42	42,46			3,32			185,61		
Total	55									
CV		24,72			13,43			24,98		
R ²		0,83			0,93			0,10		

El CV fue de 24,72 %, lo cual refleja una dispersión alta, sigue dentro de los rangos aceptables para estudios en condiciones de campo (Pimentel, 1985). De forma similar, el peso seco presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), con un R² de 0,93, lo que demuestra una elevada precisión del modelo y una relación muy fuerte entre las variables en estudio y los tratamientos aplicados (Martines, 2005). En este caso, el CV fue de 13,43 %, indicando una variabilidad media y aceptable que otorga mayor confiabilidad a los resultados (Pimentel, 1985). En contraste, el porcentaje de materia seca (%MS) no mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), lo que sugiere que este parámetro no fue influenciado por los tratamientos evaluados, probablemente por el bajo valor de R² (0,10), que indica una escasa capacidad del modelo para explicar la variación observada, y un CV de 24,98 %, que refleja una alta dispersión en los datos. Estos resultados permiten afirmar que los tratamientos aplicados influyeron significativamente sobre el peso fresco y seco de los plántones, mas no sobre el porcentaje de materia seca, posiblemente por la estabilidad relativa de este último parámetro frente a las condiciones experimentales.

Prueba de Tukey (Tabla 10), los resultados obtenidos para el peso fresco de los plántones de cítrico evidencian que los tratamientos con mayores valores corresponden a combinaciones integradas de enmiendas orgánicas y minerales, de manera que el tratamiento T₁, que incluye compost (300 g), dolomita (80 g), roca fosfórica (40 g) y guano de isla (20 g), alcanzó el mayor valor con 40,83 g, seguido muy de cerca por T₂ (compost + dolomita + roca fosfórica), T₆ (dolomita + roca fosfórica + guano de isla), T₄ (compost + roca fosfórica + guano de isla), T₉ (roca fosfórica + guano de isla) y T₇ (dolomita + roca fosfórica), todos agrupados estadísticamente sin diferencias significativas. El compost actúa como un mejorador integral

del suelo, aportando materia orgánica, mejorando la estructura del sustrato y liberando nutrientes esenciales de manera gradual (Román et al., 2013; Gracia, 2012; Vargas-Pineda et al., 2019), la dolomita, al corregir la acidez y aportar calcio y magnesio, mejora la disponibilidad de nutrientes y favorece el crecimiento radicular y la fotosíntesis (Nazar, 2021; Dechen y Nachtigall, 2007), por su parte, la roca fosfórica, especialmente efectiva en suelos ácidos, proporciona fósforo de liberación lenta, esencial para la formación de raíces y tejidos estructurales (Zapata y Roy, 2007; Lugo et al., 2009), mientras que el guano de isla, con su alta concentración de nutrientes de rápida disponibilidad, estimula el crecimiento inicial de las plantas (García et al., 2016; Agro Rural, 2018).

Tabla 10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) del peso fresco, seco y porcentaje de materia seca de plántulas de cítrico (limón mandarina) a los 150 días después del trasplante

Trat.	Peso fresco (g)		Trat.	Peso seco (g)	
	Promedio	Sig.		Promedio	Sig.
T1	40,83	a	T2	40,83	a
T2	40,54	a	T1	40,54	a
T6	39,15	a	T4	39,15	a
T4	39,15	a	T6	39,15	a
T9	38,81	a	T7	38,81	a
T7	38,47	a	T9	38,47	a
T12	31,85	b	T12	31,85	a
T3	19,93	b	T3	19,93	b
T5	19,32	b	T10	19,32	b
T10	19,13	b	T5	19,13	b
T8	12,02	b	T13	12,02	c
T11	11,57	b	T11	11,57	c
T13	10,69	b	T8	10,69	c
T14	7,69	b	T14	7,69	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

La combinación de estas enmiendas proporciona un suministro balanceado de nutrientes esenciales, lo que se traduce en una mayor acumulación de biomasa

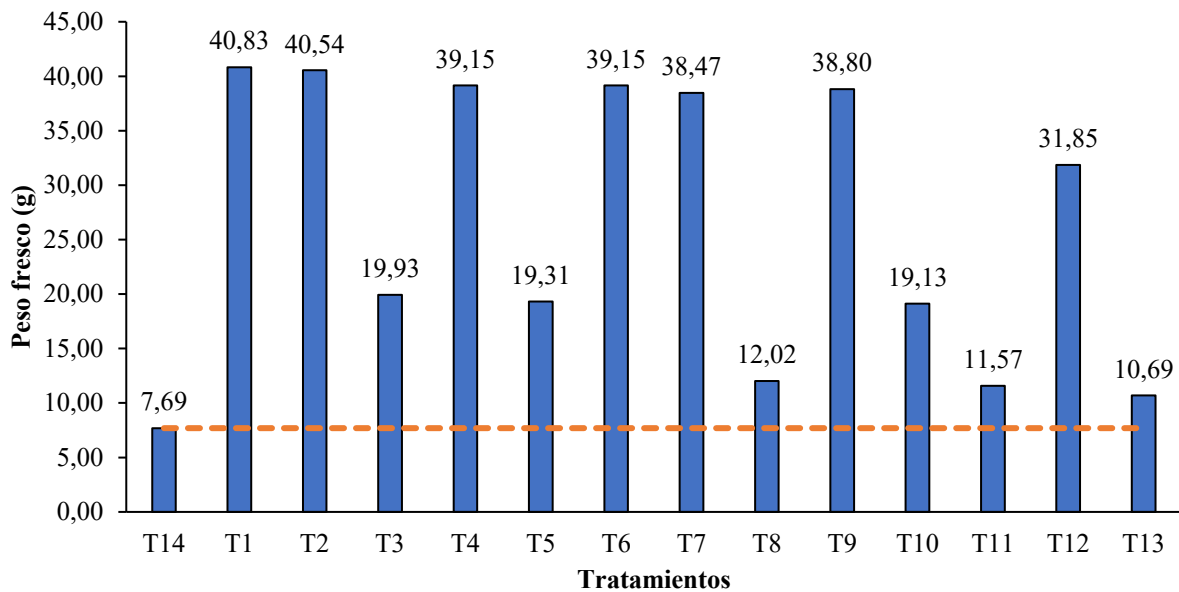
fresca. Los tratamientos con menor peso fresco fueron aquellos con aplicación individual de enmiendas o sin fertilización, como T₁₂ (roca fosfórica sola), T₃ (compost + dolomita), T₅ (compost + guano), T₁₀ (compost solo), T₈ (dolomita + guano), T₁₁ (dolomita sola), T₁₃ (guano de isla solo) y el testigo T₁₄, con el valor más bajo (7,69 g), estos resultados evidencian que la acción aislada de los insumos no es suficiente para suplir las necesidades nutricionales del cítrico en etapa de vivero, ya que no existe una complementación efectiva entre macro y micronutrientes (Sánchez, 2016; Gutiérrez-Miceli et al., 2020).

Respecto al peso seco de los plantones, la tendencia fue similar, el mayor valor se registró en el tratamiento T₂ (40,83 g), seguido por T₁ (40,54 g), T₄ y T₆ (ambos con 39,15 g), T₇ (38,81 g), T₉ (38,47 g) y T₁₂ (31,85 g), conformando el grupo superior. Este resultado destaca el papel central de la roca fosfórica en la acumulación de materia seca, dado su aporte sostenido de fósforo, el cual estimula la división celular, el desarrollo radicular profundo y la formación de biomasa estructural (FAO, 2004; Garro, 2016), asimismo, la inclusión del compost y la dolomita en estos tratamientos no solo complementa la nutrición con nitrógeno, calcio y magnesio, sino que también mejora la retención de humedad y la aireación del suelo, factores que inciden directamente en el desarrollo de tejidos vegetales robustos (Gracia, 2012; ICTA, 2009; Mariscal, 2002). En el grupo intermedio se situaron los tratamientos T₃, T₁₀ y T₅, que, aunque contienen compost, presentan combinaciones menos equilibradas. Finalmente, los tratamientos T₁₃, T₁₁, T₈ y T₁₄ mostraron los valores más bajos de materia seca, indicando que ni la dolomita ni el guano, usados de forma individual o combinados sin fósforo, logran sostener un crecimiento estructural adecuado en cítricos en etapa de vivero (Huaraca-Fernández et al., 2020; Parco-Quispe et al., 2022).

Los resultados confirman que una nutrición equilibrada, que incluya fósforo, calcio, magnesio, nitrógeno y materia orgánica, es fundamental para maximizar el crecimiento de plantones de cítrico, los cuales potencia la acumulación tanto de biomasa fresca como seca, mientras que la aplicación aislada o incompleta de enmiendas limita significativamente el desarrollo de las plantas.

Con base en los análisis finales del sustrato, el mayor peso de los plantones de cítrico registrado en el tratamiento T₁ se asocia directamente con una combinación óptima de características químicas del suelo, entre las que destacan los niveles más altos de fósforo disponible (9,79 ppm), potasio (127,94 ppm), calcio (4,80 Cmol(+)/kg) y magnesio (1,08 Cmol(+)/kg), así como la mayor materia orgánica (4,07 %) y una capacidad de intercambio catiónico superior (6,46 Cmol(+)/kg). El fósforo es esencial para la formación de raíces y tejidos nuevos, mientras que el potasio regula el equilibrio hídrico y el transporte de asimilados,

favoreciendo la acumulación de biomasa. El calcio contribuye a la estabilidad estructural de las células y mejora la absorción de otros nutrientes, y el magnesio, al formar parte de la molécula de clorofila, potencia la actividad fotosintética. A ello se suma un pH cercano a la neutralidad (7,25), que optimiza la disponibilidad de nutrientes. Esta interacción sinérgica entre elementos esenciales y condiciones fisicoquímicas adecuadas del sustrato evidencia que un manejo integrado de enmiendas es determinante para incrementar significativamente el peso fresco de los plántones



Leyenda:

- T1: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T2: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T3: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T4: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T5: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T6: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T7: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T8: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T9: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T10: Compost (300 g)
- T11: Dolomita (80 g)
- T12: Roca fosfórica (40 g)
- T13: Guano de isla (20 g)
- T14: Testigo (sin aplicación)

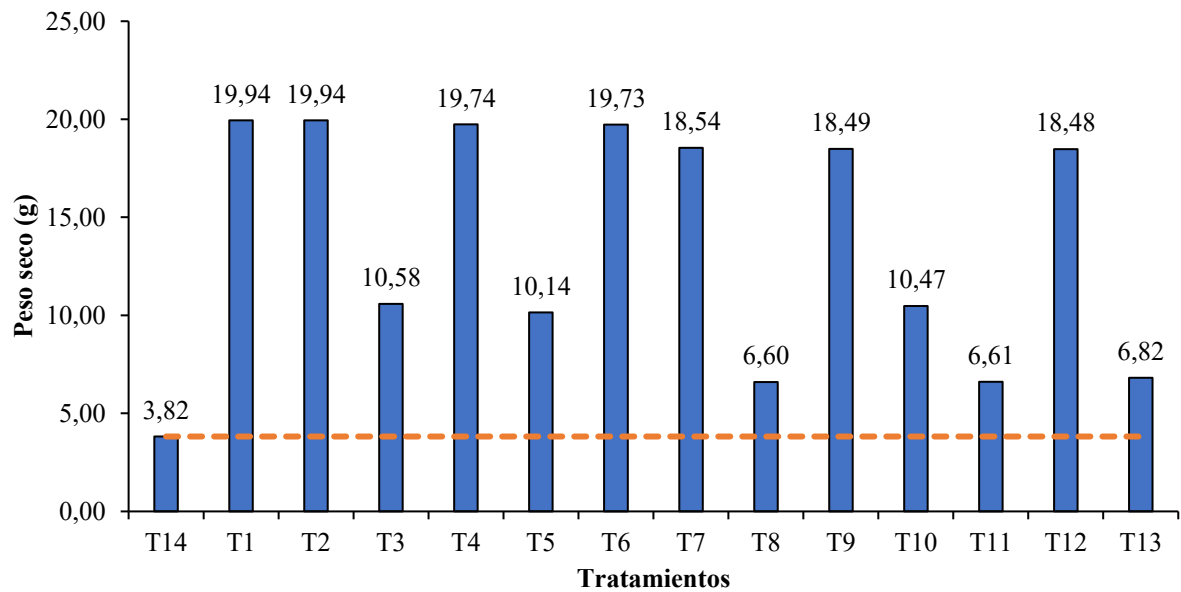
Figura 15. Peso fresco de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

La Figura 15 muestra que los tratamientos con mayor peso fresco en los plántones de cítrico fueron aquellos que integraron enmiendas orgánicas y minerales, destacando el T₁ (compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla) con 40,83 g y el T₂ (compost + dolomita + roca fosfórica) con 40,54 g, estos fueron seguidos por T₄, T₆, T₇ y T₉,

cuyos valores oscilaron entre 38,47 g y 39,15 g, la superioridad de estos tratamientos puede atribuirse a la sinergia nutricional generada por la aplicación conjunta de compost, que mejora la estructura del sustrato y aporta materia orgánica y nutrientes de liberación lenta (Román et al., 2013; Gracia, 2012), con dolomita, que corrige la acidez y suministra calcio y magnesio esenciales para el crecimiento celular y la fotosíntesis (Nazar, 2021; Dechen y Nachtigall, 2007), además, la roca fosfórica provee fósforo de liberación progresiva, necesario para la formación de raíces y tejidos estructurales (Zapata y Roy, 2007), mientras que el guano de isla complementa con nitrógeno y micronutrientes de rápida asimilación que promueven el desarrollo vegetativo (Sánchez, 2016; Agro Rural, 2018).

Por el contrario, los tratamientos con menor peso fresco, como T₃, T₅, T₁₀, T₈, T₁₁, T₁₃ y el testigo T₁₄, presentaron valores significativamente inferiores, siendo el más bajo el del tratamiento sin aplicación (7,69 g). Estos resultados muestran que la aplicación individual de insumos o la ausencia de fertilización limita la disponibilidad de nutrientes esenciales, lo que restringe el crecimiento y la acumulación de biomasa en los plantones, específicamente, el uso aislado de compost o guano, sin fósforo ni correctores de acidez, impide una nutrición completa y eficiente, mientras que la dolomita sola, si bien mejora el pH, no proporciona cantidades suficientes de nutrientes esenciales por sí misma (Huaraca-Fernández et al., 2020; Gutiérrez-Miceli et al., 2020). En consecuencia, los datos respaldan la importancia de una estrategia nutricional equilibrada y complementaria para optimizar el desarrollo inicial de los cítricos en vivero.

La Figura 16 revela que los mayores valores de peso seco en los plantones de cítrico se obtuvieron en los tratamientos T₁ (compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla) y T₂ (compost + dolomita + roca fosfórica), ambos con 19,94 g, seguidos de T₄, T₆, T₇, T₉ y T₁₂, cuyos valores oscilaron entre 18,48 g y 19,74 g. Estos tratamientos destacan por integrar fuentes de fósforo como la roca fosfórica, junto con calcio y magnesio provenientes de la dolomita, además de nitrógeno y micronutrientes del compost y guano de isla. El fósforo es fundamental para la formación de compuestos estructurales, división celular y desarrollo radicular, lo cual se refleja en una mayor acumulación de materia seca (Zapata y Roy, 2007; Lugo et al., 2009). La acción conjunta con calcio y magnesio mejora la estabilidad de las paredes celulares y la eficiencia fotosintética (Dechen y Nachtigall, 2007; Nazar, 2021), mientras que el compost incrementa la actividad microbiana y mejora la retención de humedad en el sustrato, favoreciendo el crecimiento sostenido (Gracia, 2012; Román et al., 2013).



