



Artículo de Investigación

Diferentes sustratos para producción de portainjertos de cítricos (*Citrus* sp.) en vivero, Estación Experimental Sapecho

Different substrates for the production of citrus rootstocks (*Citrus* sp.) in nurseries, Sapecho Experimental Station

Luis Alfredo Espejo Platero, Marcela Daniela Mollericona Alfaro,
Casto Maldonado Fuentes, Carlos Eduardo Choque Tarqui

RESUMEN:

La elección de un buen portainjerto influirá de gran manera en la producción de las diferentes especies y variedades de cítricos. La investigación tuvo el propósito de determinar los efectos de diferentes sustratos en el desarrollo de portainjertos en fase inicial de vivero y el tiempo óptimo para la injertación, para ello se evaluó a Limón volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq), Limón rugoso (*Citrus jambhiri*, Lush), Citrange carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) y Mandarina cleopatra (*Citrus reshni*, Hort ex Tan) con la aplicación de sustratos a base de: Bocashi, Humus de lombriz, Compost y Testigo (sustrato común) en el vivero de la Estación Experimental Sapecho, El diseño utilizado fue el Completamente al Azar con dos factores y tres repeticiones, considerando el factor A: Portainjertos y factor B: Sustratos y un testigo. Los resultados evidenciaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas con el efecto de los abonos Humus de lombriz y Compost, en relación con el comportamiento de las variables evaluadas: altura de planta(cm), diámetro de tallo(mm), número de hojas. Con relación al tiempo óptimo para la injertación se determinó que Citrange carrizo, Limón volkameriano y Limón rugoso alcanzaron valores aceptables a los 90 días con un diámetro de tallo mayor a los 4 mm y altura de planta mayor a 20 cm, a diferencia de Mandarina cleopatra que obtuvo esos valores a los 120 días.

PALABRAS CLAVE

Sustratos, portainjerto, vivero, cítricos.

ABSTRACT:

The choice of a good rootstock will greatly influence the production of different citrus species and varieties. The purpose of the research was to determine the effects of different substrates on the development of rootstocks in the initial nursery phase and the optimal time for grafting. To this end, Volkamerian lemon (*Citrus volkameriana* Pasq), rough lemon (*Citrus jambhiri*, Lush), Citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*), and Cleopatra Mandarin (*Citrus reshni*, Hort ex Tan) were evaluated with the application of substrates based on: Bokashi, worm humus, compost, and control (without fertilizer) in the nursery at the Sapecho Experimental Station. The design used was completely randomized with two factors and three replicates, considering factor A: rootstocks, factor B: substrates, and a control. The results showed statistically significant differences with the effect of worm humus and compost fertilizers in relation to the behavior of the variables evaluated: plant height (cm), stem diameter (mm), and number of leaves. Regarding the optimal time for grafting, it was determined that Citrange Carrizo, Volkamerian Lemon, and Rough Lemon reached acceptable values at 90 days with a stem diameter greater than 4 mm and plant height greater than 20 cm, unlike Cleopatra Mandarin, which obtained these values at 120 days.

KEYWORDS:

Substrates, rootstock, nursery, citrus.

AUTORES:

Luis Alfredo Espejo Platero: Titulado de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia. espejoplateroluisalfredo@gmail.com

Marcela Daniela Mollericona Alfaro: Docente Investigadora, Estación Experimental Patacamaya, Facultad de Agronomía-Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8243-781X>; marcela.mollericonaalfaro@yahoo.com

Casto Maldonado Fuentes: Docente Investigador, Estación Experimental Sapecho, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia; <https://orcid.org/0000-0001-9540-0362>. casml@gmail.com

Carlos Eduardo Choque Tarqui: Docente Investigador, Estación Experimental Sapecho, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia; <https://orcid.org/0000-0003-4825-5283>. eduard.charly@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.53287/svpn2782dr23s>

Recibido: 11/06/2025. Aprobado: 18/08/2025.



INTRODUCCIÓN

La producción de cítricos en Bolivia, en la región de Yungas, presenta un alto potencial. Según el Instituto Nacional de Estadística (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2017), la macrorregión con mayor producción de cítricos es Yungas y Chapare, que representa 66.3% del total nacional, y se cultivan cinco tipos de cítricos: naranja, mandarina, limón, lima y toronja, siendo los principales la mandarina y la naranja.

De acuerdo con Arrieta *et al.* (2010), los portainjertos influyen en el desarrollo vegetativo, producción y calidad de los frutos, en función de la especie de portainjerto, tipo de suelo y clima donde se cultiven.

Desde la posición de Veliz (2015), en el departamento de La Paz la producción de plantines se concentra en las localidades de Caranavi y el Alto Beni, que se produce un aproximado de 200.000,00 plantines en los viveros de Caranavi siendo el más grande del país.

En la región de Yungas, se observa la falta de investigaciones vinculadas a portainjertos diferentes al difundido Cleopatra. Además, cabe mencionar que el tiempo de desarrollo de portainjertos de cítricos en vivero es muy largo, aproximadamente de 6 a 8 meses según Gonzáles y Tullo (2019), por ello se tiene una gran necesidad de mejorar el sistema de producción actual, mejorando los métodos que ayuden a reducir el tiempo de desarrollo de los portainjertos de cítricos para la injertación, desde la fase inicial en vivero.

