UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

EFECTO DE GUANO DE ISLAS Y HUMUS DE LOMBRIZ EN LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE YACA (*Artocarpus heterophyllus*) EN FASE DE VIVERO EN CARANAVI – LA PAZ

Por:

Josue Condori Cruz

EL ALTO – BOLIVIA

Mayo, 2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFECTO DE GUANO DE ISLAS Y HUMUS DE LOMBRIZ EN LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE YACA (*Artocarpus heterophyllus*) EN FASE DE VIVERO EN CARANAVI – LA PAZ

Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

Josue Condori Cruz

Asesores:

Lic. Ing. Jorge Washington Guzman Calla ……

Lic. Ing. Angel Mayta Aguilar ……

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga Medina ……

Lic. Ing. Freddy Ayala Huacara ……

Lic. Ing. Irineo Villalobos Apaza ……

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador ……

DEDICATORIA:

A Dios por brindarme la vida, salud, bienestar físico y espiritual, la sabiduría para conseguir mis objetivos y concluir este trabajo.

A mis queridos padres Eliseo Marciano Condori Huanca y Alicia Cruz Yujra, quienes me apoyan para poder llegar hasta esta instancia de mis estudios, por su amor esfuerzo y apoyo incondicional durante mi formación tanto personal como profesional. Sobre todo, fueron y son la inspiración a seguir adelante y lograr mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones y oportunidades que me brindo, por su gran amor, misericordia, por darme la fuerza para continuar y concluir con mi carrera profesional.

A mis padres Eliseo Marciano Condori Huanca y Alicia Cruz Yujra por brindarme su amor incondicional, apoyarme y animarme durante todos estos años de estudio a no rendirme, A mis hermanos Daniel, Joel y Mariana por apoyarme en todo momento.

A la Universidad Pública de El Alto, la casa de estudios que me brindó la oportunidad de estudiar una carrera profesional como Ingeniería Agronómica que me formo profesionalmente para poder contribuir con los conocimientos adquiridos en el desarrollo a mi patria Bolivia.

A mi asesor de Tesis de Grado Lic. Ing. Jorge Washington Guzman Calla, por su apoyo y el tiempo invertido, por el apoyo constante en la revisión corrección en la elaboración de trabajo de investigación.

A mi asesor de Tesis de Grado Lic. Ing. Angel Mayta Aguilar por haberme motivado a realizar mi trabajo de investigación y orientación con sus conocimientos para poder concluir el presente trabajo.

A mis tribunales, M. Sc. Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga, Lic. Ing. Freddy Ayala Huacara, Lic. Ing. Irineo Villalobos Apaza, por sus aportes y observaciones constructivas que me colaboraron para culminar el trabajo de investigación.

A mis compañeros y compañeras de estudio de la carrera Ingeniería Agronómica sede San Pablo – Caranavi de la Universidad Pública de el Alto por las experiencias compartidas en la formación profesional. A José y Ramiro por su amistad que siempre me brindaron.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS i
ÍNDICE DE CUADROS vi
ÍNDICE DE FIGURAS vii
ÍNDICE DE ANEXOS viii
ABREVIATURAS ix
RESUMEN x
ABSTRACT xi

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 2
1.2. Planteamiento del problema 3
1.3. Propósito 4
1.4. Objetivos 4
1.4.1. Objetivo general 4
1.4.2. Objetivos específicos 4
1.5. Hipótesis 5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 6
2.1. Origen de la especie 6
2.2. Taxonomía del cultivo de la yaca 6
2.3. Características botánicas del cultivo 7
2.3.1. Hojas 7
2.3.2. Raíz 7
2.3.3. Tallo 8

2.3.4. Flores 8
2.3.5. Frutos 8
2.3.6. Semilla 8
2.4. Requerimientos edafoclimáticos 9
2.4.1. Suelo 9
2.4.2. Temperatura y humedad 9
2.5. Fenología del cultivo 9
2.6. Manejo agronómico del cultivo 10
2.6.1. Propagación 10
2.6.2. Densidad de plantación 10
2.6.3. Riego 11
2.6.4. Poda 11
2.6.5. Fertilización 11
2.6.6. Plagas y enfermedades 12
2.6.7. Viveros 12
2.7. Humus de lombriz 13
2.7.1. Ventajas del humus de lombriz en la agricultura 13
2.7.2. Guano de islas 15
2.8. Características de guano de islas 15
2.8.1. Características físicas 15
2.8.2. Características químicas 15
2.8.3. Disponibilidad de nutrientes 16
3. MATERIALES Y METODOS 17
3.1. Localización 17
3.1.1. Ubicación geográfica 17

3.2. Características edafoclimáticas 18
3.2.1. Clima 18
3.2.2. Vegetación 18
3.3. Materiales 18
3.3.1. Material genético 18
3.3.2. Tratamiento de la semilla 18
3.3.3. Material de campo 19
3.3.4. De gabinete 19
3.4. Métodos 19
3.4.1. Selección de la planta para semilla 19
3.4.2. Establecimiento de vivero 19
3.4.3. Preparación del sustrato 20
3.4.4. Desinfección del sustrato 20
3.4.5. Embolsado del sustrato 20
3.4.6. Siembra de semillas de Yaca 20
3.4.7. Distribución de tratamientos 20
3.4.8. Manejo agronómico 20
3.4.9. Evaluaciones 21
3.5. Modelo aditivo lineal 21
3.5.1. Factores de estudio o tratamientos en estudio 21
3.6. Croquis del experimento 22
3.7. Variables de Respuesta 23
3.7.1. Días a la emergencia 23
3.7.2. Altura de planta (cm) 23
3.7.3. Diámetro de tallo (cm) 23

3.7.4. Número de hojas por planta 23
3.7.5. Longitud de raíz (cm) 23
3.7.6. Peso fresco total de planta (g) 23
3.7.7. Peso fresco de raíz (g) 24
3.7.8. Peso fresco de tallos (g) 24
3.7.9. Peso fresco de hojas (g) 24
3.7.10. Peso seco total de planta (g) 24
3.7.11. Peso seco de raíz (g) 24
3.7.12. Peso seco de tallos (g) 24
3.7.13. Peso seco de hojas (g) 24
3.7.14. Análisis de costos parciales 25
3.7.14.1. Beneficio Bruto 25
3.7.14.2. Beneficio neto 25
3.7.14.3. Análisis de dominancia 25
3.7.14.4. Tasa de retorno marginal 26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 27
4.1. Comportamiento climático 27
4.1.1. Temperatura 27
4.1.2. Precipitación 27
4.2. Variables de respuesta 28
4.2.1. Días a la emergencia 28
4.2.2. Altura de planta (cm) 29
4.2.3. Diámetro de tallo (cm) 30
4.2.4. Número de hojas 30
4.2.5. Longitud de raíz (cm) 31