Leyenda:

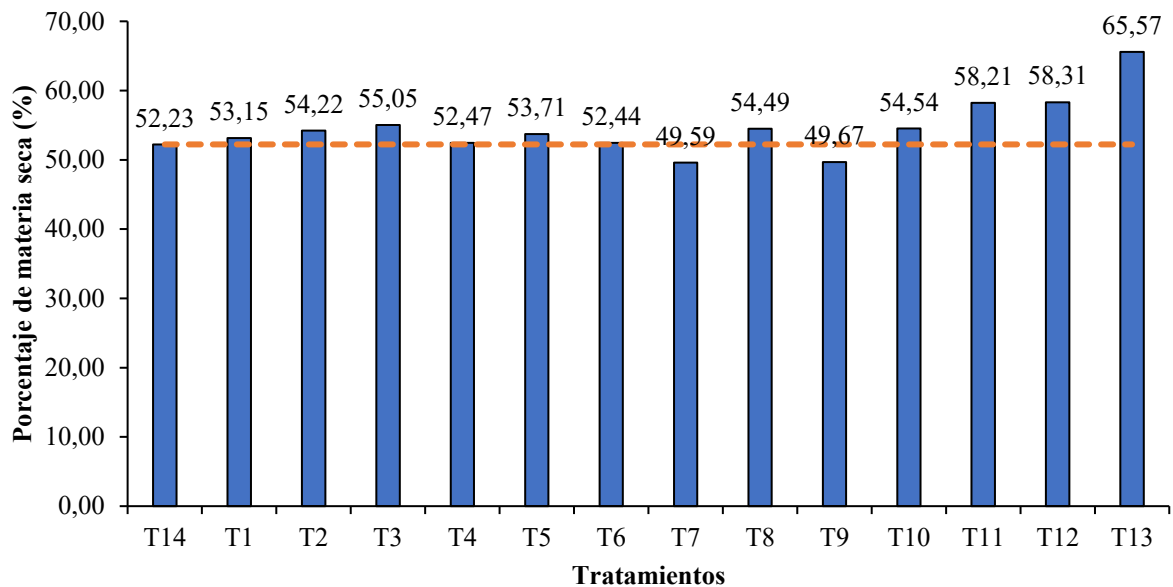
- T1: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T2: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T3: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T4: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T5: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T6: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T7: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T8: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T9: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T10: Compost (300 g)
- T11: Dolomita (80 g)
- T12: Roca fosfórica (40 g)
- T13: Guano de isla (20 g)
- T14: Testigo (sin aplicación)

Figura 16. Peso seco de los plantones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 14 tratamientos a los 150 días de evaluación

Los tratamientos T₃ (compost + dolomita), T₅ (compost + guano de isla) y T₁₀ (compost), aunque presentaron valores intermedios, entre 10,14 g y 10,58 g, no alcanzaron el mismo nivel de desarrollo estructural que las combinaciones con fósforo, lo que sugiere que, si bien aportan nutrientes y mejoran las condiciones físicas del suelo, resultan insuficientes para satisfacer completamente los requerimientos del cítrico en esta etapa. Finalmente, los tratamientos con los valores más bajos de peso seco fueron T₈, T₁₁, T₁₃ y el testigo T₁₄, este último con apenas 3,82 g. Estos resultados reflejan la baja disponibilidad de nutrientes en tratamientos con uno o dos insumos sin fósforo, o en ausencia total de fertilización, lo que limita significativamente la biosíntesis de tejidos vegetales (Huaraca-Fernández et al., 2020; Parco-Quispe et al., 2022).

La Figura 17 muestra que los valores del % MS en los plantones de cítrico oscilaron entre 49,59 y 65,57 %, sin evidenciar diferencias estadísticas significativas entre

tratamientos, el mayor valor se observó en el tratamiento T₁₃ (guano de isla solo), con 65,57 %, seguido por T₁₂ (roca fosfórica sola) con 58,31 % y T₁₁ (dolomita sola) con 58,21 %. Estos tratamientos, que emplearon insumos de forma individual, registraron altos porcentajes de materia seca debido a la baja acumulación de peso fresco, lo cual incrementa proporcionalmente el contenido seco.



Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

Figura 17. Porcentaje de materia seca de los plantones de cítrico (limón mandarina) por efecto de 17 tratamientos a los 150 días de evaluación

Sin embargo, este resultado no implica necesariamente un mayor desarrollo estructural o fisiológico, sino más bien una relación invertida entre biomasa total y contenido seco, producto de un crecimiento limitado en condiciones de baja oferta nutricional (Gutiérrez-Miceli et al., 2020; Sánchez, 2016). En contraste, los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆ y T₁₀ mostraron porcentajes intermedios, entre 52,44 % y 55,05 %, alineados con una proporción más equilibrada entre el contenido seco y la retención hídrica. Esto sugiere que la

combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla favorece un desarrollo armónico de tejidos vegetales, con mayor contenido de agua celular y biomasa total, manteniendo una relación funcional entre crecimiento y deshidratación relativa (Román et al., 2013; Dechen y Nachtigall, 2007; Garro, 2016). Finalmente, los menores porcentajes se registraron en T₇ (49,59 %), T₈ (54,49 %) y T₉ (49,67 %), sin un patrón claro relacionado al tipo específico de enmienda, lo cual refuerza que este parámetro no estuvo determinado directamente por los tratamientos aplicados. En consecuencia, se concluye que el porcentaje de materia seca responde más bien a la relación natural entre el peso seco y el peso fresco acumulado en cada combinación, y no constituye un indicador directo de eficiencia nutricional o productiva en este ensayo

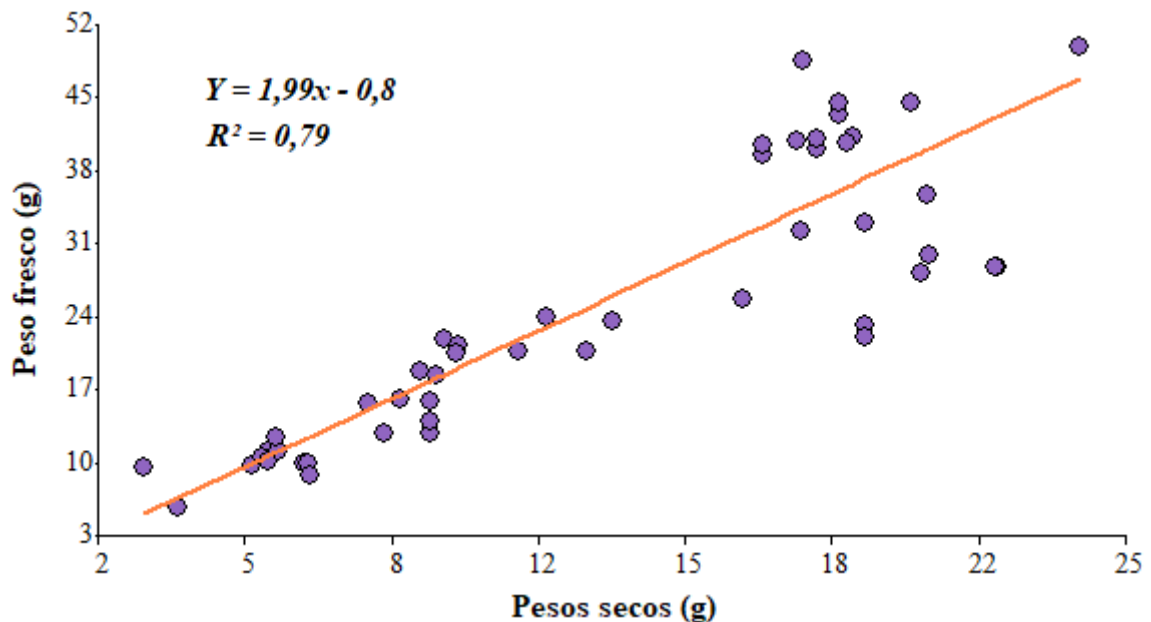


Figura 18. Regresión lineal entre peso seco (X) con peso fresco (Y) de los plantones de cítrico (limón mandarina)

La Figura 18 presenta una regresión lineal positiva entre el peso seco y el peso fresco de los plantones de cítrico (limón mandarina), expresada por la ecuación $Y = 1,99x - 0,8$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,79$. Esta relación indica que, por cada gramo adicional de biomasa seca acumulada, el peso fresco del plantón aumenta en promedio 1,99 g, lo que evidencia una alta proporción de agua asociada a la biomasa estructural. El valor de $R^2 = 0,79$ revela que el 79 % de la variación observada en el peso fresco puede explicarse directamente por el peso seco, lo cual representa una relación fuerte y estadísticamente significativa entre ambas variables, característica común en organismos vegetales en buen estado fisiológico. Esta relación directa sugiere que los plantones con mayor desarrollo

estructural (peso seco) también presentan un mayor grado de hidratación y turgencia (peso fresco), lo que refleja un equilibrio funcional en los procesos fisiológicos de absorción, transporte y retención de agua. Tales condiciones son altamente deseables en la etapa de vivero, ya que plantones con adecuada acumulación de biomasa seca y buen contenido hídrico tienen mayor probabilidad de adaptación y éxito en el trasplante a campo definitivo (Gracia, 2012; Román et al., 2013). Desde el punto de vista estadístico, el coeficiente de determinación permite cuantificar el grado de ajuste del modelo de regresión. De acuerdo con Wooldridge (2016) y Montgomery et al. (2012), valores de R^2 cercanos a 1 indican un modelo con alto poder explicativo. Aunque en el texto original se menciona que un R^2 entre 0,40 y 0,59 representa un ajuste moderado, en este caso el valor de 0,79 supera ampliamente ese umbral, por lo que puede clasificarse como un ajuste alto, indicando una relación consistente y predictiva entre las dos variables biométricas evaluadas.

En particular, el tratamiento T_1 que combinó compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla no solo presentó los mayores valores de crecimiento, sino que también mostró las mejores condiciones edáficas al finalizar el experimento, destacando un pH neutro, mayor contenido de materia orgánica, fósforo disponible, potasio, y una elevada capacidad de intercambio catiónico. En comparación con los tratamientos que se aplicó enmiendas individuales como T_{10} (compost solo), T_{11} (dolomita sola) y T_{13} (guano de isla solo), si bien mostraron cierta respuesta positiva, no lograron modificar significativamente la fertilidad del sustrato, lo que se reflejó en menores valores morfológicos. El tratamiento testigo (T_{14}), que mantuvo un pH ácido, baja materia orgánica y escasa disponibilidad de macronutrientes, evidenció el menor crecimiento en todas las variables, confirmando que la limitación nutricional del suelo restringe severamente el desarrollo de plantones. Se determinó que la regeneración química y física del sustrato es un requisito indispensable para lograr plantones vigorosos, y que la sinergia entre fuentes orgánicas y minerales supera ampliamente el efecto de aplicaciones aisladas, en concordancia con lo planteado por Delgado (2016), Paz-Ferreiro et al. (2014) y Garro (2016), quienes destacan que las enmiendas combinadas mejoran simultáneamente la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo, generando condiciones ideales para la expansión radicular y la acumulación de biomasa aérea

4.2. Análisis final de sustrato

El análisis de textura del suelo (Tabla 13) muestra que todos los tratamientos evaluados presentaron una clase textural franco arcillosa, se observó que los tratamientos T_1 (Compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla), T_2 (Compost + dolomita + roca

fosfórica) y T₃ (Compost + dolomita) presentaron el mayor contenido de arena (35 %), lo cual mejora la aireación y podría facilitar el desarrollo inicial de las raíces. Por otro lado, los tratamientos T₆ (Dolomita + roca fosfórica + guano de isla) y T₁₂ (Roca fosfórica) registraron el mayor contenido de arcilla (39 %), lo que incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes. Asimismo, el T₁₄ (testigo) mostró el mayor contenido de limo (35 %), reflejando posiblemente una menor intervención estructural del suelo por ausencia de enmiendas. Estas variaciones texturales, aunque sutiles, reflejan una interacción positiva entre la textura del suelo y la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales, que mejora la estructura del sustrato; es decir, la aplicación combinada de compost, dolomita, guano de isla y roca fosfórica no solo aporta nutrientes esenciales, sino que modifica favorablemente las propiedades físicas del suelo, promoviendo un entorno más eficiente para el desarrollo vegetal. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Delgado (2016), quien señala que las enmiendas orgánicas contribuyen significativamente a la mejora estructural del suelo. De igual manera, Vázquez et al. (2020) demostraron que la incorporación de compost y vermicompost en suelos degradados por monocultivo de *Gypsophila paniculata* generó mejoras notables en las propiedades físicas del sustrato.

El tratamiento T₁ mostró un incremento significativo en el pH del suelo (7,25), contrastando con el testigo T₁₄ (5,75). Este aumento se explica principalmente por la acción de la dolomita, la cual contiene carbonatos de calcio y magnesio con alta capacidad para neutralizar la acidez del suelo y llevarlo a un rango óptimo para la absorción de nutrientes (Servicio Geológico Mexicano, 2020; Nazar, 2021). La dolomita no solo actúa como corrector de pH, sino que también mejora la estructura del suelo, incrementando la agregación y la porosidad, lo que favorece la aireación y el desarrollo radicular (Dechen y Nachtigall, 2007; Huaraca-Fernández et al., 2020).

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), el tratamiento T₁ registró el mayor valor (0,33 dS/m), reflejo de una mayor disponibilidad de sales solubles en el suelo derivadas de la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes aportados por el compost, el guano y la roca fosfórica. Sin embargo, todos los tratamientos se mantuvieron dentro del rango aceptable para cítricos, sin evidencias de riesgo de salinidad.

La MO, el contenido más alto se registró nuevamente en T₁ (4,07 %), seguido por T₂ y T₃, esto se debe a la inclusión del compost, cuya función principal es actuar como acondicionador del suelo, mejorando la estructura, aireación, retención de humedad y actividad microbiana (Román et al., 2013; Gracia, 2012).

Tabla 11. Análisis físico-químico del sustrato al final del experimento 180 días después de haber realizado las mezclas

Trat.	Análisis mecánico				pH	CE dS/cm	MO	N	C	P		K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Bases cambiables
	Arena	Arcilla	Limo	Clase textural						Disponibile								
	%	%	%							ppm	ppm							
T1	35	37	28	Franco arcilloso	7,25	0,33	4,07	0,20	3,37	9,79	127,94	6,46	4,80	1,08	0,47	0,11	100,00	
T2	35	37	28	Franco arcilloso	7,16	0,32	3,98	0,20	3,24	9,60	127,74	6,24	4,79	0,93	0,44	0,08	100,00	
T3	30	39	31	Franco arcilloso	6,87	0,32	3,89	0,19	3,10	8,65	125,02	6,12	4,78	0,90	0,36	0,08	100,00	
T4	28	38	34	Franco arcilloso	6,66	0,31	3,88	0,19	2,96	9,50	122,30	5,62	4,38	0,71	0,43	0,10	100,00	
T5	28	39	33	Franco arcilloso	6,59	0,30	3,87	0,19	2,90	8,53	119,58	5,48	4,34	0,71	0,35	0,08	100,00	
T6	30	39	31	Franco arcilloso	7,07	0,30	3,58	0,18	2,67	9,40	117,97	6,09	4,75	0,87	0,40	0,08	100,00	
T7	28	37	35	Franco arcilloso	6,97	0,28	3,08	0,15	2,66	9,21	108,44	5,86	4,56	0,84	0,38	0,08	100,00	
T8	35	37	28	Franco arcilloso	6,63	0,29	3,49	0,17	2,36	8,51	115,43	5,60	4,52	0,72	0,29	0,07	100,00	
T9	35	37	28	Franco arcilloso	6,57	0,28	3,35	0,17	1,87	8,97	109,92	5,43	4,26	0,71	0,38	0,08	100,00	
T10	30	39	31	Franco arcilloso	6,27	0,31	3,80	0,19	2,86	8,48	117,43	5,26	4,21	0,70	0,27	0,08	100,00	
T11	28	38	34	Franco arcilloso	6,93	0,26	2,94	0,15	2,09	7,46	70,44	5,41	4,39	0,71	0,24	0,07	100,00	
T12	28	39	33	Franco arcilloso	6,41	0,21	2,93	0,15	1,70	8,77	104,93	5,30	4,15	0,70	0,37	0,07	100,00	
T13	30	39	31	Franco arcilloso	5,97	0,28	3,08	0,15	1,50	6,30	107,92	4,79	4,10	0,35	0,26	0,08	100,00	
T14	28	37	35	Franco arcilloso	5,75	0,21	2,92	0,15	1,33	6,24	65,93	4,66	4,05	0,35	0,19	0,07	100,00	

Leyenda:

T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)T₁₀: Compost (300 g)T₁₁: Dolomita (80 g)T₁₂: Roca fosfórica (40 g)T₁₃: Guano de isla (20 g)T₁₄: Testigo (sin aplicación)

La MO en el compost aumenta la capacidad tampón del suelo, lo que estabiliza el pH, y actúa como fuente de energía para los microorganismos, favoreciendo la mineralización y liberación progresiva de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Gómez, 2009; Paz-Ferreiro et al., 2014).