Por tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como propósito el contribuir a la producción orgánica y al conocimiento de nuevas alternativas para que los

agricultores de la región puedan obtener las características requeridas para la injertación en el menor tiempo posible, utilizando tres sustratos orgánicos preparados a base de insumos locales y económicos, aplicados en Portainjertos de cítricos (Limón Volkameriano, Limón Rugoso, Citrange Carrizo y Mandarina Cleopatra) en fase inicial de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La Estación Experimental de Sapecho (EES) se encuentra ubicada entre las coordenadas 15° 32' 54.4" de Latitud Sur, 67° 19' 47.8" de Longitud Oeste, a una altitud promedio de 450 m.s.n.m. A una distancia de 260 km de la ciudad de La Paz (SENAMHI 1990-2016 citado por Ticona *et al.* 2017). La temperatura oscila entre los 26 a 33 °C, mínima promedio de 19°C, la mínima extrema durante los meses de junio y julio alcanza a 13°C. el regimen de precipitación anual 1600 mm, los meses más lluviosos son de noviembre a marzo.

Material vegetal

Se utilizó semillas de los portainjertos: Limón Rugoso (*Citrus jambhiri*, Lush), Volkameriano (*Citrus volkameriana* Pasq), Citrange carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) y mandarina Cleopatra (*Citrus reshni*. Hort ex Tan), colectadas en el Banco de Germoplasma de la EES. Cuyas características principales se detallan en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Principales características de los 4 portainjertos en estudio

Portainjerto	Vigor	Porte	producción	Longevidad	Maduración	Calidad
Citrange carrizo	Medio	Grande	Media	Media	Tardía	Buena
Limón Rugoso	Grande	Grande	Precoz	Pequeña	Precoz	Mala
Limón Volkameriano	Grande	Medio	Precoz	Grande	Precoz	Regular
Mandarina Cleopatra	Medio	Grande	Medio	Media	Tardía	Buena

Fuente: Oliveira *et al.* (2008)

Métodos

El presente estudio fue del tipo experimental, cuantitativo, longitudinal y aplicado, contando con las siguientes etapas:

Identificación de los portainjertos y extracción de semillas

Las semillas de los diferentes portainjertos fueron obtenidas en la Estación Experimental Sapecho (EES) de las plantas con buen estado sanitario, vigorosas y productivas, posteriormente se realizó la extracción de las semillas y el secado bajo sombra, distribuyéndolas en bolsas plásticas.

Construcción de la almaciguera y almacigado de semillas

La cama almaciguera se construyó en forma de mesón con material vegetal del lugar, con un 1 metro de ancho y 5 metros de largo y una altura de 20 cm para el relleno del sustrato que fue lama del rio y tierra del lugar en una relación 2:1. Para la desinfección del sustrato se utilizó el método de solarización. La almaciguera se cubrió con malla semisombra 50/50, tanto el techo como los bordes para evitar el ingreso de plagas.

La siembra se realizó con una dimensión de 5 cm entre planta, 10 cm entre hileras, en un 1 m² con 200 semillas a una profundidad de siembra de 1 cm entre 2 cm, posteriormente el riego y las labores culturales se realizaron de acuerdo con el crecimiento de malezas y las condiciones medioambientales.

Fase de repique

Aplicación de sustratos

Se realizó la mezcla con la ayuda de una carretilla con una relación 1:2 para 120 macetas para cada sustrato como muestra en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Sustratos utilizados para los diferentes portainjertos

Sustrato	Relación 1:3
Compost	Compost (25 kg) + 2 carretillas de tierra (75 kg)
Bocashi	Bocashi (25 kg) + 2 carretillas de tierra (75 kg)
Abono Humus de Lombriz	Humus (25 kg) + 2 carretillas de tierra (75 kg)
Tierra de Lugar (Testigo)	Tierra (25Kg) + 2 carretillas de tierra (75kg)

Se utilizaron 480 bolsas de polietileno de 150 micras con una dimensión de 20x12 cm, posteriormente se realizó el perforado en la superficie de las bolsas para el drenaje del agua.

Fase de repique

El repique se realizó a los 60 días después del almacenado lo cual consistió en trasladar las plántulas a las bolsas llenas con el sustrato ordenados bajo vivero, haciendo un hoyo con un pequeño palo para colocar la plántula. Se repicó 120 plántulas de cada portainjerto, mandarina cleopatra, limón volkameriano, limón rugoso y carrizo. El riego y las labores culturales después del repique se efectuó tomando en cuenta los requerimientos.

Toma de datos

Los datos de las variables de estudio se registraron cada 15 días posteriores al repique a los (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días) hasta obtener la altura y diámetro óptimo para la injertación.

Diseño experimental

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bi-factorial, siendo el Factor A: 4 tipos de portainjertos, el factor B: los 3 sustratos y un testigo. Realizando la combinación se obtuvo 16 tratamientos y 3 repeticiones, teniendo 48 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 plantas, sumando un total de 480 plantas incluyendo más el testigo.