4.2.6. Peso fresco total de planta (g) 32
4.2.7. Peso fresco de raíz 32
4.2.8. Peso fresco de tallo (g) 33
4.2.9. Peso fresco de hoja (g) 34
4.2.10. Peso seco total de planta (g) 34
4.2.11. Peso seco de raíz (g) 36
4.2.12. Peso seco de tallos 37
4.2.13. Peso seco de hojas (g) 38
4.2.14. Análisis de crecimiento para altura de planta 39
4.2.15. Análisis de costos parciales 40
4.2.15.1. Análisis de dominancia 41
4.2.15.2. Tasa de retorno Marginal 42
5. CONCLUSIONES 43
6. RECOMENDACIONES 45
7. BIBLIOGRAFÍA 46
8. ANEXO 49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la yaca 6
Cuadro 2. Fenología del cultivo de yaca 9
Cuadro 3. Principales nutrientes del Humus 14
Cuadro 4. Características Físico químicas de Humus de lombriz 14
Cuadro 5. Interacción de factores entre humus de lombriz y guano de islas 22
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a la emergencia 28
Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta 29
Cuadro 8. Análisis de varianza para diámetro de tallo 30
Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas 31
Cuadro 10. Análisis de varianza para longitud de raíz 31
Cuadro 11. Análisis de varianza para peso fresco total de planta 32
Cuadro 12. Análisis de varianza para peso fresco de raíz 33
Cuadro 13. Análisis de varianza para peso fresco de tallo 33
Cuadro 14. Análisis de varianza para peso fresco de hoja 34
Cuadro 15. Análisis de varianza para peso seco de planta 34
Cuadro 16. Análisis de varianza para efectos simples de A en C 35
Cuadro 17. Análisis de varianza para peso seco de raíz 36
Cuadro 18. Análisis de varianza para peso seco de tallos 37
Cuadro 19. Análisis de varianza para efectos simples de A en C, peso seco de tallo 37
Cuadro 20. Análisis de varianza para peso seco de hojas 39
Cuadro 21. Rendimiento, costos, beneficios brutos y beneficios netos 40
Cuadro 22. Análisis de Dominancia 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características botánicas del árbol de yaca 7

Figura 2. Partes de la semilla de yaca 10

Figura 3. Ubicación del experimento 17

Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas (enero - mayo) 27

Figura 5. Precipitación (enero - mayo) 28

Figura 6. Interacción de los factores para efectos simples (humus de lombriz en guano de islas) 35

Figura 7. Interacción de los factores para efectos simples (humus de lombriz sobre guano de islas) para peso seco de tallo 38

Figura 8. El incremento de la Altura de planta en tiempo por tratamiento 39

Figura 9. Curva de beneficio neto respecto a los costos totales 42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Memoria fotográfica 49

Anexo 2. Planilla de datos..... 54

ABREVIATURAS

ha	Hectárea
cm	Centímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
t	Tonelada
km	Kilometro
mm	Milímetro
°C	Grados centígrados
µs	Micro siemens
kg	Kilogramo
mg	Miligramo

RESUMEN

En Bolivia el cultivo de yaca no es relevante en el mercado debido a que se tiene una carencia de información de los beneficios que puede ofrecer su consumo en la alimentación y la salud de la población. En la región de los yungas no se cuenta con viveros que multipliquen plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus)* por lo cual se desconoce su producción. El objetivo es evaluar el comportamiento productivo de yaca en fase de vivero con la aplicación de distintos niveles de guano de islas y humus de lombriz para optimizar la producción de plantines. El diseño empleado fue de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo bifactorial, los tratamientos aplicados en esta investigación fueron con la adición de guano de islas a razón de 0, 1, 2 kg/m^2 y Humus de lombriz 0, 1, 2 kg/m^2. Los resultados de esta investigación sientan un precedente para continuar con la diversificación de frutas exóticas no tradicionales en el país. La aplicación de guano de islas como un abono orgánico para mejorar y con la finalidad de obtener plantines de yaca de calidad. La evaluación en las diferentes variables de respuesta como: días a la emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta, longitud de raíz, peso fresco total de planta, peso fresco de raíz, peso fresco de tallos, peso fresco de hojas, peso seco de planta, peso seco de raíz, peso seco de tallos y peso seco de hojas no hubo diferencias significativas estadísticamente, aunque se pudo observar una leve diferencia visual de los tratamientos. Sin embargo, se presentó una interacción de factores en las variables de peso seco de planta y peso seco de tallo. La interacción de los factores guano de islas-humus de lombriz, solamente se presentó en dos variables de respuesta que son: peso seco de planta y peso seco de tallos con un (p-valor = 0,0499) y (p-valor = 0,0247) respectivamente, las interacciones se dieron cuando se aplica 0 kg de guano de islas /m^2 y 1kg de humus /m^2 también cuando la relación es de 1kg guano de islas /m^2 y 2kg de humus /m^2 estas dos variables respondieron de diferente manera a la combinación de los factores siendo una de las medidas más importantes a evaluar la biomasa seca del plantin. En las evaluaciones de costos parciales el tratamiento con la mejor tasa de retorno marginal fue el T2 (0kg de guano de islas /m^2 y 1kg de humus de lombriz /m^2) con 1,2% de retorno.

ABSTRACT

In Bolivia, the jackfruit crop is not relevant in the market because there is a lack of information on the benefits that its consumption can offer in the diet and health of the population. In the Yungas region there are no nurseries that multiply jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seedlings, so its production is unknown. The objective is to evaluate the productive behavior of jackfruit in the nursery phase with the application of different levels of island guano and worm humus to optimize seedling production. The design used was a complete randomized block design (DBCA) with a two-factor arrangement. The treatments applied in this research were with the addition of island guano at a rate of 0, 1, 2 kg/m2 and worm humus at 0, 1, 2. kg/m2. The results of this research set a precedent to continue the diversification of non-traditional exotic fruits in the country. The application of Island guano as an organic fertilizer to improve and with the purpose of obtaining quality jackfruit seedlings. The evaluation in the different response variables such as: days to emergence, plant height, stem diameter, number of leaves per plant, root length, total plant fresh weight, root fresh weight, stem fresh weight, weight leaf freshness, plant dry weight, root dry weight, stem dry weight and leaf dry weight there were no statistically significant differences, although a slight visual difference among the treatments could be observed. However, an interaction of factors occurred in the variables of plant dry weight and stem dry weight. The interaction of island guano-worm humus factors only occurred in two response variables, which are: plant dry weight and stem dry weight with a (p-value = 0.0499) and (p-value = 0.0247) respectively, the interactions occurred when 0 kg of island guano/m2 and 1kg of humus/m2 were applied, also when the relationship was 1kg of island guano/m2 and 2kg of humus/m2, these two variables responded in the same way. different way to the combination of factors, being one of the most important measures to evaluate the dry biomass of the seedling. In the partial cost evaluations, the treatment with the best marginal rate of return was T2 (0kg of island guano /m2 and 1kg of worm castings /m2) with 1.2% return.