El compost también contribuyó a mejorar los contenidos de nitrógeno (0,20 %) y carbono (3,37 %), valores que superaron significativamente al testigo. Según Gutiérrez-Miceli et al. (2020), la relación equilibrada C/N en compost bien maduro evita la inmovilización de nitrógeno en el suelo y permite una mejor disponibilidad para las plantas. Además, el compost promueve el desarrollo de una flora microbiana diversa y activa, que contribuye a la descomposición de residuos orgánicos y a la transformación de nutrientes en formas asimilables por las raíces (Oramas et al., 2004; ICTA, 2009).

En lo relativo al fósforo (P) y al potasio (K), el tratamiento T₁ también presentó los valores más elevados (9,79 ppm y 127,94 ppm, respectivamente). Este efecto se atribuye principalmente al uso de roca fosfórica, una fuente de fósforo de liberación lenta especialmente eficaz en suelos ácidos, donde su solubilidad es mayor (FAO, 2004; Zapata y Roy, 2007). El fósforo es esencial para la formación de raíces robustas, la división celular y el desarrollo inicial de las plantas (Lugo et al., 2009). A su vez, el compost y el guano de isla complementan la disponibilidad de K y otros micronutrientes a través de la estimulación de la actividad biológica y la mejora en la descomposición de la materia orgánica (Garro, 2016; Agro Rural, 2018).

Respecto al guano de isla, su acción como fertilizante orgánico se manifiesta en la disponibilidad inmediata de nitrógeno, fósforo y potasio, además de calcio, magnesio y micronutrientes esenciales como zinc y hierro. Su rápida solubilidad permite una absorción eficiente de nutrientes por las raíces y mejora la estructura del suelo, sin presentar niveles elevados de sales tóxicas (García et al., 2016; Parco-Quispe et al., 2022). No obstante, cuando se aplicó de forma aislada (T₁₃), sus efectos fueron limitados, confirmando la necesidad de combinarlo con otras fuentes minerales o estabilizantes del suelo para maximizar su eficiencia agronómica.

En cuanto al contenido de cationes intercambiables, el tratamiento T₁ presentó los valores más altos de calcio, magnesio, potasio y sodio, lo que refleja una mejora en la fertilidad catiónica del suelo. Este resultado se relaciona directamente con la aplicación de dolomita, fuente directa de Ca y Mg, y con el compost y guano, que incrementan la disponibilidad de K y Na a través de la actividad microbiana y la mineralización orgánica (Cuevas et al., 2018; Mariscal, 2002). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) también fue mayor en T₁ (6,46 cmol(+)/kg), superando en 1,80 unidades al testigo. Esta mejora en la CIC indica una mayor

capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes esenciales, gracias al aporte de coloides activos del compost y a la corrección del pH por la dolomita, lo que favorece la formación de complejos estables con los cationes intercambiables (Paz-Ferreiro et al., 2014; Román et al., 2013).

Los resultados obtenidos muestran una clara relación entre las propiedades químicas del suelo, modificadas por los tratamientos aplicados, y el crecimiento de los plantones de *Citrus reticulata*, en particular, el tratamiento T₁ (compost + dolomita + roca fosfórica + guano de isla) fue el más efectivo tanto en mejorar la calidad del suelo como en promover el crecimiento vegetal, reflejándose en los mayores valores de altura (47,12 cm), diámetro del tallo (6,14 mm), número de hojas (41,25), longitud de raíces (27,43 cm), volumen radicular (25,33 cm³), peso fresco (40,83 g) y peso seco (40,54 g).

Esto se explica por la relación entre las enmiendas aplicadas: el compost incrementó el contenido de materia orgánica (MO: 4,07 %) y nitrógeno (0,20 %), mejorando la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua y nutrientes (Román et al., 2013; Gracia, 2012). La dolomita, con su efecto alcalinizante, elevó el pH del suelo a 7,25 y aportó calcio (Ca: 4,80 cmol(+)/kg) y magnesio (Mg: 1,08 cmol(+)/kg), mejorando la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales, lo que favoreció la división celular y el desarrollo estructural (Nazar, 2021; Dechen y Nachtigall, 2007).

La roca fosfórica contribuyó al incremento de fósforo disponible (P: 9,79 ppm), nutriente clave para el desarrollo radicular y la formación de biomasa (Zapata y Roy, 2007; Lugo et al., 2009), mientras que el guano de isla aportó nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes de alta solubilidad, fortaleciendo el vigor vegetal y estimulando la actividad microbiana (García et al., 2016; Agro Rural, 2018).

El análisis de suelo reveló que los tratamientos con mayores mejoras en parámetros como pH, MO, N, P, K, cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) fueron aquellos que también presentaron un mejor desempeño en las variables morfológicas de las plantas. Por ejemplo, el tratamiento T₁ incrementó significativamente la CIC (6,46 cmol(+)/kg), lo que indica una mayor capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes, repercutiendo directamente en el crecimiento de raíces, tallos y hojas (Paz-Ferreiro et al., 2014). En cambio, los tratamientos con aplicación individual de enmiendas como T₁₀ (compost solo), T₁₁ (dolomita sola) y T₁₃ (guano solo) no generaron mejoras sustanciales en el suelo ni en el crecimiento de los plantones, lo cual se traduce en bajos niveles de MO, N, Ca, Mg, P y K, así como bajos valores en altura, diámetro y biomasa, confirmando que la acción aislada de cada insumo es limitada frente a las necesidades

nutricionales del cítrico en la etapa de vivero (Huaraca-Fernández et al., 2020; Parco-Quispe et al., 2022). Los datos muestran que la mejora integral del suelo mediante la aplicación combinada de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla no solo optimiza las condiciones químicas del sustrato, sino que también se refleja directamente en el crecimiento de los plantones, demostrando una relación funcional entre calidad del suelo y desarrollo vegetal. Este enfoque integrado ofrece una estrategia eficaz y sostenible para la producción de plantones de cítricos de alta calidad en vivero.

El tratamiento T₁ superó ampliamente al testigo T₁₄ debido a que la combinación de compost, dolomita, roca fosfórica y guano de isla mejoró simultáneamente las condiciones físicas y químicas del sustrato, elevando el pH de 5,75 a 7,25, incrementando la materia orgánica (de 1,33 % a 4,07 %), así como la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo, potasio, calcio y magnesio. Estas mejoras favorecieron una mayor aireación, retención de humedad, actividad microbiana y capacidad de intercambio catiónico, lo que permitió un suministro más equilibrado y constante de nutrientes hacia las plantas. En contraste, el testigo mantuvo un sustrato ácido y pobre en nutrientes, limitando el crecimiento y desarrollo de los plantones. Por ello, la sinergia entre enmiendas orgánicas y minerales en T₁ generó condiciones óptimas para el crecimiento vegetal, reflejándose en mayores valores de altura, diámetro y número de hojas.

4.3. Análisis de costo

Los tratamientos con mayor costo total fueron T₁ (S/ 75,69), T₂ (S/ 74,83) y T₃ (S/ 74,83), debido a la aplicación combinada de compost, dolomita y roca fosfórica, lo que elevó el costo de enmiendas orgánicas, especialmente en T₁, que además incluyó guano de isla. Estas combinaciones aportaron mayor valor nutricional al sustrato, pero incrementaron significativamente el costo del insumo aplicado, los tratamientos con menor costo total fueron T₁₄ (S/ 55,21), T₁₂ (S/ 68,07) y T₁₃ (S/ 68,07). El menor valor en T₁₄ se debe a la ausencia de enmiendas y un costo reducido en el llenado de bolsas (S/ 6,00). Tanto T₁₂ como T₁₃ utilizaron solo una enmienda (roca fosfórica o guano de isla), lo que redujo los costos sin eliminar por completo la aplicación de insumos. Estas diferencias reflejan cómo la cantidad y tipo de enmiendas impactan directamente en la inversión total por tratamiento. El mayor ingreso bruto fue de S/ 108,00, registrado en los tratamientos T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆, T₇, T₈ y T₉, resultado de una mayor proporción de plantones clasificados como grandes, valorizados en S/ 3,00 por unidad. En contraste, los tratamientos T₁₀, T₁₁, T₁₂ y T₁₃ alcanzaron ingresos brutos de S/ 72,00, lo que indica una predominancia de plantones medianos vendidos a S/ 2,00.

Tabla 12. Análisis de costo de los plántones de cítrico (limón mandarina) por efecto de enmiendas orgánicas

Trat.	S./ Costo de plantas de limón mandarina/Tratamiento									
	Suelo	Enmiendas orgánicas	Llenado de bolsas	Labores culturales	Costo total	Número de plantas	Ingreso bruto	Utilidad	Índice de rentabilidad	Beneficio/costo
T ₁	S/ 13,50	S/ 8,48	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 75,69	36	S/ 108,00	S/ 32,31	S/ 0,43	S/ 1,43
T ₂	S/ 13,50	S/ 7,62	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 74,83	36	S/ 108,00	S/ 33,17	S/ 0,44	S/ 1,44
T ₃	S/ 13,50	S/ 7,62	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 74,83	36	S/ 108,00	S/ 33,17	S/ 0,44	S/ 1,44
T ₄	S/ 13,50	S/ 7,56	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 74,77	36	S/ 108,00	S/ 33,23	S/ 0,44	S/ 1,44
T ₅	S/ 13,50	S/ 6,26	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 73,47	36	S/ 108,00	S/ 34,53	S/ 0,47	S/ 1,47
T ₆	S/ 13,50	S/ 3,08	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 70,29	36	S/ 108,00	S/ 37,71	S/ 0,54	S/ 1,54
T ₇	S/ 13,50	S/ 2,22	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 69,43	36	S/ 108,00	S/ 38,57	S/ 0,56	S/ 1,56
T ₈	S/ 13,50	S/ 1,79	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 69,00	36	S/ 108,00	S/ 39,00	S/ 0,57	S/ 1,57
T ₉	S/ 13,50	S/ 2,16	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 69,37	36	S/ 108,00	S/ 38,63	S/ 0,56	S/ 1,56
T ₁₀	S/ 13,50	S/ 5,40	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 72,61	36	S/ 72,00	-S/ 0,61	-S/ 0,01	S/ 0,99
T ₁₁	S/ 13,50	S/ 0,92	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 68,13	36	S/ 72,00	S/ 3,87	S/ 0,06	S/ 1,06
T ₁₂	S/ 13,50	S/ 1,30	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 68,51	36	S/ 108,00	S/ 39,49	S/ 0,58	S/ 1,58
T ₁₃	S/ 13,50	S/ 0,86	S/ 18,00	S/ 35,71	S/ 68,07	36	S/ 72,00	S/ 3,93	S/ 0,06	S/ 1,06
T ₁₄	S/ 13,50	S/ 0,00	S/ 6,00	S/ 35,71	S/ 55,21	36	S/ 36,00	-S/ 19,21	-S/ 0,35	S/ 0,65

Leyenda:

- T₁: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₂: Compost (300 g) + dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₃: Compost (300 g) + dolomita (80 g)
- T₄: Compost (300 g) + roca fosfórica (40 g) + guano de isla (20 g)
- T₅: Compost (300 g) + guano de isla (20 g)
- T₆: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₇: Dolomita (80 g) + roca fosfórica (40 g)
- T₈: Dolomita (80 g) + guano de isla (20 g)
- T₉: Roca fosfórica (40 g) + Guano de isla (20 g)
- T₁₀: Compost (300 g)
- T₁₁: Dolomita (80 g)
- T₁₂: Roca fosfórica (40 g)
- T₁₃: Guano de isla (20 g)
- T₁₄: Testigo (sin aplicación)

El tratamiento T₁₄ (testigo sin aplicación) obtuvo el ingreso más bajo (S/ 36,00), atribuible a que sus plantones fueron mayormente clasificados como pequeños, comercializados a solo S/ 1,00 cada uno. Por tanto, las diferencias en el ingreso bruto no solo reflejan el número de plantas obtenidas, sino especialmente su calidad comercial, directamente influenciada por el tipo y combinación de enmiendas aplicadas.

El mayor valor de utilidad fue alcanzado por el tratamiento T₁₂ (S/ 39,49), seguido por T₈ (S/ 39,00) y T₉ (S/ 38,63), lo que indica que estos tratamientos lograron un excelente equilibrio entre ingreso bruto y control de costos. Estos resultados reflejan que, a pesar de no tener los costos más bajos, las enmiendas aplicadas permitieron obtener plantones de mayor valor comercial. Le siguen de cerca los tratamientos T₇ (S/ 38,57) y T₆ (S/ 37,71), también con rendimientos económicos destacados

En comparación, las menores utilidades se observaron en T₁₁ (S/ 3,87) y T₁₃ (S/ 3,93), ambos con ingresos brutos limitados debido a la calidad media o baja de los plantones. El tratamiento T₁₀ presentó una pérdida de S/ 0,61, y el testigo (T₁₄) fue el menos rentable con una pérdida de S/ 19,21, evidenciando que la ausencia de enmiendas impacta negativamente en la productividad y rentabilidad del cultivo. En resumen, la utilidad está fuertemente influenciada por la capacidad del tratamiento para generar plantones de calidad, más que solo por el costo total invertido.

El mayor valor de beneficio/costo (B/C) fue alcanzado por el tratamiento T₁₂ (S/ 1,58), seguido muy de cerca por T₈ (S/ 1,57), T₇ y T₉ (ambos con S/ 1,56) y T₆ (S/ 1,54). Estos tratamientos generaron S/ 1,54 a S/ 1,58 de retorno por cada sol invertido, reflejando una excelente eficiencia económica. Esto indica que, a pesar de no tener los costos más bajos, las combinaciones de enmiendas aplicadas permitieron obtener plantones de alta calidad comercial, maximizando el ingreso por unidad de inversión. En contraste, los tratamientos T₁₀ (S/ 0,99) y T₁₄ (testigo, S/ 0,65) fueron los menos eficientes, ya que no lograron recuperar totalmente la inversión realizada, generando pérdidas o retornos muy bajos. Estos resultados demuestran que la aplicación adecuada y combinada de enmiendas no solo mejora la productividad, sino que optimiza el uso del capital invertido, siendo clave para lograr sostenibilidad económica en la producción de plantones.

El mayor índice de rentabilidad fue registrado por el tratamiento T₁₂ (0,58), seguido por T₈ (0,57), T₇ y T₉ (ambos con 0,56) y T₆ (0,54), lo que indica que, por cada sol invertido, se obtuvo una ganancia neta de S/ 0,54 a S/ 0,58. Estos valores reflejan una alta eficiencia económica en la producción de plantones, gracias a la adecuada combinación de enmiendas que favorecieron tanto el rendimiento como la calidad comercial. En cambio, el

índice más bajo se observó en el tratamiento T₁₄ (testigo) con -0,35, seguido de T₁₀ (-0,01), lo que significa que no solo no se generó ganancia, sino que hubo pérdida respecto a la inversión. También se evidencian bajos retornos en T₁₁ y T₁₃ (ambos con 0,06), lo que confirma que la aplicación aislada de enmiendas no fue suficiente para lograr un retorno económico significativo. En conjunto, el índice de rentabilidad demuestra que la rentabilidad neta está fuertemente determinada por la calidad del manejo agronómico y nutricional aplicado en cada tratamiento

V. CONCLUSIONES

según los resultados se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La combinación de enmiendas orgánicas y minerales tiene un efecto positivo en el crecimiento y biomasa de plántones de cítrico, siendo el T₁ el más destacado, alcanzando los mayores valores en todas las variables evaluadas: altura (47,12 cm), diámetro del tallo (6,14 mm), número de hojas (41,25), longitud de raíces (27,43 cm), volumen radicular (25,33 cm³), peso fresco (40,83 g) y peso seco (40,54 g).
2. El mejor tratamiento fue el T₁, logrando los valores más altos: materia orgánica (4,07 %), nitrógeno (0,20 %), fósforo (9,79 ppm), potasio (127,94 ppm), calcio (4,80 cmol(+)/kg), magnesio (1,08 cmol(+)/kg), y CIC (6,46 cmol(+)/kg), con pH (7,25).
3. El tratamiento más rentable fue el T₁₂ (roca fosfórica), al presentar el mayor valor de utilidad (S/ 39,49), el índice de rentabilidad más alto (0,58) y el mejor beneficio/costo (S/ 1,58).