Tabla 3. Tratamientos para los dos factores en estudio

Tratamiento	Combinación de factores	Código
T1	Limón Volkameriano (<i>Citrus volkameriana</i> Pasq) y bocashi	a1b1
T2	Limón Volkameriano (<i>Citrus volkameriana</i> Pasq) y humus de lombriz	a1b2
T3	Limón Volkameriano (<i>Citrus volkameriana</i> Pasq) y compost	a1b3
T4	Limón Volkameriano (<i>Citrus volkameriana</i> Pasq) y testigo	a1b4
T5	Limón Rugoso (<i>Citrus jambhiri</i> , Lush) y bocashi	a2b1
T6	Limón Rugoso (<i>Citrus jambhiri</i> , Lush) y humus de lombriz	a2b2
T7	Limón Rugoso (<i>Citrus jambhiri</i> , Lush) y compost	a2b3
T8	Limón Rugoso (<i>Citrus jambhiri</i> , Lush) y testigo	a2b4
T9	Citrango Carrizo (<i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sinensis</i>) y bocashi	a3b1
T10	Citrango Carrizo (<i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sinensis</i>) y humus de lombriz	a3b2
T11	Citrango Carrizo (<i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sinensis</i>) y compost	a3b3
T12	Citrango Carrizo (<i>Poncirus trifoliata</i> x <i>Citrus sinensis</i>) y testigo	a3b4
T13	Mandarino cleopatra (<i>Citrus reshni</i> . Hort ex Tan) y bocashi	a4b1
T14	Mandarino cleopatra (<i>Citrus reshni</i> . Hort ex Tan) y humus de lombriz	a4b2
T15	Mandarino cleopatra (<i>Citrus reshni</i> . Hort ex Tan) y compost	a4b3
T16	Mandarino cleopatra (<i>Citrus reshni</i> . Hort ex Tan) y testigo	a4b4

Variables de respuesta evaluadas

(mm) y número de hojas, evaluadas cada 15 días para los 16 tratamientos formulados.

Fueron las siguientes:

- **Altura de planta:** La evaluación fue cada 15 días, a partir del repique con la ayuda de un flexómetro.
- **Diámetro de tallo:** Para la medición del diámetro de tallo se realizó después del repique con la ayuda de un vernier.
- **Número de hojas:** El conteo de las hojas fue a partir del repique de los portainjertos.
- **Tiempo apropiado para la injertación:** Se determinó tomando en cuenta las medidas del diámetro y altura óptimos para la injertación.

Altura de planta (cm)

En la Tabla 4 se registran los resultados obtenidos para la variable Altura de planta (cm) durante las evaluaciones realizadas cada 15 días, por cada tratamiento. Durante la mayor parte de las evaluaciones, se obtuvo diferencias altamente significativas para el factor A sobre tipos de portainjertos y el factor B tipos de sustratos para la interacción (portainjertos*sustratos). Se obtuvo diferencias altamente significativas para la variable altura, a los 135 días después del repique, al haberse obtenido un valor de $p < 0,01$ ($p = 0,0001$) para el factor A y B $p < 0,01$ ($p = 0,0001$) y no significativas para la interacción $p > 0,05$ (0,8311).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detalla el análisis de varianza para las variables altura de planta (cm), diámetro de tallo

Tabla 4. Altura promedio de planta (cada 15 días) para los 16 tratamientos en estudio después del repique

Factores			Evaluación de altura de planta (cm) cada 15 días								
TRAT	Portainjertos	Sustratos	15	30	45	60	75	90	105	120	135
T1	Volkameriano	Bocashi	5,67	6,25	7,95	12,28	16,60	30,07	31,60	43,03	51,13
T2	Volkameriano	Compost	5,67	6,60	8,56	13,39	20,80	33,90	34,53	51,93	58,23
T3	Volkameriano	humus de lombriz	5,67	6,59	8,49	13,26	20,50	33,13	35,77	53,67	59,63
T4	Volkameriano	Testigo	5,67	6,49	8,39	13,26	18,60	30,17	33,67	40,77	45,43
T5	Carrizo	Compost	6,57	6,69	8,23	12,05	15,67	23,83	25,43	40,90	47,93
T6	Carrizo	humus de lombriz	6,57	6,68	8,16	11,92	18,60	26,20	30,37	43,03	50,97
T7	Carrizo	Bocashi	6,57	6,35	7,62	10,94	12,83	19,93	22,97	37,47	43,87
T8	Carrizo	Testigo	6,57	6,58	8,06	11,92	15,40	24,00	28,97	35,57	40,13
T9	Rugoso	Compost	4,72	5,98	7,81	12,61	18,03	26,68	32,70	47,84	53,62
T10	Rugoso	humus de lombriz	4,72	5,97	7,74	12,48	17,27	28,43	34,17	48,46	55,32
T11	Rugoso	Bocashi	4,72	5,63	7,20	11,50	16,13	24,23	29,73	45,16	52,28
T12	Rugoso	Testigo	4,72	5,87	7,64	12,48	17,23	25,99	29,23	37,07	40,71
T13	Cleopatra	Compost	5,96	6,28	7,89	12,09	16,73	24,37	29,80	45,57	50,62
T14	Cleopatra	humus de lombriz	5,96	6,27	7,82	11,96	15,67	22,41	26,03	41,79	51,16
T15	Cleopatra	Bocashi	5,96	5,93	7,28	10,98	15,47	22,67	27,53	42,94	48,19
T16	Cleopatra	Testigo	5,96	6,17	7,72	11,96	16,10	25,40	29,40	37,16	42,01
p-valor Sustrato			0,0147	0,005	5E-04	3E-04	0,003	0,008	0,0255	<0,0001	<0,0001
p-valor Porta injertos			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	3E-04	<0,0001	<0,0001	0,0007	0,0007
P- valor Porta injertos* Sustrato			0,0962	0,169	0,293	0,398	0,282	0,316	0,133	0,5568	0,8311
R ²			0,80	0,74	0,69	0,69	0,63	0,79	0,69	0,66	0,72
CV (%)			8,02	7,82	8,56	10,26	10,85	9,02	9,41	10,38	8,77

Los mayores promedios de altura de planta (cm) a los 135 días después del repique, correspondieron a los tratamientos T3 (Volkameriano - humus de lombriz) con 50,62 cm y T2 (volkameriano - compost) con 58,23 cm

seguido por el T6 (Carrizo – humus de lombriz) con 50,97 cm, T10 (Rugoso – humus de lombriz) con 55,32 cm, T14 (Cleopatra – humus de lombriz) con 51,16 cm y T8 (Carrizo y testigo) con 40,13 cm siendo el más bajo (Tabla 4).