1. INTRODUCCIÓN

La yaca (*Artocarpus heterophyllus*), es una especie originaria de la India, pero es cultivada en muchos lugares, incluyendo América con una extensión considerable de cultivo en Brasil. La característica distintiva de esta planta es el enorme fruto que cuelga de sus troncos, el cual posee diversos beneficios y propiedades (Herrera 2015).

Las frutas son de suma importancia para la salud humana, son ricas en vitaminas, minerales y antioxidantes, desde tiempos antiguos y en todas las culturas del mundo, las plantas y sus frutos además de ser utilizadas como alimento, se les ha atribuido propiedades medicinales. Algunos científicos consideran que la Yaca (*Artocarpus heterophyllus),* podría ser una de las soluciones para acabar con el hambre en algunos países, ya que puede reemplazar al trigo y al maíz, que están amenazados por el cambio climático (RT 2018).

El cultivo de Yaca (*Artocarpus heterophyllus),* según los estudios publicados, tiene un gran potencial de aprovechamiento en comparación de las demás especies, empezando por la pulpa; que es consumida como fruta, el bulbo; que puede ser consumido frito, también se puede fermentar para destilar un potente licor, las semillas; que pueden consumirse hervidas asadas cocidas o tostadas, la madera; que se puede usar en la fabricación de muebles e instrumentos, el látex caliente se puede usar para la reparación de porcelana y loza, se puede aprovechar hasta la viruta de la madera para teñir telas.

Se ha observado el cultivo de yaca en diferentes regiones de Bolivia; sobre todo en el norte del departamento de La Paz. Sin embargo, se tiene carencia de documentación que avale dicha producción, por lo mismo se tiene un desconocimiento de su potencial de producción, que merece ser tomada en cuenta en los programas de investigación. Por lo tanto, es necesario implementar y fomentar su cultivo en nuestro país, como una alternativa dentro los cultivos no tradicionales.

En el presente trabajo de investigación se realizó la aplicación de abonos orgánicos proponiendo una mejora en el manejo del cultivo desde la etapa de vivero. La importancia de contar con plantines fuertes y saludables de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) para una producción exitosa radica en varios aspectos clave. Estos plantines proporcionan una base sólida para el desarrollo de la planta, lo que se traduce en beneficios significativos, como un crecimiento vigoroso, mayor resistencia a enfermedades y plagas, un rendimiento más alto, adaptación eficiente al entorno y frutas de mejor calidad.

1.1. Antecedentes

El cultivo de yaca (*Artocarpus heterophyllus),* en Bolivia no ha sido motivo de investigación, por lo tanto, la información sobre el cultivo prácticamente es inexistente en el país, aun en el ámbito internacional se encuentran limitadas referencias, la producción de plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en vivero es de suma importancia en el contexto de la agricultura y la seguridad alimenta. La producción de plantines de yaca en vivero permite la obtención de árboles sanos y vigorosos. Esto contribuye a la conservación de la diversidad genética de la yaca y a la disponibilidad de frutos de calidad en todo momento (Cervantes 2018).

La producción de plantines en vivero facilita la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, los viveros pueden implementar técnicas de cultivo que reduzcan la propagación de enfermedades y plagas, así como promover la utilización de variedades resistentes a condiciones adversas. Al proporcionar a los agricultores plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) de alta calidad, se fomenta la expansión de la producción de esta fruta, lo que contribuye a la seguridad alimentaria y a la diversificación de cultivos en muchas regiones tropicales. En resumen, la producción de plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en vivero desempeña un papel fundamental en el fortalecimiento de la agricultura sostenible y en la promoción de una dieta saludable y variada (Crane y Balerdi 2006).

El guano de islas desempeña un papel crucial en la producción de plantines en vivero al proporcionar una fuente de nutrientes orgánicos rica y equilibrada. Contiene una alta concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y otros oligoelementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Esta riqueza nutricional no solo estimula un crecimiento vigoroso y saludable de los plantines, sino que también mejora la resistencia a enfermedades y condiciones adversas. Además, el guano contribuye a mejorar la estructura y fertilidad del suelo, lo que a largo plazo beneficia la calidad de los plantines y promueve prácticas agrícolas sostenibles al reducir la necesidad de fertilizantes químicos.

El uso de guano de islas en plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en vivero puede tener un efecto altamente beneficioso en el crecimiento y desarrollo de estos árboles frutales. El guano, rico en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como en oligoelementos, actúa como un fertilizante natural de alto valor. Su aplicación proporciona a los plantines los nutrientes necesarios para un crecimiento vigoroso, una mejor ramificación y

una mayor resistencia a enfermedades y estrés ambiental. Además, el guano de islas, al ser una fuente orgánica de nutrientes, contribuye a mejorar la estructura y la fertilidad del suelo, promoviendo un entorno propicio para el desarrollo saludable de los plantines. En consecuencia, el uso de guano de islas en viveros de yaca no solo favorece la calidad de los plantines, sino que también respalda prácticas de agricultura sostenible al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y promover la conservación de ecosistemas marinos.

Rojas (2017), encontró que la aplicación de guano de islas fue el tratamiento que mejores resultados obtuvo para plantas de café var. Caturra en vivero, esta investigación fue realizada para optimizar la producción de plantines de calidad. Por otro lado (Jaulis *et al*. 2020) en investigaciones realizadas en plantines de café en la fase de vivero, con diferentes tratamientos, entre abonos líquidos y diferentes tipos de compost y guano de islas, en las que reporta que el Guano de islas tuvo una respuesta menor en comparación de los abonos líquidos y que se atribuye que el Nitrógeno contenido en el guano de islas se pierde más fácilmente por la volatilización o lixiviación.