VI. PROPUESTAS A FUTUTO

Segú los resultados se hacen las siguientes propuestas:

1. Investigar el uso de alternativas como vermicompost, humus de lombriz, ceniza o fosfatos naturales locales para comparar su efecto frente al tratamiento T₁ y reducir costos de producción.
2. Probar la aplicación de enmiendas líquidas y fertilizantes solubles mediante riego, para mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y reducir la pérdida de insumos por lixiviación.
3. Analizar parámetros como contenido de clorofila, fotosíntesis, transpiración y eficiencia en el uso del agua, para comprender mejor el efecto fisiológico de las enmiendas en el desarrollo de los cítricos.

VII. REFERENCIAS

- Afrad, M. S. I., Rahman, G. K. M. M., Alam, M. S., Ali, M. Z., & Barau, A. A. (2021). Effects of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of different crops at charlands in Bangladesh. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 17(3), 27–40.
- Agro Rural. (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas*. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. <https://www.agrorural.gob.pe>.
- AGRORURAL. (2009). Características del guano de las islas. Información técnica. <https://www.agrorural.gob.pe/informacion-tecnica/>.
- Alarcon, V. (1993). Efecto de la Urea en la Solubilidad de la Roca Fosfatada de Sechura en condiciones de Laboratorio e Invernadero. Informe de Practicas Pre Profesionales. Escuela de Formación Profesional de Agronomía. UNSCH. Ayacucho. 74 p.
- Altieri, M y Nicholls, N. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Red de formación ambiental para América Latina. México. 257 p.
- Arenas, J. (2015). Evaluación del comportamiento agronómico de diferentes patrones y variedades de cítricos, con aptitud para la industria, en las condiciones de las marismas del Bajo Guadalquivir. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 86 p.
- Arenas, J., Hervalejo, A., Molina, D., Llaster, F., Moratal, R. Alba, D y Pellicer, J. (2013). Resumen de la jornada “Innovación en citricultura: material vegetal y técnicas de cultivo. Sevilla. 60 p.
- Awasthi, M. K., Pandey, A. K., Bundela, P. S., Khan, J., & Wong, J. W. C. (2014). Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting. *Bioresource Technology*, 168, 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.122>.
- Barahona, M. (2004). Cítricos fruticultura especial. Costa Rica. <https://books.google.com.gt>.
- Benavides, J. (2016). *La composta: su elaboración y beneficio* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Repositorio Institucional UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx>.
- Bhatt, R. P., & Bhatt, S. (2016). Composición florística y cambio en la diversidad de especies a lo largo de escalas temporales prolongadas en el área del Proyecto Hidroeléctrico Upper Bhotekoshi en Nepal. *American Journal of Plant Sciences*, 7(1), 28-47. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.71004>
- CODEX. (2005). Alimentos producidos orgánicamente. 2da Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. 74 p.

- Cuevas Vélez, A., García Garrido, J. M., Gómez Elvira González, J. M. (2018). *Química 3: Reacciones químicas, ácidos y bases, química del carbono* (1ª ed.). Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/54493/1/QUIMICA_3.pdf
- Dechen, A. R., & Nachtigall, G. R. (Eds.). (2007). Memoria del curso de fertilización foliar. UNESP Jaboticabal. https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf.
- Delgado, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, (17), 77–83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>.
- FAO. (2007). Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la alimentación. http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=e045&letter=M
- Felix, H., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, R y Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*. N° 4. Vol. 1. 57 – 67 p.
- Félix-Herrán, J. A., Sañudo-Torres, R. R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R., & Olalde-Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67. Universidad Autónoma Indígena de México. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46140104.pdf>.
- García, L. (2003). El limón y sus componentes bioactivos. Consejería de agricultura, agua y medio ambiente. 112 p.
- Garro Alfaro, J. E. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). https://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/F04-10872.pdf.
- Gilbert, J., Ricci-Jürgensen, M., & Ramola, A. (2017). *Los beneficios del compostaje y la digestión anaeróbica cuando se aplica al suelo*. ISWA - Asociación Internacional de Residuos Sólidos. <https://www.iswalac.org/descarga/Copia-de-REPORT-2-Beneficios-del-compost-y-la-digesti%C3%B3n-anaerobica-cuando-se%20aplica-al%20suelo-SPANISH.pdf>.
- Gómez, R. B. (2009). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos: Evolución de las propiedades físico-químicas y biológicas del compost* (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona). Repositorio institucional UAB (TDX). <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>.
- Gracia, J. J. (2012). *Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen* [Tesis de

- máster, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena. <https://core.ac.uk/download/pdf/60425637.pdf>.
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Núñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1261-1274. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n6/v3n6a15.pdf>.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Mondragón-Martínez, A., García-Méndez, S., Oliva-Llaven, M. A. (2020). Uso del compost como enmienda orgánica para la mejora de la calidad del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 931-947. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000400931.
- Hammond, L. y Day, D. (1992). Phosphate rock standardization and product quality. In: A.T. Bachik y A. Bidin, eds. *Proceedings of a workshop on phosphate sources for acid soils in the humid tropics of Asia*, pp. 73–89. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soil Science.
- Hao, X., & Papadopoulos, A. P. (2004). Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *HortScience*, 39(3), 512-515.
- Hirzel, J. (2018). *Manejo de enmiendas orgánicas para el establecimiento de huertos frutales*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/cd1bf0c5-76a8-4308-b9a3-edf0f419a25e/content>.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center
- Huaraca-Fernández, J. N., Pérez-Sosa, L., Bustinza-Cabala, L. S., & Pampa-Quispe, N. B. (2020). Efecto de la fertilización orgánica sobre las propiedades físicas del suelo. *Informaciones Tecnológicas*, 31(4), 139-144. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v31n4/0718-0764-infotec-31-04-139.pdf>.
- INFOAGRO. (2009). Curso de Citricultura. <http://www.infoagro.com/citricos/limon.htm>.
- INFOGARNIC. (2003). El bokashi o materia orgánica fermentadas. Chile. INFOGARNIC.COM. 2 p.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (2009). *Abonos orgánicos: Guía práctica para su preparación y uso*. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Suelos/abonosOrganicos.pdf>.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú. (2017). *Perfil de la dolomita en el Perú*. INGEMMET. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/P-317.pdf>.

- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1), 49-61. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>.
- Lal, R. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>.
- López, E. (1993). Geología General y de México. Distrito Federal, México: Editorial Trillas. 59 – 96 p.
- Lugo Soto, M., Ramírez, R., & Entrena, I. (2009). Roca fosfórica y superfosfato triple como fuentes de fósforo para *Centrosema* en un suelo ácido. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 443-456. <https://ve.scielo.org/pdf/zt/v27n4/art10.pdf>.
- Mariscal, A. (2002). *Estudio de la incorporación de residuos en la fabricación de materiales de construcción* (Tesis de máster, Universidad Politécnica de Madrid). Repositorio Institucional UPM. https://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf.
- Marschner, P. (2011). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2336151>.
- Muhammad, S. Y., Abdulmumini, B. R., Sani, K., & Zaharaddeen, S. (2018). Effect of organic and inorganic fertilizer on the growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Bauchi state, Nigeria. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2018.2.1.0053>.
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., & Fadul-Vásquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58–68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>.
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., Fadul-Vasquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>.
- Nazar Cipriano, J. (2021). Uso de dolomita en suelos residuales y su efecto en el crecimiento de plantones de cítricos (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f5beda94-6ff0-4577-86d4-d9382476f609/content>.
- Olmix Group. (2017). *Ficha técnica Olafos-S V.3*. Croper. https://croper-production.s3.amazonaws.com/product_provider_files/files/000/007/892/original/FICHA_TECNICA_OLAFOS-S_V.3.pdf.

- Oramas, M. A., Guerra, J. A., Casanova, M. C. (2004). El compostaje como técnica de tratamiento de residuos sólidos orgánicos: Fundamentos y perspectivas. *Centro Azúcar*, 35(4), 43-51. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2007). *Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible*. Roma: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/4/y5053s/y5053s.pdf>.
- Parco-Quispe, M., Camacho-Villalobos, A. A., Parco-Quinchori, J. A., & Dionisio-Saldaña, F. E. (2022). Efecto de niveles de aplicación de guano de islas en incremento de frutos de cacao. *Tecnología en Marcha*, 35(2), 105-114. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5595/5913.
- Patiño Torres, C., & Sánchez de Prager, M. (2013). Efecto de la aplicación de roca fosfórica y la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el crecimiento del ají (*Capsicum annuum* L.). *Acta Agronómica*, 63(2), 122-128. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n2/v63n2a06.pdf>.
- Paz-Ferreiro, J., Fu, S., Méndez, A., Gascó, G. (2014). Uso de biochar en la restauración de suelos degradados. *Ciencia del Suelo*, 32(2), 121-130. <https://www.redalyc.org/journal/896/89662922013/html/>.
- Pérez Porras, W. E., Arévalo Aranda, Y., Palomino Paccua, L., Quintanilla Rosas, J., Ortiz Dongo, L. F., & Duarte Guardia, S. (2022). *Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo*. Instituto Nacional de Innovación Agraria
- Price, M y Walsh, K. (2005). *Pocket Nature Rocks And Minerals*. Gran Bretaña. Editorial Dorling Kindersley
- Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 49–54. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511009>
- Ramírez, D. (1999). Consumo de fertilizantes en el Perú. <http://www.fao.org/agl/agll/gateway/recursonutrientes.pdf>
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>.
- Rengifo, G. J. (2014). *Influencia de los sistemas de uso actual en las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos del Caserío El Milagro, Distrito José Crespo y Castillo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio

- Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c5cae775-11e4-4ece-a4c3-ade35d994afb/content>.
- Reyes, J. (2015). Los siete principios de un sistema alimentario que se preocupa por la gente. Greenpeace Internacional. Países Bajos. 68 p.
- Rivera, H. (2004). Causas y consecuencias de la erosión de suelos de ladera colombiana. 1 – 15 p. Disponibilidad en: http://www.oocities.org/biotropico_andino/cap11.pdf.
- Rojas, G. (2018). Tres patrones porta injertos y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de planta en un mutante de limón sutil sin semilla (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Cieneguillo. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Perú. 119 p. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1486/AGR-ROJ-GAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Román, P., Martínez, M. M., Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Oficina Regional para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>.
- Salinas, S. J., Vizcarra Arbiz, W., & Ulloa, W. L. (2012). Efecto de los abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas en suelos degradados con maíz amiláceo (*Zea mays* L.). *Investigación Valdizana*, 6(1), 43-50. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/5860/586061882010.pdf>.
- Sánchez, Y. (2016). *Caracterización química del guano de aves marinas de la Isla San Jerónimo, Baja California, México y su viabilidad como fertilizante agrícola* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada]. Repositorio Institucional CICESE. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1319/1/245271.pdf>.
- Secretaría De Minería. S/F. Dolomita. Dirección General de Desarrollo Minero. Mexico. 53 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287798/Perfil_Dolomita_2017.pdf
- Sepulveda, F., Tapia, F y Ardiles, S. (2010). Beneficios de la materia orgánica en los suelos. Inia Ururi. Reglo de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura. N° 23. 1 – 4 p.
- Servicio Geológico Mexicano. (2017). *Perfil de mercado de la dolomita*. Secretaría de Economía, Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/287798/Perfil_Dolomita_2017.pdf.
- Siebert, G. (2017). *Citrus Variety Collection*. Universidad de California. 72 p.
- Stein, B., & Foguet, J. L. (2015). *Características generales de algunos nuevos portainjertos cítricos para limoneros difundidos por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo*

- Colombres. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. <https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2018/12/G80.pdf>.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) e IFDC. (1998). Fertilizer manual. Dordrecht, Países Bajos, Kluwer Academic Publishers. 615 pp.
- Vargas Corredor, Y. A., Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>.
- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129 <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/575/pdf>.
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2762>
- Velasco Velasco, V. A. (1999). Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 193-200. ¿Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317303>.
- Vico, A. (2014). *Estudio del compostaje de residuos orgánicos y su aplicación en agricultura sostenible* (Tesis de maestría, Universidad Miguel Hernández de Elche). Repositorio Institucional UMH. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/2028/1/TFM%20Vico%20L%C3%B3pez%2C%20Alberto.pdf>.
- Villalba, D. (2000). Patrones y variedades de cítricos. Apuntes para cursos de formación de agricultores. Generalitat Valenciana. 90 p.
- Zapata, F., & Roy, R. N. (Eds.). (2007). *Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible* (Boletín FAO Fertilizantes y Nutrición Vegetal, No. 13). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organismo Internacional de Energía Atómica. <https://www.fao.org/4/y5053s/y5053s.pdf>
- Zeballos, O. (2015). Calidad física – química del suelo árido en cebolla (*Allium cepa* L.) con (Nutrabiota Plus) y fertilizantes orgánicos, en la irrigación majes. Tesis para optar el título de Doctoris Philosophiae. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2091/F04-Z42-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

Tabla 13. Evaluación de altura de los plantones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante

Rept.	N° de plantas	Tratamientos, Altura de plantas (cm), a los 30 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	10,61	4,19	7,01	11,65	13,49	11,65	14,55	11,30	12,70	5,92	11,65	9,14	14,29	10,78
	P ₂	10,09	6,92	7,94	9,05	17,85	12,96	10,61	14,91	13,14	6,17	14,82	8,11	17,49	8,88
	P ₃	9,14	6,92	7,18	12,35	19,46	8,88	11,65	8,71	14,73	7,01	17,22	10,09	10,95	9,65
	P ₄	9,74	7,85	7,94	13,23	14,11	7,18	16,60	7,85	14,02	6,08	12,88	13,58	10,35	9,31
	P ₅	12,79	8,45	8,54	12,53	12,96	11,39	14,73	13,58	12,18	6,33	14,38	7,43	10,35	12,26
	P ₆	9,74	6,17	5,67	10,17	15,35	13,58	13,23	14,11	13,05	6,17	14,29	8,36	12,44	9,74
R2	P ₁	6,08	7,85	8,88	10,00	21,26	15,79	13,58	12,35	10,61	7,43	13,23	17,49	11,04	9,65
	P ₂	6,25	9,65	7,60	9,74	14,11	15,62	15,88	14,38	11,30	7,01	10,00	17,67	11,39	14,55
	P ₃	9,05	12,61	9,74	10,09	18,74	16,15	14,29	17,58	11,48	6,67	13,23	21,98	9,74	17,22
	P ₄	9,22	7,09	6,50	10,52	12,79	13,58	10,35	11,21	8,54	7,43	11,30	16,68	13,49	13,14
	P ₅	9,22	8,79	10,95	10,52	15,62	17,85	13,49	18,56	13,49	8,28	13,85	15,00	13,67	16,06
	P ₆	8,45	10,52	10,35	9,65	19,55	12,35	12,88	11,30	8,71	7,18	8,71	11,30	10,09	9,22
R3	P ₁	12,26	8,19	7,60	6,33	18,11	13,93	9,83	11,83	15,53	5,92	12,70	8,36	14,11	17,85
	P ₂	13,14	9,65	10,43	11,48	16,24	10,78	13,23	12,44	14,73	6,67	13,05	6,33	19,82	16,42
	P ₃	11,91	8,45	12,53	11,83	13,67	16,68	11,13	15,79	14,55	6,33	11,21	6,59	10,43	16,68
	P ₄	13,40	13,60	11,90	14,30	16,20	15,30	14,30	17,40	16,60	11,50	12,20	16,40	20,80	16,30
	P ₅	12,90	11,40	12,10	13,40	13,90	13,40	16,20	18,80	21,40	11,20	13,40	15,30	16,60	20,20
	P ₆	14,30	13,50	9,10	18,90	19,90	12,70	20,90	14,00	17,50	9,70	16,30	10,50	16,80	17,30
R4	P ₁	13,50	11,40	7,10	13,80	12,20	15,10	11,60	19,10	9,70	12,70	17,60	15,50	21,70	9,70
	P ₂	11,40	14,20	4,90	16,60	15,70	15,60	14,80	19,40	10,40	11,60	14,60	10,30	13,60	10,10
	P ₃	13,20	13,10	6,30	14,20	10,00	13,40	12,20	19,40	11,40	11,40	15,20	12,50	14,20	10,70
	P ₄	13,60	11,30	8,10	21,60	16,70	14,40	13,80	12,80	10,70	10,00	19,10	9,90	10,20	9,60
	P ₅	17,80	12,70	8,40	18,70	13,00	15,10	10,90	13,40	9,80	10,90	13,20	10,20	25,80	9,70
	P ₆	13,70	8,40	8,80	18,90	10,30	12,90	12,70	20,40	10,50	10,30	14,90	12,10	17,20	8,80