Tabla 5. Análisis de varianza para la altura de planta (cm) a los 135 días después del repique

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Portainjerto	412,18	3	137,39	7,31	0,0007 *
Sustrato	1055,62	3	351,87	18,71	<0,0001 **
Interacción	92,09	9	10,23	0,54	0,8311 NS
Error	601,78	32	18,81		
Total	2161,67	47			

NS= No significativo; (**)= Altamente significativo; (*)= significativo

Según el análisis de varianza (Tabla 5) para la altura de planta a los 135 días (última evaluación) se obtuvo resultados altamente significativos, para el factor A y factor B y la interacción resultó ser no significativa, con

un coeficiente de variación de 8,77%, que se considera aceptable e indica un buen manejo de las unidades experimentales.

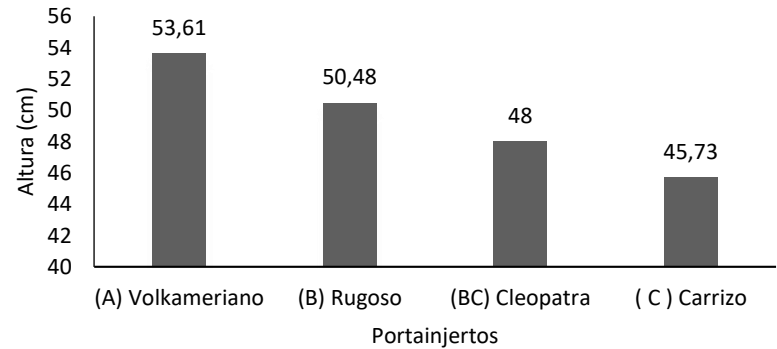


Figura 1. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para la altura promedio de planta (cm) a los 135 días, según portainjertos

Con respecto a la altura de planta el mayor promedio corresponde a los portainjertos Limón volkameriano con 53,61 cm, Limón rugoso con 50,48 cm seguido de Mandarina Cleopatra con 48 cm y Citrange carrizo con 45,73 cm obteniendo los promedios más bajos. De acuerdo con Veliz (2015), menciona que el Limón volkameriano es el portainjerto más vigoroso y

alcanza con las características adecuadas para injertar antes que Citrange carrizo y Citrumelo swingle. Por otro lado, Maldonado (2010) también obtuvo mayores alturas promedio para el portainjerto Cleopatra en comparación al Volkameriano, difiriendo de lo obtenido en el presente experimento, donde el Volkameriano supera al Cleopatra.

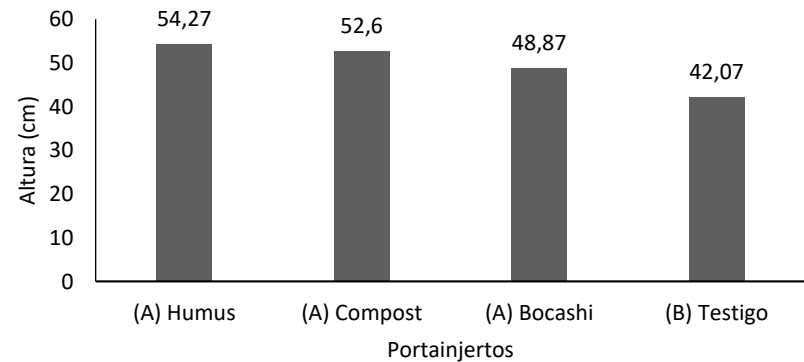


Figura 2. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para altura promedio de planta (cm) a los 135 días, según sustratos

En cuanto a la altura de planta (Figura 2) el mayor promedio correspondió a los sustratos con abono Humus de lombriz con 54,27 cm, Compost con 52,6 cm, Bocashi 48,87 cm y en cuanto al promedio más bajo fue el testigo con 42,07 cm. Se obtuvieron resultados similares de acuerdo con Andrade (2008), mencionando que el compost tiene mayor efecto con el tratamiento al 25% para Limón volkameriano y 50% de compost para Citrange C-35.

De acuerdo con Pérez (2022), menciona que el sustrato con abono de Gallinaza es su mejor repuesta seguido Humus de lombriz a los 198 días, respondiendo al efecto con el mayor promedio. Como menciona Restrepo (2001) citado por Pérez (2022), mientras más alta la porosidad promueve más la actividad microbiana y macroscópica del suelo.