La aplicación de Humus de Lombriz como abono orgánico ha sido bastante estudiada en diferentes cultivos, sin embargo, no se aplicó en plantines de yaca (*Artocarpus heterophyllus)* de esa manera no se tiene antecedentes específicos. Investigaciones referentes a la aplicación de humus de lombriz en sustrato para plantines de café reportados por (Zotelo y Tellez 2014), muestran que la mayor longitud de raíces se obtuvieron con la aplicación de humus al 75 % en el sustrato sin embargo para la altura de planta, la mayor longitud de obtuvo con el sustrato de compost más suelo.

1.2. Planteamiento del problema

La producción de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en vivero se enfrenta a un desafío importante debido a la escasez de abonos orgánicos, como el guano de islas y el humus de lombriz. Estos abonos orgánicos son valiosos por su capacidad para enriquecer el suelo con nutrientes esenciales, mejorar la estructura del suelo y fomentar la actividad microbiana beneficiosa. Sin embargo, la disponibilidad limitada de estos recursos naturales puede dificultar la producción sostenible de plantines de yaca en vivero.

La falta de acceso a abonos orgánicos de calidad puede dar como resultado plantines de menor calidad, con un crecimiento menos vigoroso y un mayor riesgo de enfermedades y

plagas. Además, la dependencia de fertilizantes químicos en lugar de abonos orgánicos puede tener un impacto negativo en la salud del suelo y el medio ambiente a largo plazo. Esto resalta la importancia de buscar soluciones alternativas para abastecer a los viveros de abonos orgánicos como el guano de islas y el humus de lombriz, promoviendo prácticas de cultivo más sostenibles y contribuyendo al éxito de la producción de yaca en vivero.

1.3. Propósito

En la actualidad la producción frutícola va incursionando a nuevos cultivares en su mayoría frutas exóticas con alto valor comercial y que además brindan mejores beneficios nutricionales que los cultivos tradicionales. De a poco se van abriendo campos de producción de diferentes cultivares como la Guanábana, Pitahaya, Caqui y Yaca para ofrecer a la población.

El propósito del presente trabajo de investigación es generar conocimiento en la producción de plantines de la fruta denominada yaca (*Artocarpus heterophyllus)* y evaluar el efecto de tres niveles de guano de islas y humus de lombriz en Caranavi, esta información servirá para que los productores puedan ofertar plantines de esta especie y los agricultores puedan iniciar la producción de yaca (*Artocarpus heterophyllus)* y diversificar la oferta de especies frutales exóticas. Por tanto, los objetivos del presente trabajo de investigación serán los siguientes:

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento productivo de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en la fase de vivero con tres niveles de guano de islas y humus de lombriz en el municipio de Caranavi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres niveles de guano de islas en las variables productivas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en fase de vivero.
- Comparar el efecto de tres niveles de humus de lombriz en las variables productivas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en fase de vivero.
- Analizar la interacción entre niveles de guano de islas y humus de lombriz en las variables productivas de yaca (*Artocarpus heterophyllus*) en vivero.

- Comparar los costos parciales de los tratamientos.

1.5. Hipótesis

Los diferentes niveles de abono orgánico guano de islas y humus de lombriz no tienen influencia en las variables productivas de plantines de Yaca en la fase de vivero en el Municipio de Caranavi.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de la especie

El nombre de yaca (*Artocarpus heterophyllus),* fue resultado del término malasio tsjaka o chakka. Existen muchas especies de yaca distribuidas principalmente en países orientales, donde se pueden encontrar de manera silvestre, siendo *Artocarpus heterophyllus,* una de las de mayor importancia (Cervantes 2018). La yaca es una fruta tropical originario del sureste de la India, aunque se encuentra distribuido también en Australia, Isla Mauricio, Kenia, Uganda, Brasil, Jamaica, Las Bahamas, Estados Unidos y México (Crane y Balerdi 2006).

Actualmente su cultivo se extendió hacia diferentes regiones de Centro y Sudamérica, En Guatemala y México (Clarín 2020). Se desarrolla mejor en climas cálidos. La fruta de este árbol es considerada como la más grande del mundo, posee un olor fuerte y un sabor agradable al paladar parecido al mango, cuyos frutos varían en peso, de 1,6 a 25 kg, aunque se han reportado frutos que alcanzan 50 kg, los árboles sin manejo de poda pueden crecer en cinco años de 8 a 25 m de altura y de 3,5 a 6,7 m de diámetro de copa (Arbolesfrutales 2016).

2.2. Taxonomía del cultivo de la yaca

La yaca es conocida por sus grandes frutos, que pueden alcanzar tamaños significativos, conocida científicamente como *Artocarpus heterophyllus*, es una fruta tropical perteneciente a la familia Moraceae, es nativa de regiones tropicales del sudeste asiático. *Artocarpus heterophyllus* fue descrita por Jean-Baptiste Lamarck y publicado en *Encyclopédie Méthodique, Botanique* que se presenta en la siguiente tabla.

Cuadro 1. Taxonomía de la yaca

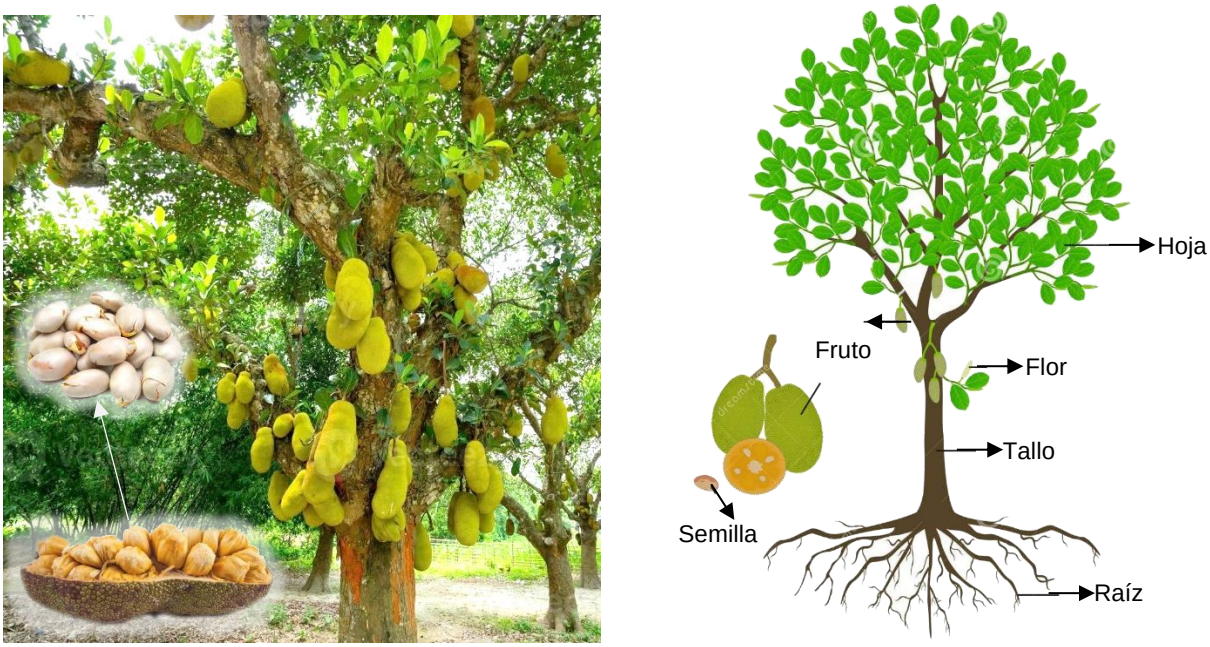
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Moraceae
Tribu	Artocarpeae
Genero	*Artocarpus*
Especie	*Artocarpus heterophyllus*