Tabla 14. Evaluación de altura de los plantones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante

Rept.	N° de plantas	Tratamientos, Altura de plantas (cm), 60 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	14,40	6,80	10,20	15,60	17,70	15,60	18,90	15,20	16,80	8,90	15,60	12,70	18,60	14,60
	P ₂	13,80	10,10	11,30	12,60	22,60	17,10	14,40	19,30	17,30	9,20	19,20	11,50	22,20	12,40
	P ₃	12,70	10,10	10,40	16,40	24,40	12,40	15,60	12,20	19,10	10,20	21,90	13,80	14,80	13,30
	P ₄	13,40	11,20	11,30	17,40	18,40	10,40	21,20	11,20	18,30	9,10	17,00	17,80	14,10	12,90
	P ₅	16,90	11,90	12,00	16,60	17,10	15,30	19,10	17,80	16,20	9,40	18,70	10,70	14,10	16,30
	P ₆	13,40	9,20	8,60	13,90	19,80	17,80	17,40	18,40	17,20	9,20	18,60	11,80	16,50	13,40
R2	P ₁	9,10	11,20	12,40	13,70	26,40	20,30	17,80	16,40	14,40	10,70	17,40	22,20	14,90	13,30
	P ₂	9,30	13,30	10,90	13,40	18,40	20,10	20,40	18,70	15,20	10,20	13,70	22,40	15,30	18,90
	P ₃	12,60	16,70	13,40	13,80	23,60	20,70	18,60	22,30	15,40	9,80	17,40	27,20	13,40	21,90
	P ₄	12,80	10,30	9,60	14,30	16,90	17,80	14,10	15,10	12,00	10,70	15,20	21,30	17,70	17,30
	P ₅	12,80	12,30	14,80	14,30	20,10	22,60	17,70	23,40	17,70	11,70	18,10	19,40	17,90	20,60
	P ₆	11,90	14,30	14,10	13,30	24,50	16,40	17,00	15,20	12,20	10,40	12,20	15,20	13,80	12,80
R3	P ₁	16,30	11,60	10,90	9,40	22,90	18,20	13,50	15,80	20,00	8,90	16,80	11,80	18,40	22,60
	P ₂	17,30	13,30	14,20	15,40	20,80	14,60	17,40	16,50	19,10	9,80	17,20	9,40	24,80	21,00
	P ₃	13,60	11,90	16,60	15,80	17,90	21,30	15,00	20,30	18,90	9,40	15,10	9,70	14,20	21,30
	P ₄	16,30	14,60	14,90	17,30	19,20	18,30	17,30	20,40	19,60	15,50	16,20	21,40	23,80	20,30
	P ₅	17,30	13,30	15,10	16,40	16,90	16,30	19,20	21,80	23,40	15,20	17,40	19,40	19,60	24,20
	P ₆	16,60	13,90	14,10	21,90	21,90	15,70	23,90	17,00	20,30	14,90	20,30	14,50	19,80	21,30
R4	P ₁	17,17	14,78	9,76	17,51	15,69	18,99	15,01	23,47	12,81	16,26	21,80	19,44	26,36	12,81
	P ₂	14,78	17,97	7,11	20,67	19,66	19,55	18,65	23,80	13,62	15,01	18,42	13,51	17,29	13,28
	P ₃	16,83	16,72	8,81	17,97	13,16	17,06	15,69	23,80	14,78	14,78	19,10	16,04	17,97	13,97
	P ₄	17,29	14,66	10,95	26,25	20,79	18,19	17,51	16,38	13,97	13,16	23,47	13,05	13,39	12,70
	P ₅	22,02	16,26	11,30	23,02	16,61	18,99	14,20	17,06	12,93	14,20	16,83	13,39	30,88	12,81
	P ₆	17,40	11,30	11,77	23,25	13,51	16,49	16,26	24,92	13,74	13,51	18,76	15,58	21,35	11,77

Tabla 15. Evaluación de altura de los plantones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante

Rept.	Nº de plantas	Tratamientos, Altura de plantas (cm), 90 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	21,19	12,41	16,39	22,55	24,91	22,55	26,25	22,10	23,90	14,88	22,55	19,26	25,91	21,42
	P ₂	20,51	16,28	17,66	19,15	30,35	24,24	21,19	26,69	24,46	15,23	26,58	17,89	29,91	18,92
	P ₃	19,26	16,28	16,62	23,45	32,34	18,92	22,55	18,69	26,47	16,39	29,58	20,51	21,65	19,95
	P ₄	20,06	17,55	17,66	24,57	25,69	16,62	28,80	17,55	25,58	15,12	24,12	25,02	20,85	19,49
	P ₅	24,01	18,35	18,46	23,67	24,24	22,21	26,47	25,02	23,22	15,47	26,02	16,97	20,85	23,34
	P ₆	20,06	15,23	14,53	20,63	27,25	25,02	24,57	25,69	24,35	15,23	25,91	18,24	23,56	20,06
R2	P ₁	15,12	17,55	18,92	20,40	34,54	27,81	25,02	23,45	21,19	16,97	24,57	29,91	21,76	19,95
	P ₂	15,35	19,95	17,20	20,06	25,69	27,58	27,92	26,02	22,10	16,39	20,40	30,13	22,21	26,25
	P ₃	19,15	23,79	20,06	20,51	31,46	28,25	25,91	30,02	22,32	15,93	24,57	35,42	20,06	29,58
	P ₄	19,38	16,51	15,70	21,08	24,01	25,02	20,85	21,99	18,46	16,97	22,10	28,92	24,91	24,46
	P ₅	19,38	18,81	21,65	21,08	27,58	30,35	24,91	31,24	24,91	18,12	25,35	26,80	25,13	28,14
	P ₆	18,35	21,08	20,85	19,95	32,45	23,45	24,12	22,10	18,69	16,62	18,69	22,10	20,51	19,38
R3	P ₁	23,34	18,01	17,20	15,47	30,69	25,47	20,17	22,77	27,47	14,88	23,90	18,24	25,69	30,35
	P ₂	24,46	19,95	20,97	22,32	28,36	21,42	24,57	23,56	26,47	15,93	24,35	15,47	32,78	28,58
	P ₃	20,29	18,35	23,67	22,77	25,13	28,92	21,87	27,81	26,25	15,47	21,99	15,81	20,97	28,92
	P ₄	23,34	21,42	21,76	24,46	26,58	25,58	24,46	27,92	27,03	22,44	23,22	29,03	31,68	27,81
	P ₅	24,46	19,95	21,99	23,45	24,01	23,34	26,58	29,47	31,24	22,10	24,57	26,80	27,03	32,12
	P ₆	23,67	20,63	20,85	29,58	29,58	22,66	31,79	24,12	27,81	21,76	27,81	21,31	27,25	28,92
R4	P ₁	24,32	21,62	15,89	24,70	22,65	26,34	21,88	31,31	19,39	23,30	29,46	26,85	34,49	19,39
	P ₂	21,62	25,21	12,78	28,22	27,10	26,97	25,97	31,68	20,32	21,88	25,71	20,18	24,45	19,92
	P ₃	23,94	23,81	14,78	25,21	19,79	24,19	22,65	31,68	21,62	21,62	26,47	23,04	25,21	20,71
	P ₄	24,45	21,49	17,25	34,37	28,35	25,46	24,70	23,42	20,71	19,79	31,31	19,66	20,05	19,26
	P ₅	29,71	23,30	17,66	30,82	23,68	26,34	20,97	24,19	19,53	20,97	23,94	20,05	39,44	19,39
	P ₆	24,57	17,66	18,20	31,07	20,18	23,55	23,30	32,91	20,45	20,18	26,09	22,53	28,97	18,20

Tabla 16. Evaluación de altura de los plantones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante

Rept.	N° de plantas	Tratamientos, Altura de plantas (cm), 120 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	29,80	19,93	24,44	31,30	33,90	31,30	35,37	30,80	32,79	22,74	31,30	27,65	35,00	30,05
	P ₂	29,04	24,31	25,86	27,53	39,86	33,16	29,80	35,86	33,40	23,14	35,74	26,12	39,38	27,27
	P ₃	27,65	24,31	24,70	32,29	42,03	27,27	31,30	27,02	35,62	24,44	39,02	29,04	30,30	28,41
	P ₄	28,54	25,74	25,86	33,53	34,76	24,70	38,17	25,74	34,64	23,00	33,03	34,02	29,42	27,91
	P ₅	32,91	26,63	26,76	32,54	33,16	30,92	35,62	34,02	32,04	23,40	35,13	25,09	29,42	32,17
	P ₆	28,54	23,14	22,34	29,17	36,47	34,02	33,53	34,76	33,28	23,14	35,00	26,51	32,42	28,54
R2	P ₁	23,00	25,74	27,27	28,92	44,42	37,08	34,02	32,29	29,80	25,09	33,53	39,38	30,42	28,41
	P ₂	23,27	28,41	25,35	28,54	34,76	36,84	37,20	35,13	30,80	24,44	28,92	39,62	30,92	35,37
	P ₃	27,53	32,66	28,54	29,04	41,07	37,56	35,00	39,50	31,05	23,92	33,53	45,37	28,54	39,02
	P ₄	27,78	24,57	23,66	29,67	32,91	34,02	29,42	30,67	26,76	25,09	30,80	38,29	33,90	33,40
	P ₅	27,78	27,14	30,30	29,67	36,84	39,86	33,90	40,83	33,90	26,38	34,39	35,98	34,14	37,44
	P ₆	26,63	29,67	29,42	28,41	42,15	32,29	33,03	30,80	27,02	24,70	27,02	30,80	29,04	27,78
R3	P ₁	32,17	26,25	25,35	23,40	40,22	34,51	28,67	31,55	36,71	22,74	32,79	26,51	34,76	39,86
	P ₂	33,40	28,41	29,55	31,05	37,69	30,05	33,53	32,42	35,62	23,92	33,28	23,40	42,51	37,93
	P ₃	28,79	26,63	32,54	31,55	34,14	38,29	30,55	37,08	35,37	23,40	30,67	23,79	29,55	38,29
	P ₄	32,17	30,05	30,42	33,40	35,74	34,64	33,40	37,20	36,23	31,17	32,04	38,41	41,31	37,08
	P ₅	33,40	28,41	30,67	32,29	32,91	32,17	35,74	38,90	40,83	30,80	33,53	35,98	36,23	41,79
	P ₆	32,54	29,17	29,42	39,02	39,02	31,42	41,43	33,03	37,08	30,42	37,08	29,92	36,47	38,29
R4	P ₁	33,25	30,27	23,88	33,67	31,41	35,48	30,56	40,91	27,80	32,12	38,89	36,03	44,37	27,80
	P ₂	30,27	34,23	20,36	37,53	36,30	36,16	35,06	41,31	28,82	30,56	34,78	28,68	33,39	28,39
	P ₃	32,83	32,69	22,62	34,23	28,24	33,11	31,41	41,31	30,27	30,27	35,61	31,84	34,23	29,26
	P ₄	33,39	30,13	25,41	44,23	37,67	34,51	33,67	32,26	29,26	28,24	40,91	28,09	28,53	27,65
	P ₅	39,16	32,12	25,86	40,37	32,55	35,48	29,55	33,11	27,95	29,55	32,83	28,53	49,72	27,80
	P ₆	33,53	25,86	26,46	40,64	28,68	32,41	32,12	42,64	28,97	28,68	35,20	31,27	38,35	26,46

Tabla 17. Evaluación de altura de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repte.	Nº de plantas	Tratamientos, Altura de plantas (cm), 150 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	40,26	29,39	34,39	41,89	44,72	41,89	46,32	41,35	43,51	32,51	41,89	37,91	45,92	40,53
	P ₂	39,43	34,24	35,95	37,77	51,18	43,92	40,26	46,85	44,18	32,95	46,72	36,23	50,66	37,49
	P ₃	37,91	34,24	34,67	42,97	53,51	37,49	41,89	37,21	46,58	34,39	50,26	39,43	40,80	38,74
	P ₄	38,88	35,81	35,95	44,32	45,65	34,67	49,35	35,81	45,52	32,80	43,78	44,85	39,85	38,19
	P ₅	43,65	36,79	36,93	43,24	43,92	41,49	46,58	44,85	42,70	33,24	46,05	35,10	39,85	42,84
	P ₆	38,88	32,95	32,07	39,57	47,51	44,85	44,32	45,65	44,05	32,95	45,92	36,65	43,11	38,88
R2	P ₁	32,80	35,81	37,49	39,30	56,08	48,17	44,85	42,97	40,26	35,10	44,32	50,66	40,94	38,74
	P ₂	33,09	38,74	35,38	38,88	45,65	47,90	48,30	46,05	41,35	34,39	39,30	50,92	41,49	46,32
	P ₃	37,77	43,38	38,88	39,43	52,48	48,69	45,92	50,79	41,62	33,81	44,32	57,10	38,88	50,26
	P ₄	38,05	34,53	33,52	40,12	43,65	44,85	39,85	41,21	36,93	35,10	41,35	49,48	44,72	44,18
	P ₅	38,05	37,35	40,80	40,12	47,90	51,18	44,72	52,22	44,72	36,51	45,25	46,98	44,99	48,56
	P ₆	36,79	40,12	39,85	38,74	53,64	42,97	43,78	41,35	37,21	34,67	37,21	41,35	39,43	38,05
R3	P ₁	42,84	36,37	35,38	33,24	51,57	45,39	39,02	42,16	47,77	32,51	43,51	36,65	45,65	51,18
	P ₂	44,18	38,74	39,98	41,62	48,83	40,53	44,32	43,11	46,58	33,81	44,05	33,24	54,02	49,09
	P ₃	39,16	36,79	43,24	42,16	44,99	49,48	41,08	48,17	46,32	33,24	41,21	33,67	39,98	49,48
	P ₄	42,84	40,53	40,94	44,18	46,72	45,52	44,18	48,30	47,24	41,76	42,70	49,61	52,73	48,17
	P ₅	44,18	38,74	41,21	42,97	43,65	42,84	46,72	50,13	52,22	41,35	44,32	46,98	47,24	53,25
	P ₆	43,24	39,57	39,85	50,26	50,26	42,03	52,86	43,78	48,17	40,94	48,17	40,39	47,51	49,48
R4	P ₁	44,02	40,77	33,76	44,47	42,02	46,43	41,09	52,31	38,07	42,79	50,13	47,03	56,03	38,07
	P ₂	40,77	45,08	29,87	48,66	47,33	47,18	45,98	52,74	39,19	41,09	45,68	39,03	44,17	38,71
	P ₃	43,56	43,41	32,38	45,08	38,55	43,86	42,02	52,74	40,77	40,77	46,58	42,48	45,08	39,67
	P ₄	44,17	40,62	35,45	55,88	48,81	45,38	44,47	42,94	39,67	38,55	52,31	38,39	38,87	37,91
	P ₅	50,42	42,79	35,95	51,73	43,25	46,43	39,99	43,86	38,23	39,99	43,56	38,87	61,77	38,07
	P ₆	44,32	35,95	36,61	52,02	39,03	43,10	42,79	54,18	39,35	39,03	46,13	41,86	49,54	36,61