Diámetro de tallo y Tiempo apropiado para la injertación

Tabla 6. Diámetro promedio de tallo

Factores			Evaluaciones de diámetro de tallo (mm) cada 15 días								
TRAT	Portainjertos	Sustratos	15	30	45	60	75	90	105	120	135
T1	Volkameriano	Bocashi	1,72	1,85	2,07	2,51	3,38	4,23	4,70	6,05	6,77
T2	Volkameriano	Compost	1,75	1,90	2,11	2,75	3,83	4,72	5,11	6,06	6,89
T3	Volkameriano	humus de lombriz	1,76	1,91	2,11	2,84	3,76	4,48	4,91	6,07	6,78
T4	Volkameriano	Testigo	1,74	1,88	2,08	2,82	3,35	3,63	3,95	4,02	4,96
T5	Carrizo	Compost	1,87	2,06	2,24	2,76	3,41	4,50	5,03	5,72	6,47
T6	Carrizo	humus de lombriz	1,88	2,07	2,24	3,13	3,75	4,53	5,17	5,84	6,44
T7	Carrizo	Bocashi	1,84	2,01	2,20	2,70	3,34	4,19	4,64	5,63	6,30
T8	Carrizo	Testigo	1,86	2,04	2,22	2,81	3,58	3,94	4,18	4,42	4,99
T9	Rugoso	Compost	1,67	1,80	2,00	2,44	3,34	4,33	4,33	6,01	6,62
T10	Rugoso	humus de lombriz	1,68	1,80	2,00	2,33	3,12	4,14	4,14	5,84	6,69
T11	Rugoso	Bocashi	1,64	1,75	1,96	2,31	3,35	4,22	4,22	5,54	6,25
T12	Rugoso	Testigo	1,66	1,77	1,97	2,42	3,38	3,71	3,99	4,22	4,95
T13	Cleopatra	Compost	1,74	1,86	1,99	2,25	2,72	3,44	4,01	4,51	5,31
T14	Cleopatra	humus de lombriz	1,75	1,86	1,99	2,15	2,75	3,24	3,76	4,24	5,21
T15	Cleopatra	Bocashi	1,71	1,81	1,95	2,18	2,60	3,20	3,90	4,44	5,36
T16	Cleopatra	Testigo	1,73	1,83	1,97	2,14	2,86	3,10	3,50	3,63	4,07
p-valor Sustrato			0,258	0,066	0,412	0,142	0,288	3E-04	<0,0001	<0,0001	<0,0001
p-valor Porta injertos			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P- valor Porta injertos* Sustrato			0,1217	0,044	0,264	0,344	0,142	0,703	0,143	0,0388	0,6271
R ²			0,81	0,85	0,8	0,78	0,78	0,77	0,82	0,91	0,91
CV (%)			5,53	5,77	6,46	7,58	7,39	8,42	6,52	6,58	5,69

En la Tabla 6, se observa que los mayores promedios de diámetro de tallo a los 135 días después del repique fueron para los tratamientos T2 (Volkameriano, compost) con 6,89 mm y T3 (volkameriano, humus de lombriz) con 6,78 mm, T1 (Volkameriano, bocashi) y T10 (Rugoso, humus de lombriz), T9 (Rugoso y compost) con 6,62 mm, T5 (Carrizo y Compost) con 6,47 mm y T6

(Carrizo y Humus de lombriz) con 6,44 mm, en cuanto al diámetro más bajo corresponden al T16 (Cleopatra, testigo) con 4,07 mm. Se destaca que para el tipo de portainjertos, se obtuvieron diferencias significativas durante todo el período de evaluación, mientras que el tipo de sustrato empezó a tener efecto a partir de los 90 días para la variable diámetro.

Tabla 7. Análisis de varianza de diámetro de tallo (mm) a los 135 días después del repique

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Portainjerto	13,31	3	4,44	39,70	<0,0001**
Sustrato	20,86	3	6,95	62,22	<0,0001**
Interacción	0,80	9	0,09	0,79	0,6271 NS
Error	3,58	32	0,11		
Total	38,55	47			

F.V. fuente de variación, SC suma de cuadrados, GL grados de libertad, CM cuadrado medio del error

(**) = Altamente significativo; NS= No significativo

Según el análisis de varianza a los 135 días posteriores al repique se obtuvo resultados altamente significativos para el factor A: Tipo de portainjerto y el

factor B, para la interacción fue no significativo (Tabla 7), con un coeficiente de variación de 5,69 %, que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

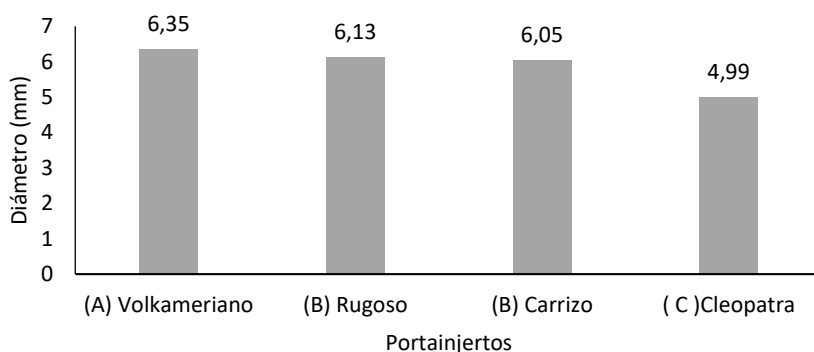


Figura 3. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para diámetro de tallo(mm) a los 135 días, después del repique de los portainjertos

De acuerdo con la Figura 3, el mayor promedio de diámetro de tallo correspondió al portainjerto Limón volkameriano con 6,35 mm seguido de Limón rugoso con 6,13 mm y Carrizo con 6,05 mm, que no se diferencian estadísticamente entre sí para la variable diámetro, con respecto a Mandarina cleopatra, obtuvo el menor promedio de diámetro con 4,99 mm a los 135 días posteriores al repique.

De acuerdo con Calvo (2018), en cuanto al diámetro de tallo (mm) obtuvo promedios a los 240 días con los portainjertos Limón volkameriano con 5,44 mm, Limón rugoso con 5,87 mm, Carrizo con 7,15 mm y Mandarina cleopatra con 5,74 mm. Comparando los promedios con la investigación son cercanos, pero en un periodo menor de producción.