Fuente: (Crane y Balerdi 2006)

2.3. Características botánicas del cultivo

Crane y Balerdi (2006), es un árbol grande, majestuoso de hojas perennes, alcanza una altura de 9 a 12 m y es una fruta tropical perteneciente a la familia de las Moraceae. En Bolivia se los puede observar en algunas regiones del país alcanzando alturas de 8 a 10 metros, árboles frondosos de consistencia gruesa.

Figura 1. Características botánicas del árbol de yaca



Fuente: (Cervantes 2018)

2.3.1. Hojas

Las hojas son largas, pecioladas, su forma es ovalada en las ramas adultas y lobuladas en las jóvenes. Se disponen alternadamente, la base es obtusa, su color es verde oscuro brillante y su superficie es correosa y vistosa. Todas las partes contienen un látex blanco pegajoso (Crane y Balerdi 2006).

2.3.2. Raíz

La raíz es pivotante, ramificada, tiene un sistema radicular fibroso y superficial. Muchas de las especies tropicales y subtropicales carecer de pelos radiculares, de tal manera que las raíces

son menos eficientes para la obtención de agua y sus nutrientes durante el desarrollo de la planta (Cervantes 2018).

2.3.3. Tallo

El tronco de este árbol es grueso, cilíndrico y de color marrón grisáceo, las ramas son de color verde, cilíndricas con pelos diseminados colocados irregularmente, curvados cuando son jóvenes, tienen numerosas lenticelas, cicatrices anulares, florece y da frutos todo el año. (Crane y Balerdi 2006).

2.3.4. Flores

El árbol es monoico y posee flores cortas que brotan de ramitas gruesas que emergen del tronco y las ramas mayores. Las flores masculinas son pequeñas y están sostenidas por un pedicelo delgado, mientras que las femeninas son mayores y poseen un pedicelo más grueso (Crane y Balerdi 2006).

2.3.5. Frutos

Los frutos son compuestos y la mayoría son de un tamaño grande, llegando a pesar de 4,5 a 27,3 kg. Unas pocas variedades producen frutos pequeños que pesan de 1,4 a 4,5 kg. La cáscara del fruto es extremadamente rugosa y gruesa. El color de la cáscara es verde en el fruto inmaduro y se torna verde amarillento cuando madura. La parte comestible rodea a cada semilla y está compuesta por una pulpa dulce, aromática, crujiente y suave. Las semillas y la pulpa comestible que las rodea están separadas por pulpa no comestible. El color de la pulpa comestible varía de ámbar a amarillo, amarillo oscuro o naranja. Las semillas son ovales de 2 a 3 cm de longitud y son muy numerosas de 30 a 500 semillas por fruto. El período entre la floración y la maduración de los frutos varía entre 150 y 180 días (Crane y Balerdi 2006).

2.3.6. Semilla

La semilla es de 2 a 4 cm de largo y 1,25 a 2 cm de espesor y es de color blanco y nítido en su interior. Puede haber 100 o hasta 500 semillas en una sola fruta. Son recalcitrantes y se pueden almacenar hasta un mes en condiciones frescas y húmedas y está compuesta de nuez comestible (80%), cáscara leñosa (20%) y cutícula apergaminada (Cervantes 2018).

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

2.4.1. Suelo

El árbol de yaca, necesita un suelo bien drenado pero húmedo, con un pH de 4,3 a 8,0 y con una fertilidad media del suelo. El tamaño de la yaca va a depender mucho del tipo de suelo que se use para su cultivo, mientras más fino es el suelo mayor será la calidad de la planta de yaca (Cervantes 2018).

2.4.2. Temperatura y humedad

El cultivo de yaca se desarrolla bien además de un clima tropical, no soporta climas muy fríos, La mejor adaptación del cultivo de la yaca se da en clima tropical en regiones en que las temperaturas son cálidas la mayor parte del año. El fruto crece desde el nivel del mar hasta los 1524 msnm, siendo el intervalo ideal de 152 a 213 msnm en donde la calidad del fruto maduro es la mejor (Crane y Balerdi 2006).

2.5. Fenología del cultivo

Kishore (2018), menciona que la yaca (*Artocarpus heterophyllus),* es una especie que crece rápidamente teniendo sus variaciones dependiendo del nivel del mar en el que se cultive, su floración y el origen de sus primeros frutos se prolonga entre 6 y 10 años y si es cultivado por el método de injertos aproximadamente a los 3 o 6 años. En las etapas de crecimiento fenológico, se consideran una serie de etapas de desarrollo las cuales se dan anualmente.