Tabla 18. Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Diámetro de tallo (cm), a los 30 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	1,60	1,25	1,55	1,60	1,47	1,00	1,53	1,07	1,18	1,39	1,11	1,03	1,26	1,15
	P ₂	1,42	1,44	1,56	1,86	1,51	1,26	1,64	1,06	1,30	1,48	1,61	1,10	1,43	1,18
	P ₃	1,30	1,51	1,66	1,73	0,98	1,10	1,70	1,01	0,75	1,59	1,30	1,08	1,33	1,28
	P ₄	1,64	1,14	1,44	1,42	1,05	1,09	1,56	1,15	0,94	1,44	1,21	1,13	1,43	1,63
	P ₅	1,44	1,30	1,47	1,34	1,39	1,60	1,30	1,21	1,34	1,52	1,23	1,02	1,26	0,73
	P ₆	1,51	1,55	1,41	1,89	1,40	1,25	1,26	1,02	1,20	1,66	0,97	0,78	1,11	0,97
R2	P ₁	1,66	2,03	1,54	1,83	1,84	2,10	1,19	1,58	2,24	1,42	2,23	1,02	1,45	1,71
	P ₂	1,80	2,05	1,44	1,86	1,95	1,80	1,28	1,60	1,50	1,74	1,15	1,05	1,48	1,58
	P ₃	1,97	2,04	1,64	1,65	1,48	1,69	1,33	1,55	2,14	1,64	1,37	1,37	1,38	1,42
	P ₄	1,26	2,17	2,10	1,71	1,75	1,93	1,35	1,37	1,66	1,36	1,24	1,27	1,32	1,22
	P ₅	1,98	1,77	2,40	1,58	2,50	1,71	1,59	1,67	2,06	1,39	1,50	1,12	1,39	1,54
	P ₆	1,41	1,71	1,32	1,46	1,60	1,25	1,32	1,35	1,93	1,63	1,95	1,26	1,44	1,02
R3	P ₁	1,65	1,30	1,15	1,52	1,54	1,50	1,86	1,62	1,44	1,24	1,41	1,74	1,52	0,99
	P ₂	1,44	1,62	1,25	1,50	1,58	1,83	1,76	1,32	1,32	1,83	1,18	1,60	1,50	1,64
	P ₃	1,60	1,82	1,29	1,50	1,64	1,74	1,95	2,00	1,28	1,21	1,35	2,13	1,44	1,33
	P ₄	1,48	1,79	1,35	1,42	1,70	1,54	1,84	1,52	1,31	1,75	1,91	1,76	1,39	1,67
	P ₅	1,64	1,34	1,50	1,73	1,74	1,46	1,52	1,60	1,24	1,74	1,64	1,80	1,19	1,32
	P ₆	1,82	1,09	1,33	1,45	1,56	1,58	1,57	1,34	1,59	1,91	1,02	1,60	1,29	1,36
R4	P ₁	1,78	1,31	1,21	1,43	1,46	1,52	1,42	1,35	1,32	1,34	1,86	1,70	1,49	1,07
	P ₂	1,84	1,43	1,35	1,50	1,57	1,50	1,20	1,91	1,39	1,36	1,62	1,33	1,17	1,23
	P ₃	1,44	1,46	1,56	1,46	1,42	1,76	1,44	1,66	1,63	1,19	1,42	1,64	1,35	1,01
	P ₄	1,41	1,81	1,44	1,42	1,42	1,26	1,43	1,56	1,45	1,30	1,86	1,05	1,15	1,04
	P ₅	1,56	1,55	1,44	1,44	1,42	1,42	1,48	1,83	1,32	1,25	1,37	1,72	0,96	0,89
	P ₆	1,65	1,10	1,35	1,26	1,33	1,09	1,26	1,60	1,42	1,17	1,33	1,74	1,43	1,12

Tabla 19. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Diámetro de tallo (cm), a los 60 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	2,33	2,33	2,25	1,79	2,13	1,37	2,22	1,49	2,01	1,68	1,42	1,56	1,80	1,62
	P ₂	2,05	2,70	2,26	2,09	2,19	1,80	2,38	1,48	2,14	1,86	2,50	2,34	2,07	1,68
	P ₃	1,86	2,52	2,41	2,19	1,33	1,54	2,47	1,39	2,31	1,95	1,50	1,87	1,91	1,83
	P ₄	2,39	2,06	2,08	1,61	1,46	1,53	2,27	1,62	2,08	1,62	1,59	1,72	2,07	2,37
	P ₅	2,09	1,93	2,13	1,87	2,00	2,33	1,86	1,73	2,20	1,93	1,40	1,75	1,80	0,86
	P ₆	2,19	2,75	2,03	2,25	2,02	1,78	1,81	1,41	2,41	1,70	1,90	1,32	1,55	1,32
R2	P ₁	2,41	2,66	2,24	2,94	2,67	3,04	1,69	2,30	2,60	3,24	2,40	3,23	2,10	2,48
	P ₂	2,62	2,70	2,09	2,98	2,83	2,62	1,83	2,32	2,53	2,17	1,46	1,63	2,15	2,30
	P ₃	2,86	2,40	2,38	2,96	2,15	2,46	1,91	2,25	2,39	3,10	1,97	1,97	1,99	2,05
	P ₄	1,81	2,49	3,05	3,14	2,55	2,81	1,95	1,97	1,96	2,42	1,82	1,77	1,89	1,74
	P ₅	2,87	2,30	3,46	2,57	3,60	2,49	2,31	2,43	2,20	2,99	1,57	2,17	2,00	2,23
	P ₆	2,03	2,11	1,90	2,48	2,33	1,79	1,90	1,94	2,37	2,81	2,00	2,83	2,09	1,41
R3	P ₁	2,40	2,20	1,62	1,86	2,24	2,17	2,70	2,35	1,77	2,08	2,53	2,04	2,20	1,35
	P ₂	2,09	2,17	1,79	2,36	2,29	2,66	2,56	1,90	2,66	1,89	2,33	1,68	2,17	2,38
	P ₃	2,32	2,17	1,85	2,65	2,39	2,53	2,84	2,91	1,73	1,84	3,09	2,90	2,08	1,91
	P ₄	2,15	2,06	1,95	2,60	2,47	2,23	2,68	2,20	2,54	1,88	2,56	2,78	2,00	2,43
	P ₅	2,38	2,52	2,17	1,93	2,53	2,11	2,20	2,32	2,53	1,77	2,62	2,39	1,69	1,90
	P ₆	2,65	2,10	1,92	1,52	2,26	2,30	2,28	1,93	2,78	2,31	2,33	2,40	1,85	1,96
R4	P ₁	2,59	2,07	1,73	1,88	2,12	2,20	2,06	1,94	1,93	1,89	2,47	2,70	2,16	1,49
	P ₂	2,67	2,18	1,95	2,07	2,28	2,17	1,71	2,78	1,96	2,01	1,91	2,35	1,65	1,76
	P ₃	2,08	2,12	2,27	2,11	2,05	2,56	2,08	2,41	1,69	2,37	2,39	2,06	1,95	1,38
	P ₄	2,03	2,06	2,08	2,63	2,05	1,81	2,07	2,26	1,87	2,10	2,40	2,70	1,62	1,44
	P ₅	2,26	2,09	2,08	2,25	2,06	2,05	2,15	2,66	1,78	1,89	2,50	1,98	1,30	1,17
	P ₆	2,40	1,80	1,95	1,54	1,92	1,52	1,80	2,32	1,65	2,06	2,53	1,91	2,07	1,58

Tabla 20. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Diámetro de tallo (cm), a los 90 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	4,56	4,56	4,53	4,27	4,48	3,85	4,52	3,99	4,42	4,17	2,41	4,06	2,77	2,62
	P ₂	4,44	4,63	4,53	4,46	4,50	4,27	4,57	3,98	4,48	4,32	3,10	4,56	2,95	2,67
	P ₃	4,32	4,60	4,58	4,50	3,80	4,04	4,59	3,87	4,55	4,38	2,50	4,33	2,85	2,80
	P ₄	4,57	4,44	4,45	4,11	3,95	4,03	4,54	4,12	4,45	4,12	2,59	4,21	2,95	3,07
	P ₅	4,46	4,37	4,48	4,33	4,41	4,56	4,32	4,22	4,51	4,37	2,39	4,23	2,77	1,62
	P ₆	4,50	4,63	4,43	4,53	4,42	4,26	4,28	3,90	4,58	4,19	2,85	3,79	2,55	2,29
R2	P ₁	4,58	4,62	4,52	4,64	4,62	4,64	4,18	4,55	4,62	4,64	3,08	4,64	2,96	3,09
	P ₂	4,62	4,63	4,46	4,64	4,64	4,62	4,30	4,55	4,60	4,50	2,45	4,13	2,99	3,05
	P ₃	4,64	4,58	4,57	4,64	4,49	4,59	4,35	4,53	4,57	4,64	2,89	4,39	2,90	2,94
	P ₄	4,28	4,60	4,64	4,64	4,61	4,64	4,38	4,39	4,39	4,58	2,79	4,25	2,84	2,73
	P ₅	4,64	4,55	4,65	4,61	4,66	4,60	4,55	4,58	4,51	4,64	2,57	4,50	2,91	3,02
	P ₆	4,43	4,47	4,35	4,59	4,56	4,27	4,35	4,37	4,57	4,64	2,91	4,64	2,96	2,40
R3	P ₁	4,58	4,51	4,12	4,32	4,52	4,50	4,63	4,56	4,25	4,45	3,10	4,43	3,01	2,33
	P ₂	4,46	4,50	4,27	4,56	4,54	4,62	4,61	4,35	4,62	4,34	3,06	4,17	3,00	3,07
	P ₃	4,55	4,50	4,31	4,62	4,57	4,60	4,64	4,64	4,22	4,30	3,14	4,64	2,95	2,85
	P ₄	4,49	4,44	4,38	4,62	4,59	4,52	4,63	4,51	4,61	4,33	3,11	4,63	2,91	3,08
	P ₅	4,57	4,60	4,50	4,37	4,60	4,47	4,51	4,55	4,60	4,25	3,12	4,57	2,68	2,85
	P ₆	4,62	4,46	4,36	4,02	4,53	4,55	4,54	4,37	4,63	4,55	3,06	4,58	2,81	2,89
R4	P ₁	4,61	4,45	4,22	4,33	4,47	4,51	4,44	4,37	4,37	4,34	3,09	4,63	2,99	2,49
	P ₂	4,62	4,50	4,38	4,45	4,54	4,50	4,20	4,63	4,39	4,42	2,85	4,56	2,65	2,74
	P ₃	4,45	4,47	4,54	4,47	4,44	4,61	4,45	4,58	4,18	4,57	3,07	4,44	2,88	2,36
	P ₄	4,43	4,44	4,45	4,62	4,44	4,28	4,45	4,53	4,33	4,46	3,08	4,63	2,62	2,43
	P ₅	4,53	4,46	4,45	4,53	4,44	4,44	4,49	4,62	4,26	4,34	3,10	4,40	2,26	2,09
	P ₆	4,58	4,27	4,38	4,04	4,36	4,02	4,27	4,55	4,15	4,44	3,10	4,35	2,95	2,58

Tabla 21. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Diámetro de tallo (cm), a los 120 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	5,34	5,34	5,32	5,13	5,28	4,97	5,31	5,01	5,23	5,09	3,48	5,04	3,86	3,65
	P ₂	5,24	5,40	5,32	5,26	5,30	5,14	5,35	5,01	5,28	5,17	4,17	5,34	4,04	3,70
	P ₃	5,17	5,38	5,36	5,30	4,96	5,03	5,37	4,98	5,33	5,20	3,57	5,17	3,94	3,83
	P ₄	5,35	5,25	5,26	5,06	5,00	5,02	5,32	5,06	5,26	5,06	3,66	5,10	4,04	4,10
	P ₅	5,26	5,20	5,28	5,17	5,22	5,34	5,17	5,11	5,30	5,20	3,46	5,12	3,86	2,65
	P ₆	5,30	5,40	5,24	5,32	5,23	5,13	5,14	4,98	5,36	5,09	3,92	4,96	3,64	3,32
R2	P ₁	5,36	5,40	5,31	5,41	5,40	5,41	5,09	5,33	5,39	5,41	4,15	5,41	4,05	4,12
	P ₂	5,39	5,40	5,26	5,41	5,41	5,39	5,15	5,34	5,38	5,29	3,52	5,06	4,08	4,08
	P ₃	5,41	5,35	5,35	5,41	5,28	5,37	5,19	5,32	5,35	5,41	3,96	5,21	3,99	3,97
	P ₄	5,14	5,37	5,41	5,41	5,38	5,41	5,20	5,21	5,21	5,36	3,86	5,13	3,93	3,76
	P ₅	5,41	5,33	5,42	5,39	5,43	5,37	5,33	5,36	5,30	5,41	3,64	5,29	4,00	4,05
	P ₆	5,24	5,27	5,18	5,37	5,34	5,13	5,18	5,20	5,35	5,41	3,98	5,41	4,05	3,43
R3	P ₁	5,35	5,30	5,06	5,17	5,31	5,29	5,40	5,34	5,13	5,26	4,17	5,24	4,10	3,36
	P ₂	5,26	5,29	5,13	5,35	5,33	5,40	5,38	5,18	5,40	5,18	4,13	5,09	4,09	4,10
	P ₃	5,34	5,29	5,16	5,40	5,35	5,38	5,41	5,41	5,11	5,16	4,21	5,41	4,04	3,88
	P ₄	5,28	5,25	5,20	5,39	5,37	5,31	5,40	5,30	5,38	5,17	4,18	5,41	4,00	4,11
	P ₅	5,35	5,38	5,29	5,20	5,38	5,27	5,30	5,34	5,38	5,13	4,19	5,35	3,77	3,88
	P ₆	5,40	5,26	5,19	5,02	5,32	5,33	5,32	5,20	5,41	5,33	4,13	5,35	3,90	3,92
R4	P ₁	5,39	5,25	5,11	5,17	5,27	5,30	5,25	5,20	5,20	5,18	4,16	5,40	4,08	3,52
	P ₂	5,40	5,29	5,20	5,25	5,32	5,29	5,10	5,41	5,21	5,23	3,92	5,34	3,74	3,77
	P ₃	5,26	5,27	5,32	5,27	5,24	5,38	5,26	5,36	5,09	5,35	4,14	5,25	3,97	3,39
	P ₄	5,24	5,25	5,26	5,39	5,24	5,14	5,25	5,32	5,17	5,26	4,15	5,40	3,71	3,46
	P ₅	5,32	5,26	5,26	5,32	5,25	5,24	5,28	5,40	5,13	5,18	4,17	5,22	3,35	3,12
	P ₆	5,35	5,14	5,20	5,03	5,19	5,02	5,14	5,34	5,07	5,25	4,17	5,19	4,04	3,61

Tabla 22. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Diámetro de tallo (cm), a los 150 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	6,15	6,15	6,14	6,05	6,12	5,94	6,13	5,97	6,10	6,02	3,81	5,98	3,40	3,66
	P ₂	6,11	6,17	6,14	6,11	6,13	6,05	6,15	5,96	6,12	6,06	5,02	6,15	4,55	3,67
	P ₃	6,06	6,16	6,16	6,13	5,93	5,98	6,16	5,94	6,15	6,09	3,98	6,07	4,43	3,69
	P ₄	6,15	6,11	6,11	6,00	5,96	5,98	6,14	6,00	6,11	6,00	4,16	6,03	4,55	3,78
	P ₅	6,11	6,08	6,12	6,07	6,10	6,15	6,06	6,03	6,13	6,08	3,76	6,04	4,33	3,62
	P ₆	6,13	6,17	6,10	6,14	6,10	6,04	6,05	5,95	6,16	6,02	4,62	5,93	4,05	3,64
R2	P ₁	6,16	6,17	6,14	6,18	6,17	6,18	6,02	6,15	6,17	6,18	4,99	6,18	4,57	3,79
	P ₂	6,17	6,17	6,11	6,18	6,18	6,17	6,06	6,15	6,17	6,13	3,90	6,00	4,60	3,77
	P ₃	6,18	6,16	6,15	6,18	6,12	6,16	6,08	6,14	6,15	6,18	4,69	6,09	4,49	3,73
	P ₄	6,05	6,16	6,18	6,18	6,17	6,18	6,09	6,09	6,09	6,16	4,52	6,04	4,41	3,68
	P ₅	6,18	6,15	6,18	6,17	6,18	6,16	6,15	6,16	6,13	6,18	4,12	6,13	4,50	3,76
	P ₆	6,10	6,12	6,07	6,16	6,15	6,05	6,07	6,08	6,15	6,18	4,72	6,18	4,56	3,65
R3	P ₁	6,16	6,13	6,00	6,06	6,14	6,13	6,17	6,15	6,04	6,11	5,03	6,10	4,62	3,64
	P ₂	6,11	6,13	6,05	6,15	6,14	6,17	6,17	6,07	6,17	6,07	4,96	6,02	4,61	3,78
	P ₃	6,15	6,13	6,06	6,17	6,15	6,17	6,18	6,18	6,03	6,06	5,09	6,18	4,55	3,71
	P ₄	6,12	6,11	6,09	6,17	6,16	6,14	6,17	6,13	6,17	6,07	5,04	6,18	4,50	3,79
	P ₅	6,15	6,16	6,13	6,08	6,17	6,12	6,13	6,15	6,17	6,04	5,05	6,15	4,22	3,71
	P ₆	6,17	6,12	6,08	5,97	6,14	6,15	6,14	6,08	6,18	6,15	4,96	6,16	4,38	3,72
R4	P ₁	6,17	6,11	6,03	6,07	6,12	6,13	6,11	6,08	6,08	6,07	5,01	6,17	4,60	3,65
	P ₂	6,17	6,13	6,09	6,11	6,14	6,13	6,02	6,18	6,09	6,10	4,63	6,15	4,17	3,68
	P ₃	6,11	6,12	6,14	6,12	6,11	6,17	6,11	6,16	6,02	6,15	4,98	6,11	4,46	3,64
	P ₄	6,10	6,11	6,11	6,17	6,11	6,05	6,11	6,14	6,07	6,12	4,99	6,17	4,13	3,65
	P ₅	6,14	6,11	6,11	6,14	6,11	6,11	6,12	6,17	6,04	6,07	5,02	6,09	3,68	3,64
	P ₆	6,16	6,05	6,09	5,98	6,08	5,97	6,05	6,15	6,01	6,11	5,03	6,08	4,55	3,66