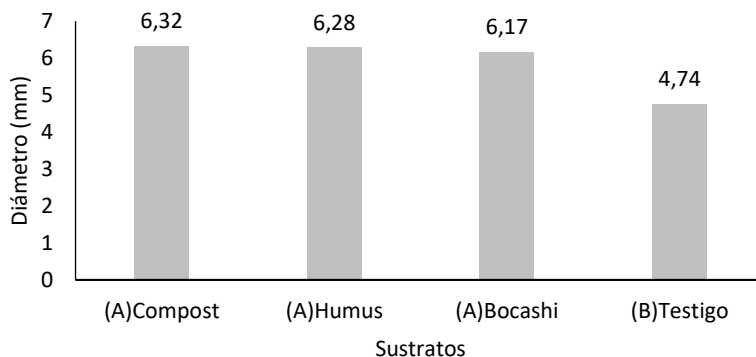


Figura 4. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para diámetro de tallo (mm) a los 135 días después del repique, según sustratos

De acuerdo con la Figura 4 los mayores promedios para diámetro de tallo correspondieron a los sustratos Compost con 6,32 mm, Humus de lombriz con 6,28 mm y Bocashi con 6,17 mm, no diferenciándose entre sí, así mismo el Testigo obtuvo el resultado más bajo con 4,74 mm. Desde la posición de Andrade (2008), menciona que las condiciones climáticas juegan un papel importante

en el desarrollo de las plantas afirmando que compost tiene mayor efecto con el tratamiento al 25% para Limón volkameriano y 50% de compost. De acuerdo con Pérez (2022), se confirma que el mayor diámetro se obtuvo con plantas aplicadas con abono de gallinaza, seguido de humus y bocashi, en relación al sustrato abono se determinó similares resultados en diámetro en plantas.

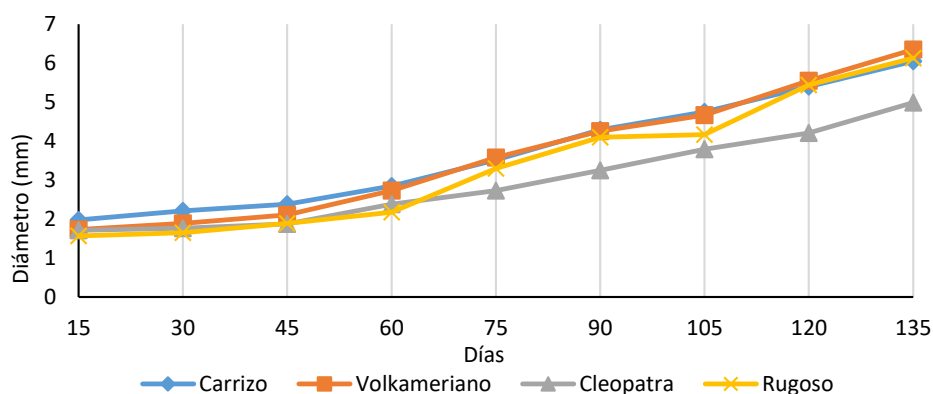


Figura 5. Tiempo para obtener diámetro el apropiado para la injertación, según portainjertos

En la Figura 5, se evidencia que el diámetro de tallo adecuado para la injertación se obtuvo a los 90 días posteriores al repique con los portainjertos Citrange carrizo (4,29 mm), Limón Volkameriano (4,26 mm) y Limón Rugoso con (4,10 mm), excepto el portainjerto Mandarina Cleopatra que tardó en alcanzar el diámetro apropiado para la injertación a los 120 días. Para los 4 tipos

de portainjertos se observa una tendencia lineal de incremento del diámetro de tallo similar para los portainjertos Volkameriano, Carrizo y Rugoso. Según González y Tullo (2019), el diámetro para la injertación es aproximadamente entre 4 a 5 mm con una altura de 15 a 20 cm entre 6 a 8 meses.

Número de hojas

Tabla 8. Número promedio de hojas

Factores			Evaluaciones de numero de hojas cada 15 días								
TRAT	Portainjertos	Sustratos	15	30	45	60	75	90	105	120	135
T1	Volkameriano	Bocashi	3,44	4,36	5,90	8,59	9,03	18,53	23,73	28,33	35,87
T2	Volkameriano	Compost	3,53	4,42	6,06	8,94	10,53	19,80	25,40	30,20	36,33
T3	Volkameriano	humus de lombriz	3,49	4,39	6,03	8,79	10,20	18,47	24,53	29,20	35,13
T4	Volkameriano	Testigo	3,54	4,42	6,04	8,96	9,70	18,33	23,13	27,53	31,93
T5	Carrizo	Compost	4,54	5,29	7,09	10,04	12,57	20,40	27,87	32,73	38,00
T6	Carrizo	humus de lombriz	4,51	5,27	7,07	9,89	13,10	20,80	28,67	33,53	38,47
T7	Carrizo	Bocashi	4,45	5,24	6,93	9,70	10,50	18,20	28,60	33,47	38,27
T8	Carrizo	Testigo	4,56	5,29	7,08	10,06	13,33	22,80	27,60	31,93	36,67
T9	Rugoso	Compost	3,38	4,28	5,95	9,06	10,77	19,07	24,87	30,27	35,40
T10	Rugoso	humus de lombriz	3,34	4,25	5,93	8,91	10,10	19,13	25,27	31,20	36,07
T11	Rugoso	Bocashi	3,29	4,22	5,79	8,71	10,70	17,87	27,07	28,80	33,73
T12	Rugoso	Testigo	3,39	4,28	5,94	9,08	11,03	17,87	22,87	27,73	33,00
T13	Cleopatra	Compost	4,18	4,86	6,83	10,26	12,50	23,13	28,60	33,20	38,67
T14	Cleopatra	humus de lombriz	4,14	4,83	6,80	10,11	11,80	20,67	28,73	34,00	38,20
T15	Cleopatra	Bocashi	4,09	4,80	6,67	9,92	12,17	21,40	28,33	33,53	38,40
T16	Cleopatra	Testigo	4,19	4,86	6,81	10,28	12,63	24,00	27,53	31,80	36,87
p-valor Sustrato			0,5839	0,879	0,49	0,203	0,062	0,079	0,124	0,0118	0,0012
p-valor Porta injertos			<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P- valor Porta injertos* Sustrato			0,4487	0,281	0,631	0,787	0,25	0,712	0,977	0,8647	0,6033
R²			0,90	0,87	0,82	0,73	0,69	0,52	0,71	0,73	0,72
CV (%)			10,31	8,39	8,85	9,74	9,11	10,71	6,33	5,25	4,25