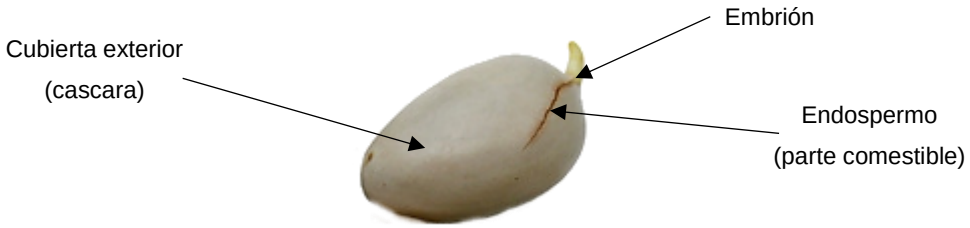
Cuadro 2. Fenología del cultivo de yaca

1.Germinación y emergencia	2. Crecimiento vegetativo	3. Floración	4. Desarrollo de la fruta	5. Maduración de la fruta

Fuente: (Kishore 2018)

Las inflorescencias pueden tener alrededor de 5000 flores masculinas y femeninas; los estigmas presentan su mayor receptibilidad en un periodo de 15 a 28 días posteriores a la emergencia; cada planta puede emitir de 8 a 103 inflorescencias femeninas al año y el proceso de maduración de los frutos tarda de 81 a 137 días desde antesis (Luna-Esquivel 2013)

Figura 2. Partes de la semilla de yaca



Fuente: (Cervantes 2018)

2.6. Manejo agronómico del cultivo

2.6.1. Propagación

La propagación la yaca (*Artocarpus heterophyllus)* puede ser de dos formas sexual es decir por medio de la semilla y asexual por medio de injertos. Las semillas deben ser sembradas inmediatamente después de ser sacadas de la fruta ya que esta no tiene un periodo latente, por lo que, si se requiere ser trasladada, deben empacarse en un medio húmedo para su conservación (Cervantes 2018).

La yaca cuando se propaga a través de semillas, se da una amplia variación entre sus progenies, por lo que se recomienda la propagación vegetativa. Para la propagación vegetativa se utiliza el método de injerto de hendidura en plántulas de dos meses de edad con vástagos de 3 a 4 meses. Para la obtención de porta injertos la semilla debe sembrarse inmediatamente después de la extracción.

2.6.2. Densidad de plantación

El método de plantación utilizado varía según la variedad y puede ser de 12 a 14 metros entre árboles, lo que nos da un aproximado de 49 a 60 árboles en una ha, si se va a realizar la plantación en suelos muy compactos es necesario hacer labores de subsuelo profundo e

incorporar materia orgánica para facilitar el desarrollo radicular de los árboles de yaca (Cervantes 2018).

Devi *et al*. (2014), menciona que la yaca puede plantarse a una distancia de 6 a 8 metros entre árboles, haciendo el pozo de plantación de 1 metro cúbico y rellenarlo con tierra mezclado con fertilizante. El árbol de yaca ya injertado se planta en los centros de los pozos en los meses de junio a septiembre.

2.6.3. Riego

La yaca se cultiva en condiciones de altas temperaturas, es muy sensible a la sequía. Por lo tanto, el riego debe administrarse según el tipo de suelo, la estación, etc. de modo que no haya estrés por humedad, especialmente durante la floración y fructificación. Del mismo modo, demasiada humedad del suelo afectará la calidad de la fruta. Los carpelos desarrollarán un sabor insípido cuando haya exceso de humedad en el suelo (Devi *et al*. 2014).

2.6.4. Poda

Los árboles de yaca en desarrollo se podan en un solo tallo, quitando las ramas laterales bajas con el fin de que se desarrolle un tronco liso uniforme a una altura de 1,5 a 2 m posteriormente se permite que surjan las ramas laterales. Los botones florales aparecen en el tronco, que deben mantenerse libres de crecimiento vegetativo buscando el óptimo crecimiento de los frutos (Devi *et al*. 2014).

2.6.5. Fertilización

Crane y Balerdi (2006), mencionan algunas recomendaciones básicas antes de realizar alguna aplicación de fertilizantes:

- El suelo debe ser bien drenado con la finalidad de que las raíces se desarrollen de manera óptima y reciban la oxigenación adecuada, además de que facilita el no estancamiento del agua y se deben incorporar al suelo materia orgánica suficiente, tales como material vegetal que faciliten la asimilación de nutrientes por parte de la planta.
- El pH debe estar en un rango de 5,5 a 7,0 ideal para que los nutrientes minerales estén disponibles para la planta.

- Los nutrientes deben estar asimilables para la planta en los primeros 30 a 50 cm del suelo, esto debido a que la gran mayoría de los árboles tropicales tiene su sistema radicular superficial.

2.6.6. Plagas y enfermedades

Se han reportado algunas plagas que atacan a la yaca, tales como insectos barrenadores que se alimentan de troncos y ramas dañadas o muertas, (*Elaphidion mucronatum*, *Nyssodrysina haldemani*, *Leptostylopsis terraecolor*), así como escamas (*Pinnaspis strachani*, *Aspidiotus destructor*, *Protopulvinaria mangiferae*, *Protopulvinaria pyriformis*) y cochinillas que atacan hojas y frutos. En relación con las enfermedades, las flores masculinas y femeninas son susceptibles al ataque de *Rhizopus artocarpi* y *Botrytis cinérea*. Se presenta también pudrición de raíces provocada por *Pythium splendens*, *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, y *Rhizoctonia* sp. sobre todo en condiciones de inundación. Las hojas pueden ser atacadas por *Gloeosporium* sp, y *Phyllosticta artocarpi* (Crane y Balerdi 2006).

El fruto de yaca también es afectado por diversos patógenos en la etapa de postcosecha entre los que se encuentra el hongo *Rhizopus stolonifer,* agente causal de la pudrición blanda. Esta situación lleva a buscar alternativas seguras entre las que se encuentra el quitosano, con características fungicidas y control de la maduración. (Coronado-Partida *et al*. 2021). En 2017 se observó deformación de hojas, decoloración del haz y presencia de telaraña en el envés causado por un ácaro desconocido. (Hernández *et al*. 2019).

2.6.7. Viveros

Se llama vivero a un terreno donde se realiza la multiplicación y a la cría de plantines hasta el momento en que están suficientemente fuertes para ser trasplantadas en el campo definitivo (Rodríguez 1998). Las plántulas se desarrollan por un periodo de cuatro a seis meses dependiendo de la especie, hasta obtener un adecuado desarrollo que le permita un buen enraizado en el campo definitivo.

La reproducción de yaca en un vivero se puede realizar mediante semillas o esquejes. Las semillas deben extraerse de frutas maduras, realizar un tratamiento a las semillas y plantarse en un sustrato bien drenado. Es importante mantener un cuidado adecuado del agua y proporcionar luz indirecta.

2.7. Humus de lombriz

Según Brooks (2004) citado por (Sotelo y Téllez 2007), el humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico producido por la lombriz de tierra mediante la digestión de sustancias orgánicas en descomposición. Posee óptima actividad fitohormonal que en condiciones favorables coadyuva a obtener indicadores productivos elevados y eficientes.