Tabla 23. Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 30 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Número de hojas, a los 30 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	8	9	6	9	6	7	9	9	5	3	7	5	3	6
	P ₂	8	9	11	10	7	8	7	6	6	4	6	7	4	5
	P ₃	9	12	5	7	8	7	5	5	7	4	7	7	4	8
	P ₄	9	9	6	9	7	9	6	7	8	3	8	6	5	8
	P ₅	9	9	7	7	9	9	6	9	8	4	4	7	4	6
	P ₆	9	8	7	7	7	4	8	7	4	5	7	4	3	7
R2	P ₁	10	8	10	9	10	8	9	5	5	6	7	6	3	7
	P ₂	10	9	9	9	9	5	9	7	6	7	6	6	3	6
	P ₃	11	6	15	9	10	7	10	5	7	7	12	6	4	6
	P ₄	8	9	8	7	9	4	7	6	7	5	9	4	3	6
	P ₅	9	9	8	8	10	8	10	6	7	7	9	7	5	5
	P ₆	7	5	6	5	8	7	10	5	6	7	5	5	6	6
R3	P ₁	7	7	7	7	4	5	5	9	7	7	4	9	9	4
	P ₂	9	11	7	9	5	5	4	9	10	4	7	7	10	5
	P ₃	8	10	8	9	9	5	4	8	9	5	4	10	8	4
	P ₄	10	8	6	10	7	8	6	11	9	6	5	11	9	4
	P ₅	8	10	5	8	6	6	4	8	5	4	8	7	9	4
	P ₆	9	7	6	7	5	6	4	8	11	7	8	6	6	6
R4	P ₁	8	5	7	4	6	10	5	5	9	6	3	6	9	8
	P ₂	9	5	5	5	8	7	6	6	6	9	7	4	9	6
	P ₃	9	5	5	9	6	9	5	6	7	9	4	9	9	5
	P ₄	8	6	6	7	9	7	7	5	8	5	6	5	4	5
	P ₅	8	4	4	5	8	8	4	5	4	6	4	8	7	7
	P ₆	9	3	4	8	4	9	5	5	4	10	4	8	7	8

Tabla 24. Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 60 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Número de hojas, a los 60 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	11	12	9	12	9	10	13	12	8	5	10	8	5	9
	P ₂	11	13	15	14	10	11	10	9	9	6	9	10	7	8
	P ₃	12	16	8	10	11	10	8	8	10	6	10	10	7	11
	P ₄	13	12	9	12	10	12	9	10	11	5	11	9	8	11
	P ₅	13	12	10	10	12	12	9	12	11	7	7	10	7	9
	P ₆	13	11	10	10	10	7	11	10	6	8	10	7	5	10
R2	P ₁	14	11	14	12	14	11	13	8	8	9	10	9	5	10
	P ₂	14	12	12	12	13	8	12	10	9	10	9	9	5	9
	P ₃	15	9	19	12	14	10	14	8	10	10	16	9	7	9
	P ₄	11	13	11	10	13	7	10	9	10	8	13	7	5	9
	P ₅	13	12	11	11	14	11	14	9	10	10	12	10	8	8
	P ₆	10	8	9	8	11	10	14	8	9	10	8	8	9	9
R3	P ₁	10	10	10	10	7	8	8	13	10	10	7	12	13	7
	P ₂	12	15	10	12	8	8	7	13	14	7	10	10	14	8
	P ₃	11	14	11	12	13	8	7	11	12	8	7	14	11	7
	P ₄	14	11	9	14	10	11	9	15	12	9	8	15	12	7
	P ₅	11	14	8	11	9	9	6	11	8	7	11	10	13	6
	P ₆	12	10	9	10	8	9	7	11	15	10	11	9	9	9
R4	P ₁	11	8	10	7	9	14	8	8	12	9	5	9	13	11
	P ₂	13	8	8	8	11	10	9	9	9	12	10	6	12	9
	P ₃	12	8	8	12	9	13	8	9	10	13	7	12	13	8
	P ₄	11	9	9	10	13	10	10	8	11	8	9	8	7	8
	P ₅	11	6	7	8	11	11	7	8	6	9	7	11	10	10
	P ₆	13	5	6	11	6	13	8	8	7	14	6	11	10	11

Tabla 25. Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 90 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Número de hojas, a los 90 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	20	21	16	21	16	19	20	19	15	14	15	17	10	12
	P ₂	20	22	22	23	17	20	17	16	16	15	14	19	12	11
	P ₃	21	25	15	19	18	19	15	15	17	15	15	19	12	14
	P ₄	22	21	16	21	17	21	16	17	18	14	16	18	13	14
	P ₅	22	21	17	19	19	21	16	19	18	16	12	19	12	12
	P ₆	22	20	17	19	17	16	18	17	13	17	15	16	10	13
R2	P ₁	23	20	21	21	21	20	20	15	15	18	15	18	10	13
	P ₂	23	21	19	21	20	17	19	17	16	19	14	18	10	12
	P ₃	24	18	26	21	21	19	21	15	17	19	21	18	12	12
	P ₄	20	22	18	19	20	16	17	16	17	17	18	16	10	12
	P ₅	22	21	18	20	21	20	21	16	17	19	17	19	13	11
	P ₆	19	17	16	17	18	19	21	15	16	19	13	17	14	12
R3	P ₁	19	19	17	19	14	17	15	20	17	19	12	21	18	10
	P ₂	21	24	17	21	15	17	14	20	21	16	15	19	19	11
	P ₃	20	23	18	21	20	17	14	18	19	17	12	23	16	10
	P ₄	23	20	16	23	17	20	16	22	19	18	13	24	17	10
	P ₅	20	23	15	20	16	18	13	18	15	16	16	19	18	9
	P ₆	21	19	16	19	15	18	14	18	22	19	16	18	14	12
R4	P ₁	20	17	17	16	16	23	15	15	19	18	10	18	18	14
	P ₂	22	17	15	17	18	19	16	16	16	21	15	15	17	12
	P ₃	21	17	15	21	16	22	15	16	17	22	12	21	18	11
	P ₄	20	18	16	19	20	19	17	15	18	17	14	17	12	11
	P ₅	20	15	14	17	18	20	14	15	13	18	12	20	15	13
	P ₆	22	14	13	20	13	22	15	15	14	23	11	20	15	14

Tabla 26. Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 120 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Número de hojas, a los 120 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	33	34	25	34	25	32	29	28	24	27	20	30	15	15
	P ₂	33	35	31	36	26	33	26	25	25	28	19	32	17	14
	P ₃	34	38	24	32	27	32	24	24	26	28	20	32	17	17
	P ₄	35	34	25	34	26	34	25	26	27	27	21	31	18	17
	P ₅	35	34	26	32	28	34	25	28	27	29	17	32	17	15
	P ₆	35	33	26	32	26	29	27	26	22	30	20	29	15	16
R2	P ₁	36	33	30	34	30	33	29	24	24	31	20	31	15	16
	P ₂	36	34	28	34	29	30	28	26	25	32	19	31	15	15
	P ₃	37	31	35	34	30	32	30	24	26	32	26	31	17	15
	P ₄	33	35	27	32	29	29	26	25	26	30	23	29	15	15
	P ₅	35	34	27	33	30	33	30	25	26	32	22	32	18	14
	P ₆	32	30	25	30	27	32	30	24	25	32	18	30	19	15
R3	P ₁	32	32	26	32	23	30	24	29	26	32	17	34	23	13
	P ₂	34	37	26	34	24	30	23	29	30	29	20	32	24	14
	P ₃	33	36	27	34	29	30	23	27	28	30	17	36	21	13
	P ₄	36	33	25	36	26	33	25	31	28	31	18	37	22	13
	P ₅	33	36	24	33	25	31	22	27	24	29	21	32	23	12
	P ₆	34	32	25	32	24	31	23	27	31	32	21	31	19	15
R4	P ₁	33	30	26	29	25	36	24	24	28	31	15	31	23	17
	P ₂	35	30	24	30	27	32	25	25	25	34	20	28	22	15
	P ₃	34	30	24	34	25	35	24	25	26	35	17	34	23	14
	P ₄	33	31	25	32	29	32	26	24	27	30	19	30	17	14
	P ₅	33	28	23	30	27	33	23	24	22	31	17	33	20	16
	P ₆	35	27	22	33	22	35	24	24	23	36	16	33	20	17

Tabla 27. Evaluación del número de hojas de los plántones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Número de hojas, a los 150 días													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	40	41	30	41	30	39	34	33	29	34	24	37	19	18
	P ₂	40	42	36	43	31	40	31	30	30	35	23	39	21	17
	P ₃	41	45	29	39	32	39	29	29	31	35	24	39	21	20
	P ₄	42	41	30	41	31	41	30	31	32	34	25	38	22	20
	P ₅	42	41	31	39	33	41	30	33	32	36	21	39	21	18
	P ₆	42	40	31	39	31	36	32	31	27	37	24	36	19	19
R2	P ₁	43	40	35	41	35	40	34	29	29	38	24	38	19	19
	P ₂	43	41	33	41	34	37	33	31	30	39	23	38	19	18
	P ₃	44	38	40	41	35	39	35	29	31	39	30	38	21	18
	P ₄	40	42	32	39	34	36	31	30	31	37	27	36	19	18
	P ₅	42	41	32	40	35	40	35	30	31	39	26	39	22	17
	P ₆	39	37	30	37	32	39	35	29	30	39	22	37	23	18
R3	P ₁	39	39	31	39	28	37	29	34	31	39	21	41	27	16
	P ₂	41	44	31	41	29	37	28	34	35	36	24	39	28	17
	P ₃	40	43	32	41	34	37	28	32	33	37	21	43	25	16
	P ₄	43	40	30	43	31	40	30	36	33	38	22	44	26	16
	P ₅	40	43	29	40	30	38	27	32	29	36	25	39	27	15
	P ₆	41	39	30	39	29	38	28	32	36	39	25	38	23	18
R4	P ₁	40	37	31	36	30	43	29	29	33	38	19	38	27	20
	P ₂	42	37	29	37	32	39	30	30	30	41	24	35	26	18
	P ₃	41	37	29	41	30	42	29	30	31	42	21	41	27	17
	P ₄	40	38	30	39	34	39	31	29	32	37	23	37	21	17
	P ₅	40	35	28	37	32	40	28	29	27	38	21	40	24	19
	P ₆	42	34	27	40	27	42	29	29	28	43	20	40	24	20

Tabla 28. Evaluación de la longitud de raíces de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Longitud de raíces (cm)													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	34,90	23,20	20,99	22,70	14,40	26,99	25,68	20,03	18,65	20,03	18,95	24,90	18,05	11,89
	P ₂	34,89	23,19	21,00	22,68	14,41	27,00	25,67	20,04	18,66	20,04	18,93	24,91	18,03	11,91
	P ₃	34,71	23,06	21,15	22,42	14,65	27,18	25,42	20,19	18,70	20,19	18,67	24,98	17,77	12,15
	P ₄	34,64	23,00	21,21	22,31	14,76	27,25	25,31	20,26	18,72	20,26	18,56	25,01	17,66	12,25
	P ₅	36,29	23,75	21,67	23,21	14,50	27,84	26,43	20,63	18,80	20,63	19,46	25,59	18,56	12,00
	P ₆	36,07	24,12	21,95	23,60	15,19	28,00	26,66	20,97	19,45	20,97	19,85	25,86	18,95	12,68
R2	P ₁	27,23	24,22	21,46	24,22	13,94	25,73	25,29	20,92	19,72	21,01	17,94	25,29	17,04	13,46
	P ₂	27,24	24,20	21,45	24,21	13,95	25,72	25,27	20,93	19,73	21,02	17,93	25,28	17,03	13,46
	P ₃	27,49	23,96	21,29	24,05	14,13	25,55	25,03	21,19	19,99	21,16	17,78	25,21	16,88	13,41
	P ₄	27,60	23,86	21,23	23,99	14,20	25,48	24,93	21,30	20,10	21,21	17,72	25,17	16,82	13,40
	P ₅	26,48	24,11	20,86	23,62	12,54	24,89	25,18	20,41	19,21	20,46	17,26	24,60	16,36	13,31
	P ₆	26,25	23,43	20,52	23,28	12,77	24,73	24,50	20,01	18,81	20,09	16,98	24,33	16,08	12,66
R3	P ₁	23,71	26,29	16,91	26,30	23,90	21,18	20,94	14,94	21,18	16,87	13,90	20,94	13,00	11,39
	P ₂	23,69	26,30	16,91	26,31	23,89	21,18	20,96	14,96	21,16	16,87	13,89	20,93	12,99	11,40
	P ₃	23,44	26,47	16,99	26,46	23,76	21,34	21,20	15,20	20,90	16,91	13,71	20,67	12,81	11,56
	P ₄	23,34	26,54	17,02	26,52	23,70	21,40	21,30	15,30	20,79	16,93	13,64	20,56	12,74	11,62
	P ₅	24,46	27,13	17,60	26,98	24,45	21,77	21,05	15,05	21,68	17,02	15,30	21,45	14,40	11,99
	P ₆	24,69	27,29	17,87	27,26	24,82	22,11	21,73	15,73	22,08	17,67	15,07	21,85	14,17	12,33
R4	P ₁	23,71	26,30	17,19	26,29	23,90	21,18	20,66	14,94	21,18	16,87	13,90	20,94	13,00	11,39
	P ₂	23,71	26,31	17,19	26,30	23,90	21,19	20,67	14,96	21,17	16,85	13,89	20,93	12,99	11,39
	P ₃	23,66	26,44	17,03	26,47	23,82	21,45	20,92	15,22	20,99	16,61	13,74	20,69	12,84	11,24
	P ₄	23,64	26,50	16,97	26,55	23,79	21,56	21,03	15,33	20,92	16,51	13,68	20,59	12,78	11,17
	P ₅	23,56	25,75	16,60	24,89	23,22	20,67	19,91	14,43	20,33	16,76	13,30	20,84	12,40	10,72
	P ₆	22,91	25,38	16,26	25,11	22,94	20,27	19,68	14,04	20,17	16,08	12,97	20,16	12,07	10,44