En cuanto a la Tabla 8 se evidenciaron que los mayores promedios a los 135 días correspondieron a los tratamientos T13 (Cleopatra, compost) con 38,67 hojas, T14 (Cleopatra y Humus de lombriz) con 38,20 hojas, T15 (Cleopatra y Bocashi) con 38,40 hojas, T5 (Carrizo y compost) con 38 hojas T6 (Carrizo, humus de lombriz) con 38,47 hojas, T7(Carrizo y Bocashi) con 38,27 hojas y T10 (Volkameriano, testigo) con 31,93 hojas/planta siendo el promedio más bajo. Con respecto a esta variable, durante todo el período de evaluación se obtuvieron diferencias

altamente significativas para el factor portainjertos, debido a las características propias de cada especie. En el caso del factor Sustrato, a partir de los 120 se presentaron diferencias.

Desde la posición de Calvo (2018), menciona que a los 240 días obtuvo resultados con los portainjertos Mandarina Cleopatra (40,1) hojas, Citrange carrizo (36) hojas, Limón Volkameriano (33.9) hojas y Limón Rugoso (31,8) hojas. Para los portainjertos se obtuvieron similares resultados.

Tabla 9. Análisis de varianza para número de hojas a los 135 días después del repique

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Portainjerto	13,31	3	42,68	17,90	<0,0001**
Sustrato	47,86	3	15,95	6,69	0,0012*
Interacción	17,57	9	1,95	0,82	0,3033NS
Error	76,29	32	2,33		
Total	269,00	47			

F.V. fuente de variación, SC suma de cuadrados, GL grados de libertad, CM cuadrado medio del error
(*) = Significativo; NS= No significativo

Según el análisis de varianza (Tabla 9) se observa que para el factor A tipos de portainjertos y factor B Tipo de sustrato existen diferencias altamente significativas, a diferencia de la interacción cuyo valor de $p=0,3033$ obtuvo

que no se presentaron diferencias significativas. Al obtenerse un coeficiente de varianza igual 4,25% se tiene hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

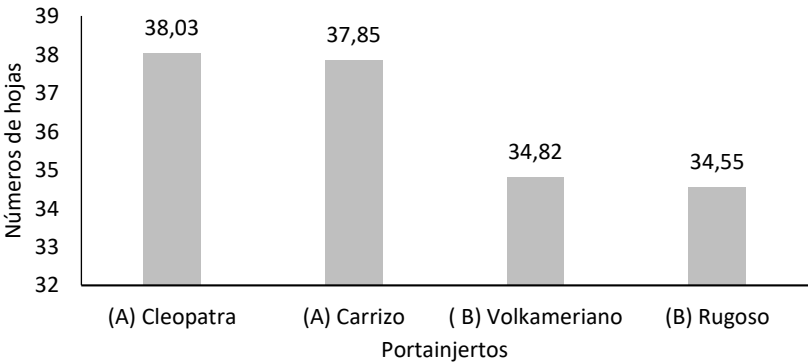


Figura 6. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número promedio de hojas de planta a los 135 días, según portainjertos

Con respecto al número de hojas el mayor promedio correspondió al portainjerto Mandarina cleopatra con 38,03 (hojas/planta) y Limón carrizo con 37,85 que no se diferencian estadísticamente, mientras que Limón volkameriano con 34,82 (hojas/planta) y Limón rugoso con 34,55(hojas/planta) obtuvieron los promedios más bajos en la obtención de hojas por planta, de igual manera no son diferentes (Figura 6). Se afirma que existieron resultados similares en la investigación de acuerdo con Veliz (2015), mencionando que la prueba de

Duncan al 5% demuestra que Citrange carrizo y Mandarina cleopatra que obtienen los promedios más alto a diferencia de Limón rugoso con el promedio más bajo. De acuerdo con Medrano (2014), menciona que los resultados que obtuvo en la variable número de hojas con los promedios más altos fue para los portainjertos Mandarina cleopatra y Limón volkameriano, a diferencia de Citrange carrizo con rango medio y Limón Rugoso con el resultado más bajo.