El abono orgánico humus de lombriz es un estiércol biodinámico, tiene un mayor contenido mineral, tiene un mayor número de componentes (enzimas, hormonas, vitaminas, población microbiana); nutritivamente es más rico que el humus del suelo. Su estructura granular, composición química y microbiológica, lo convierte en un fertilizante orgánico de alto poder nutritivo (Von Boeck 2000).

2.7.1. Ventajas del humus de lombriz en la agricultura

Según Ferruzi (1987), citado por (Von Boeck 2000), la acción del humus de lombriz hace posible que los suelos que lo contienen presenten una mejor estructura, dando origen a estructuras granulares, contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. que permiten:

- Mejorar el desarrollo radical
- Mejorar el intercambio gaseoso
- Activar los microorganismos
- Emplear en cualquier dosis, sin dañar a la planta más delicada, ya que presenta un pH neutro
- Dotar de micro elementos en proporciones diversas
- Suministrar enzimas, las que continúan desintegrando la materia orgánica, aun después de haber sido expulsada del tracto digestivo de la lombriz.

PRODES (2002), citado por (Medina y Quezada, 2004) menciona, que cuando se utiliza el humus de lombriz en el suelo, se aportan colonias microbiales que participan en la transformación de todos los nutrientes minerales necesarios para la nutrición de la planta. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando las funciones vitales de la planta en su desarrollo vegetativo.

Cuadro 3. Principales nutrientes del Humus

Nitrógeno orgánico (N)	2,31%
Fosforo orgánico (P)	1,46%
Potasio orgánico (K)	2,37%
Calcio (Ca)	9,70%
Magnesio (Mg)	1,42 %
Azufre (S)	0,81%
Sodio (Na)	0,45%
Hierro (Fe)	8,80 %
Zinc (Zn)	0,38%
Cobre (Cu)	0,06%
Materia orgánica	40,90%

Fuente: (Lombec 2019)

Estudios realizados sobre las características físico químicas de humus de lombriz obtenidos de biosolidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales. Es rico en nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros micronutrientes. (Chávez *et al*. 2017) dieron los siguientes resultados:

Cuadro 4. Características Físico químicas de Humus de lombriz

pH	6,80
Contenido de humedad (%)	69,30
Densidad (g/cm^3)	1,20
Relación carbono: Nitrógeno (C/N) (%)	18,40
Contenido de cenizas (%)	68,85
Contenido de carbono oxidable (%)	14,35
Nitrógeno total (%)	4,90
Fosforo total (%)	2,70
Potasio total (%)	1,40

Fuente: (Chávez *et al.* 2017).

Fernández *et al*. (2005), resalta la positiva respuesta de las plántulas de café en fase de vivero a la combinación del inoculo respecto a la cantidad de humus de lombriz agregada, a mayor fertilidad la inoculación tuvo su mayor efecto positivo logrando plantines vigorosos, sin

embargo, a mayor relación humus de lombriz y suelo, las plántulas del cafeto no tuvieron un buen desarrollo, el autor atribuye que a mayor fertilidad la actividad de las micorrizas bajaría. La aplicación de humus en la agricultura está bastante difundida por su alto valor como abono orgánico, y las investigaciones en distintos cultivares corroboran los resultados positivos.

Encalada (2018), en una evaluación de sustratos en plantines de café, obtuvieron los mejores resultados en crecimiento en los tratamientos T5 (bocashi 40 %), T9 (humus de lombriz 25 %) y T13 (fosfoestiercol 20 %), en los cuales se presentaron valores mayores de: altura, pares de hojas, área foliar y materia seca.

2.7.2. Guano de islas

El guano de las islas se origina por acumulación de las deyecciones de las aves guaneras que habitan las islas Peruanas y Chilenas, Entre las aves más representativas están el Guanay, Piquero y Pelícano. El guano de islas es un fertilizante natural, completo, no contaminante, biodegradable, mejorador del suelo, soluble en agua, incrementa la actividad microbiana del suelo y aporta nutrientes (Chunhuay, 2017).

2.8. Características de guano de islas

El guano de islas se forma principalmente a partir de las deposiciones de aves marinas, es conocido por su alto contenido de nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros micronutrientes. Esta riqueza nutricional lo convierte en un fertilizante valioso (Chunhuay 2017).

2.8.1. Características físicas

Se presenta en forma de polvo de granulación uniforme, de color gris amarillento verdoso, con olor fuerte a vapores amoniacales, contiene una humedad de 16 a 18 %. Por lo general tiene una textura fina y polvorienta, lo que facilita su aplicación al suelo como abono orgánico (Chunhuay 2017).

2.8.2. Características químicas

Es un abono orgánico natural completo, ideal para el buen crecimiento, desarrollo y producción de cosechas rentables. Por su contenido de macro y micro nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros micronutrientes. Esta riqueza nutricional lo convierte en un

fertilizante valioso, siendo utilizado en la producción orgánica con muy buenos resultados (Chunhuay 2017).

2.8.3. Disponibilidad de nutrientes

Las características nutricionales del guano de islas como nitrógeno total, en promedio el 35 % se encuentra en forma disponible (33 % es amoniacal y 2 % en forma nítrica) y el 65 % se encuentra en forma orgánica. Con respecto al fosforo, el 56 % es soluble en agua (disponible) y el 44 % se encuentra en forma orgánica. El ácido ortofosfórico es soluble en citrato de amonio, funciona en suelos de pH ácido y suelos con alto contenido de materia orgánica. Cuando se aplica el guano de las islas, del contenido total de N y P, en promedio 35 % de Nitrógeno y 56 % de Fósforo están disponibles para la absorción inmediata por las plantas, y la forma orgánica continúa la mineralización, aportando nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

Vásquez (2019), realizo una investigación donde compara el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en plantines de (*cedrella liloi*) en etapa de vivero, en la cual los mejores resultados se dieron con la aplicación de guano de islas, realmente es un producto con muchos beneficios en la agricultura y que ha sido y sigue siendo uno de los abonos orgánicos que da buenos resultados.

El guano de islas ha sido utilizado durante siglos como un valioso fertilizante orgánico debido a su abundancia de nutrientes esenciales. Se ha utilizado como abono para incrementar el rendimiento en una fruta exótica como es el Aguaymanto, obtuvieron resultados positivos al aplicar guano de islas en el cultivo de Aguaymanto (Bernilla y Diaz 2019).