Tabla 29. Evaluación del volumen de raíces de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Volumen de raíces (cm3)													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	25,40	25,40	12,66	23,95	11,22	22,41	15,84	7,43	16,84	12,15	8,18	16,66	7,69	7,67
	P ₂	25,39	25,39	12,65	24,10	11,37	22,48	15,96	7,28	16,96	12,29	8,07	16,65	7,55	7,75
	P ₃	25,37	25,37	12,62	24,35	11,62	22,60	16,16	7,04	17,16	12,53	7,89	16,62	7,30	7,88
	P ₄	25,35	25,35	12,58	24,70	11,96	22,77	16,44	6,70	17,44	12,86	7,63	16,58	6,96	8,06
	P ₅	25,33	25,33	12,53	25,20	12,46	23,00	16,84	6,21	17,84	13,33	7,26	16,53	6,47	8,32
	P ₆	25,24	25,24	12,38	26,69	13,94	23,70	18,03	4,74	19,03	14,75	6,14	16,38	5,01	9,10
R2	P ₁	30,46	20,26	10,18	16,50	11,22	17,42	17,33	9,67	15,88	12,24	8,43	16,74	9,94	7,78
	P ₂	30,33	20,15	10,22	16,61	11,25	17,51	17,40	9,54	16,03	12,26	8,39	16,89	9,81	7,64
	P ₃	30,11	19,97	10,30	16,79	11,31	17,67	17,51	9,33	16,27	12,31	8,32	17,14	9,59	7,40
	P ₄	29,81	19,72	10,40	17,05	11,38	17,88	17,67	9,02	16,60	12,37	8,23	17,49	9,29	7,06
	P ₅	29,37	19,37	10,55	17,41	11,49	18,18	17,90	8,59	17,08	12,46	8,10	18,00	8,85	6,58
	P ₆	28,06	18,30	11,00	18,51	11,80	19,09	18,58	7,28	18,51	12,74	7,70	19,52	7,55	5,15
R3	P ₁	19,37	20,65	11,19	16,21	11,15	17,21	14,68	7,24	15,81	12,15	8,24	16,76	7,51	7,71
	P ₂	19,48	20,52	11,22	16,36	11,24	17,25	14,83	7,29	15,88	12,11	8,11	16,65	7,55	7,56
	P ₃	19,66	20,30	11,26	16,60	11,39	17,30	15,08	7,36	15,99	12,04	7,89	16,47	7,63	7,33
	P ₄	19,92	19,99	11,32	16,93	11,60	17,37	15,43	7,46	16,15	11,95	7,59	16,22	7,73	6,99
	P ₅	20,28	19,56	11,42	17,41	11,91	17,48	15,94	7,61	16,38	11,81	7,15	15,87	7,88	6,51
	P ₆	21,38	18,25	11,69	18,84	12,82	17,80	17,45	8,06	17,06	11,42	5,85	14,80	8,33	5,07
R4	P ₁	25,40	22,95	10,22	21,41	11,15	15,84	14,81	7,18	14,19	9,71	8,43	16,66	7,45	7,67
	P ₂	25,55	23,07	10,36	21,40	11,13	15,92	14,96	7,30	14,26	9,70	8,32	16,51	7,57	7,66
	P ₃	25,79	23,27	10,60	21,37	11,11	16,05	15,21	7,50	14,38	9,69	8,13	16,27	7,77	7,65
	P ₄	26,14	23,55	10,93	21,34	11,07	16,23	15,56	7,78	14,54	9,67	7,87	15,93	8,05	7,63
	P ₅	26,63	23,95	11,41	21,29	11,02	16,49	16,06	8,18	14,77	9,64	7,50	15,44	8,45	7,60
	P ₆	28,12	25,14	12,83	21,13	10,86	17,27	17,55	9,37	15,48	9,55	6,38	13,98	9,64	7,52

Tabla 30. Evaluación del peso fresco de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Peso fresco de plantones (g)													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	48,98	48,98	22,32	42,92	25,69	42,92	39,60	17,47	40,60	22,37	17,42	35,78	11,53	8,53
	P ₂	49,34	49,34	22,71	42,51	25,23	42,51	39,83	16,99	40,83	21,89	16,94	35,80	11,90	8,90
	P ₃	49,81	49,81	23,20	41,97	24,64	41,97	40,12	16,36	41,12	21,26	16,31	35,82	12,39	9,39
	P ₄	50,35	50,35	23,78	41,34	23,95	41,34	40,45	15,64	41,45	20,54	15,59	35,85	12,95	9,95
	P ₅	50,97	50,97	24,43	40,63	23,18	40,63	40,83	14,82	41,83	19,72	14,77	35,88	13,58	10,58
	P ₆	51,66	51,66	25,15	39,84	22,31	39,84	41,26	13,90	42,26	18,81	13,85	35,92	14,29	11,29
R2	P ₁	48,33	48,33	21,98	41,89	19,00	41,89	43,68	11,26	44,68	21,06	10,69	33,42	9,43	6,43
	P ₂	48,46	48,46	21,98	41,74	18,88	41,74	43,70	11,22	44,70	21,02	10,54	33,38	9,29	6,29
	P ₃	48,68	48,68	22,00	41,50	18,68	41,50	43,72	11,16	44,72	20,96	10,30	33,33	9,06	6,06
	P ₄	48,98	48,98	22,02	41,16	18,41	41,16	43,76	11,08	44,76	20,88	9,97	33,25	8,74	5,74
	P ₅	49,45	49,45	22,06	40,63	17,97	40,63	43,81	10,95	44,81	20,74	9,44	33,14	8,24	5,24
	P ₆	50,00	50,00	22,09	40,01	17,46	40,01	43,88	10,79	44,88	20,59	8,82	33,00	7,65	4,65
R3	P ₁	41,17	41,17	21,29	45,08	20,39	45,08	40,13	11,65	41,13	18,20	10,80	31,78	11,78	8,78
	P ₂	41,11	41,11	21,30	45,04	20,44	45,04	40,05	11,53	41,05	18,32	10,75	31,91	11,92	8,92
	P ₃	41,02	41,02	21,32	44,97	20,52	44,97	39,91	11,32	40,91	18,52	10,66	32,12	12,16	9,16
	P ₄	40,89	40,89	21,34	44,88	20,64	44,88	39,72	11,04	40,72	18,79	10,54	32,42	12,49	9,49
	P ₅	40,68	40,68	21,38	44,73	20,83	44,73	39,41	10,59	40,41	19,22	10,35	32,90	13,01	10,01
	P ₆	40,44	40,44	21,43	44,56	21,05	44,56	39,05	10,05	40,05	19,73	10,12	33,45	13,63	10,63
R4	P ₁	23,42	21,78	13,20	28,98	13,65	28,29	29,39	10,80	29,00	16,26	10,69	26,06	9,43	6,43
	P ₂	23,38	21,84	13,12	28,98	13,73	28,43	29,52	10,67	28,88	16,22	10,54	26,02	9,29	6,29
	P ₃	23,33	21,95	12,98	29,00	13,86	28,67	29,75	10,44	28,68	16,16	10,30	25,96	9,06	6,06
	P ₄	23,25	22,11	12,78	29,02	14,04	29,01	30,06	10,13	28,41	16,08	9,97	25,88	8,74	5,74
	P ₅	23,14	22,35	12,47	29,06	14,32	29,54	30,56	9,63	27,97	15,95	9,44	25,74	8,24	5,24
	P ₆	23,00	22,64	12,10	29,09	14,65	30,16	31,15	9,04	27,46	15,79	8,82	25,59	7,65	4,65

Tabla 31. Evaluación del peso seco de los plantones de cítrico (limón mandarina), 150 días después del trasplante

Repeticiones	N° de plantas	Tratamientos, Peso seco de plantones (g)													
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
R1	P ₁	22,87	22,87	12,01	18,24	11,54	18,24	18,05	8,06	18,05	11,36	6,45	19,08	7,18	4,18
	P ₂	23,22	23,22	12,44	18,44	11,66	18,44	18,06	8,43	18,06	11,81	6,89	19,53	7,51	4,51
	P ₃	23,67	23,67	13,00	18,70	11,81	18,70	18,08	8,91	18,08	12,38	7,46	20,11	7,93	4,93
	P ₄	24,19	24,19	13,65	18,99	11,98	18,99	18,09	9,47	18,09	13,05	8,13	20,77	8,43	5,43
	P ₅	24,79	24,79	14,39	19,33	12,18	19,33	18,11	10,10	18,11	13,81	8,88	21,53	8,99	5,99
	P ₆	25,45	25,45	15,21	19,70	12,39	19,70	18,13	10,81	18,13	14,65	9,72	22,37	9,61	6,61
R2	P ₁	18,41	18,41	10,23	16,98	8,95	16,98	17,94	5,23	17,94	11,32	5,77	18,98	6,30	3,30
	P ₂	18,29	18,29	10,11	17,11	9,05	17,11	18,07	5,31	18,07	11,32	5,90	19,02	6,36	3,36
	P ₃	18,08	18,08	9,91	17,33	9,21	17,33	18,28	5,44	18,28	11,32	6,13	19,09	6,45	3,45
	P ₄	17,78	17,78	9,64	17,64	9,44	17,64	18,59	5,62	18,59	11,32	6,44	19,20	6,59	3,59
	P ₅	17,32	17,32	9,20	18,13	9,80	18,13	19,07	5,91	19,07	11,31	6,93	19,36	6,79	3,79
	P ₆	16,77	16,77	8,68	18,70	10,23	18,70	19,63	6,25	19,63	11,30	7,51	19,56	7,04	4,04
R3	P ₁	19,27	19,27	10,21	19,99	10,45	19,99	17,49	5,26	17,49	9,51	5,69	18,13	6,38	3,38
	P ₂	19,17	19,17	10,16	20,04	10,34	20,04	17,36	5,38	17,36	9,43	5,66	18,05	6,27	3,27
	P ₃	19,00	19,00	10,06	20,11	10,16	20,11	17,15	5,57	17,15	9,29	5,60	17,91	6,09	3,09
	P ₄	18,77	18,77	9,94	20,21	9,90	20,21	16,85	5,83	16,85	9,10	5,52	17,72	5,84	2,84
	P ₅	18,39	18,39	9,73	20,36	9,50	20,36	16,38	6,25	16,38	8,79	5,39	17,42	5,43	2,43
	P ₆	17,95	17,95	9,50	20,54	9,02	20,54	15,83	6,75	15,83	8,42	5,24	17,06	4,96	1,96
R4	P ₁	18,54	18,98	9,32	22,01	9,36	22,08	21,23	5,23	19,95	8,18	6,45	16,06	6,30	3,30
	P ₂	18,67	19,02	9,32	22,05	9,35	22,10	21,11	5,31	20,05	8,27	6,47	16,13	6,36	3,36
	P ₃	18,89	19,09	9,32	22,10	9,33	22,12	20,91	5,44	20,21	8,42	6,50	16,25	6,45	3,45
	P ₄	19,19	19,20	9,32	22,18	9,30	22,15	20,64	5,62	20,44	8,63	6,54	16,43	6,59	3,59
	P ₅	19,67	19,36	9,31	22,31	9,25	22,20	20,20	5,91	20,80	8,97	6,61	16,70	6,79	3,79
	P ₆	20,23	19,56	9,30	22,46	9,20	22,26	19,68	6,25	21,23	9,36	6,70	17,02	7,04	4,04



Figura 19. Tamizado, llenado de bolsas y ubicación en la cama de vivero para la instalación de plantines de limón mandarina



Figura 20. Plantines de limón mandarina en cama de germinación, con enraizaste y trasplante



Figura 21. Recalce y crecimiento de plantones de limón mandarina



Figura 22. Supervisión de la tesis. Ing. Carlos Miguel Miranda Armas



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND	MUESTREADO POR:	VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	27 09 2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	28 09 2023
DISTRITO:	LUYANDO	FECHA DE REPORTE:	28 10 2023
CENTRO POBLADO:	SUPTE	RECIBO O FACTURA:	12001617
FUNDO:	SUPTE	OBSERVACION:	RESULTADO PARCIAL

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE dS/cm	M.O. %	N %	C %	P ppm	K ppm	CIC	Ca	Mg	K	Na	AL	H	CICe	Bases	Acides	Saturación
		Arena	Arcilla	Limo	Clase textural																Cambiables	Cambiable	de aluminio
		%	%	%																	%	%	%
1	S05092	33	38	29	Franco arcilloso	4,77	0,20	2,68	0,13	0,90	6,30	75,39	6,86	5,28	1,58	0,00	0,00	1,57	1,05	9,48	0,72	0,28	0,17

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo Maria

 Ing. CLARA MELIZA SIERRA TRUJILLO
 Profesora del Laboratorio de Suelos de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo Maria

 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 23. Análisis inicial de suelo



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND	MUESTREADO POR:	VERONICA ISABEL GUEVARA DURAND
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	22 02 2024
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23 02 2024
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	22 04 2024
CENTRO POBLADO:	TINGO MARIA	RECIBO O FACTURA:	24001617
FUNDO:	VIVERO - AGRONOMIA	OBSERVACION:	RESULTADO PARCIAL

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH 1:1	CE dS/cm 1:1	M.O. %	N %	C %	P disponible		K ppm	CIC	Ca	Mg	K	Na	AL	H	CICe	Bases Cambiabiles %	Acides Cambiabiles %	Saturación de aluminio %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase textural						ppm	ppm												
		CAMBIABLES Cmol(+)/kg																						
1	S0192	35	37	28	Franco arcilloso	7,25	0,33	4,07	0,20	3,37	9,79	127,94	6,46	4,80	1,08	0,47	0,11	---	---	6,46	100,00	0,00	0,00	
2	S0193	35	37	28	Franco arcilloso	7,16	0,32	3,98	0,20	3,24	9,60	127,74	6,24	4,79	0,93	0,44	0,08	---	---	6,24	100,00	0,00	0,00	
3	S0194	30	39	31	Franco arcilloso	6,87	0,32	3,89	0,19	3,10	8,85	125,02	6,12	4,78	0,90	0,36	0,08	---	---	6,12	100,00	0,00	0,00	
4	S0195	28	38	34	Franco arcilloso	6,66	0,31	3,88	0,19	2,96	9,50	122,30	5,62	4,38	0,71	0,43	0,10	---	---	5,62	100,00	0,00	0,00	
5	S0196	28	39	33	Franco arcilloso	6,59	0,30	3,87	0,19	2,90	8,53	119,58	5,48	4,34	0,71	0,35	0,08	---	---	5,48	100,00	0,00	0,00	
6	S0197	30	39	31	Franco arcilloso	7,07	0,30	3,58	0,18	2,67	9,40	117,97	6,09	4,75	0,87	0,40	0,08	---	---	6,09	100,00	0,00	0,00	
7	S0198	28	37	35	Franco arcilloso	6,97	0,28	3,08	0,15	2,66	9,21	108,44	5,86	4,56	0,84	0,38	0,08	---	---	5,86	100,00	0,00	0,00	
8	S0199	35	37	28	Franco arcilloso	6,63	0,29	3,49	0,17	2,38	8,51	115,43	5,60	4,52	0,72	0,29	0,07	---	---	5,60	100,00	0,00	0,00	
9	S0200	35	37	28	Franco arcilloso	6,57	0,28	3,35	0,17	1,87	8,97	109,92	5,43	4,26	0,71	0,38	0,08	---	---	5,43	100,00	0,00	0,00	
10	S0201	30	39	31	Franco arcilloso	6,27	0,31	3,80	0,19	2,86	8,48	117,43	5,26	4,21	0,70	0,27	0,08	---	---	5,26	100,00	0,00	0,00	
11	S0202	28	38	34	Franco arcilloso	6,93	0,26	2,94	0,15	2,09	7,46	70,44	5,41	4,39	0,71	0,24	0,07	---	---	5,41	100,00	0,00	0,00	
12	S0203	28	39	33	Franco arcilloso	6,41	0,21	2,93	0,15	1,70	8,77	104,93	5,30	4,15	0,70	0,37	0,07	---	---	5,30	100,00	0,00	0,00	
13	S0204	30	39	31	Franco arcilloso	5,97	0,28	3,08	0,15	1,50	6,30	107,92	4,79	4,10	0,35	0,26	0,08	---	---	4,79	100,00	0,00	0,00	
14	S0205	28	37	35	Franco arcilloso	5,75	0,21	2,92	0,15	1,33	6,24	85,93	4,66	4,05	0,35	0,19	0,07	---	---	4,66	100,00	0,00	0,00	

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria
[Signature]
Ing. CLAUDE MELITA NEIRA TRUJILLO
Profesora del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria
[Signature]
DR. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 24. Análisis final del suelo de cada tratamiento