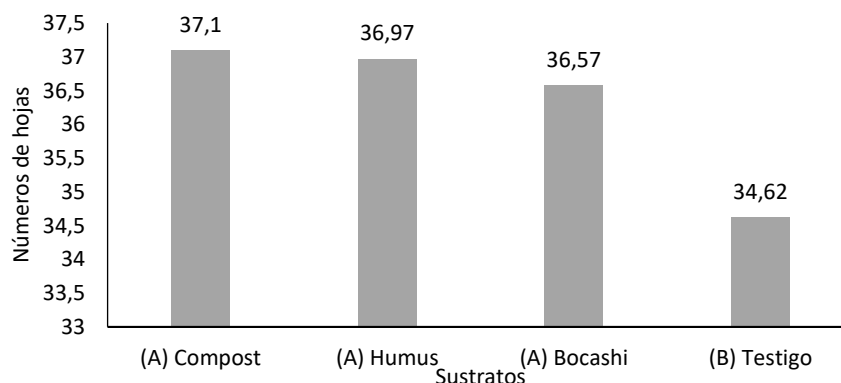


Figura 7. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para número de hojas a los 135 días, según sustrato

Mediante el análisis de comparación de medias de Duncan (Figura 7) a una probabilidad de 0,05% con respecto al número de hojas por planta, los sustratos con mayores promedios correspondieron a Compost con 37,1 (hojas/planta), Humus con 36,97 (hojas/planta) y Bocashi 35,57 (hojas/planta) que no son diferentes estadísticamente, mientras que el testigo con 34,62 fue el que obtuvo el promedio más bajo. De acuerdo con Pérez (2022), menciona que los sustratos que presentaron mayor cantidad de hojas fueron los que emplearon sustratos de gallinaza con 46 hojas, Humus con 37,39 hojas y Bocashi con 34,47 hojas, debido a que gallinaza presenta más materia orgánica que a los demás sustratos, se obtuvieron resultados semejantes en la investigación.

CONCLUSIONES

Con relación al comportamiento de las variables evaluadas: altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas se concluye que todos los sustratos aplicados fueron buenos en comparación al testigo.

Para el factor Tipo de portainjerto, si se tuvieron diferencias significativas, debido a las características propias de cada portainjerto, dónde los mayores promedios de altura fueron para Limón volkameriano, Limón Rugoso y Mandarina cleopatra. El mayor promedio de diámetro de tallo se obtuvo con Limón volkameriano, Limón rugoso y Citrange carrizo. Respecto al mayor promedio de número de hojas se obtuvo con Mandarina cleopatra, Citrange carrizo, Limón volkameriano. Así mismo se concluye que el portainjerto Limón volkameriano obtuvo los promedios más altos en las tres variables evaluadas seguido de Limón rugoso. Por esta razón, ambos portainjertos tienen un buen comportamiento en vivero en comparación de los demás.

Con relación al menor tiempo para la injertación con las características (de diámetro de tallo mayor a 4 mm a la altura de 15 cm del suelo), se obtuvo a los 90 días después del repique con los portainjertos *Citrange carrizo*, Limón volkameriano y Limón rugoso. Por tanto, los tres portainjertos tardan el mismo tiempo en obtener las características de diámetro para ser injertadas, superando al portainjerto Cleopatra.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, L.M.I. (2008). Materiales orgánicos en la producción de portainjertos de cítricos en vivero. [Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Colegio de postgrados].
Andrade_Luna_MI_MC_Edaforologia_2008.pdf
- Arrieta, R.B.G., Villegas, M. A, Hernández, B. A., Rodríguez, M., Ma. N., Ruiz, P. Lucero, M., & García, V. E. (2010). Estomas y vigor de naranjo 'valencia' injertado en portainjertos tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(3), 257-263.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018773802010000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=e.
- Calvo, G.K.M. (2018). Caracterización morfológica de dieciseis portainjertos de cítricos en vivero, macamango-santa ana-la convención. [Tesis de grado, Universidad nacional agraria de la selva, facultad de agronomía]. Repositorio sunedu.
http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/3679/253T20180221_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, S.L.R. & Tullo, A.C.C. (2019). Guía técnica "Cultivo de Cítricos". González, S.L.R.(Ed).
https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). Mandarina y naranja, principales cultivos cítricos en Bolivia. Recuperado 28 de julio de 2017.
<https://www.ine.gob.bo/index.php/mandarina-y-naranja-principales-cultivos-citricos-en-bolivia/>.
- Maldonado, P.M.A. (2010). Desarrollo de plántulas de Portainjertos cítricos, en tubetes con diferentes sustratos y soluciones nutritivas. [Maestría en ciencias, Colegio de Postgraduados].
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/253/Maldonado_Peralta_MA_MC_Edaforologia_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medrano, A.H.F. (2014). Evaluación de cinco portainjertos en la multiplicación de dos especies en cítricos naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) en condiciones de vivero en la Estacion Experimental de Sapecho – La Paz. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Umsa.
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5371>.

- Oliveira, R.P., Soares, W.F., Passos, O.S., Scivittaro, W.B. & Gomes da Rocha, P.S. (2008). Porta-enxertos para citros (1ª ed.). Castro, O. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744475/1/documento226.pdf>
- Pérez, C.L.D. (2022). Efecto de tres abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de citrus *jambhiri lush* (limón rugoso) fase de vivero, tingo María. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS-Institucional. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_c330c693015529261dd239f3ea9df752/Details
- López, R.J.A, & Cardona, A.J.H. (2007). Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia. Ospina, O.H.F., & Marin, M.S.(Ed). <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/585/1/030.pdf>
- Veliz, W. A. (2015). Evaluación agronómica en fase de vivero de cuatro especies de porta injerto en cítricos (*Citrus* sp.) en la Estación Experimental de Sapecho la paz. Sapecho. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Umsa. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/6764&ved=2ahUKewinuP-AhKCFaxX4LrkGHTU0AMgQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1FE5Uim28bxZcLvdwrRi-p>
- Ticona, J., Manzaneda, F., Cortes, H., Chungara, V., Oviedo, E. & Albarracin, W. (2017). Investigación y formación, "Pilares del Desarrollo Productivo Sostenible. La Paz -Bolivia.