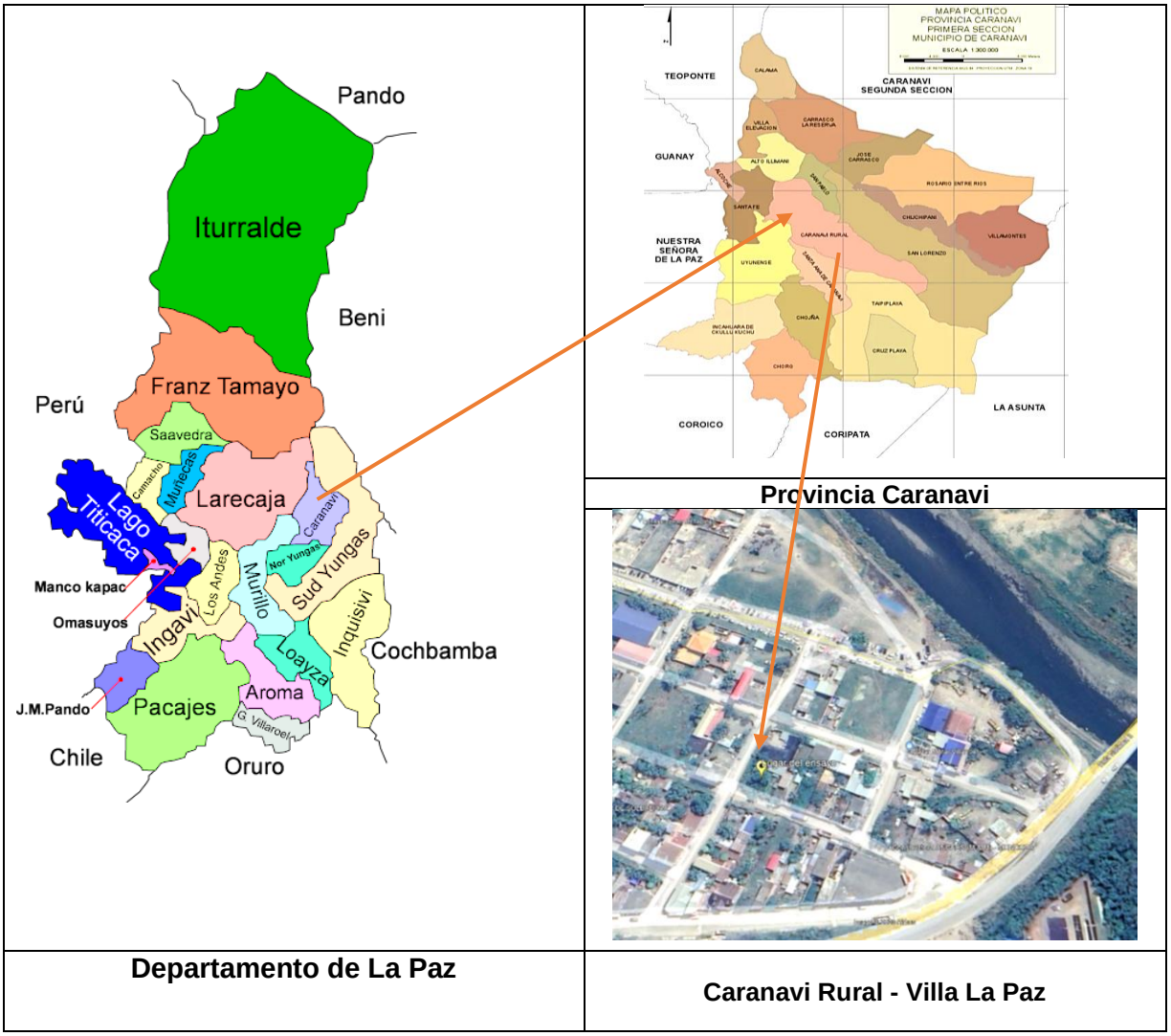
3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizará en Caranavi a 150 km de la ciudad de La Paz, con una temperatura que oscila entre los 20 y 32 °C, geográficamente en el sistema de proyecciones UTM, Zona 19 L, se encuentra en la coordenada Este X= 654917 y en la coordenada Norte Y= 8248082, a una altitud de 610 m.s.n.m. (Elaboración propia con GPS Essentials 2020)

Figura 3. Ubicación del experimento



Fuente (COMLIT 2015)

3.2. Características edafoclimáticas

3.2.1. Clima

El clima en el municipio de Caranavi es predominante cálido, con una temperatura media anual de 25,9 °C siendo los meses más cálidos de septiembre a noviembre, alcanzando una máxima absoluta de 39,5 °C. La temperatura mínima media anual es de 19,6 °C, siendo los meses fríos julio y agosto. Asimismo, las precipitaciones con más intensidad, se registran entre los meses de enero y febrero, la precipitación pluvial varía entre 1700 a 2000 mm/año, pero es posible observar mayor variabilidad en los años lluviosos y la humedad relativa ambiental entre 60 a 70 % (Succeso 2016).

3.2.2. Vegetación

La zona de intervención forma parte del subtrópico perteneciendo a un bosque húmedo, y se caracteriza por presentar áreas montañosas, presentan una topografía variada, con pendientes que varían entre los 15 a 25%, presentan una vegetación exuberante, con zonas montañosas medianas, presencia de bosque alto y barbechos. Las principales especies cultivadas en la región Café (*coffea arabica*), Naranja (*Citrus sinensis*), Mandarina (*Citrus reticulata*), Plátano (*Musa paradisiaca*), Achiote (*Bixa orellana*) y Palta (*Persea americana*) (PNFC 2020).

3.3. Materiales

3.3.1. Material genético

La semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus)* se obtuvo de un árbol de 3 años y de los frutos que alcanzaron su madurez fisiológica en la planta, para asegurar que la semilla haya alcanzado su máximo vigor de germinación. En cuanto a la variedad se desconoce, por lo tanto, las semillas son procedentes de las parcelas del productor Eliseo Condori de la comunidad Villa El Carmen del municipio de Caranavi.

3.3.2. Tratamiento de la semilla

Lavado de las semillas: Se realizó el retiro de los residuos de la pulpa o materiales extraños adheridos a estas, con la inmersión en agua potable.

Secado: Consiste en la desecación natural al sol indirecto.

Selección de semillas: Se sumergió en agua por un tiempo de 24 horas desechando las que flotan.

Desinfección: Un poco antes de efectuar la siembra se desinfecto con un producto fungicida

3.3.3. Material de campo

- Sustrato (50% de tierra agrícola, 25% de gallinaza y 25% tajo de monte)
- Vernier
- Flexómetro
- Bolsas de polietileno (9 cm diámetro x 19 cm altura), con un volumen de 1208,73 cm^3
- Fumigadoras
- Palas
- Regadoras
- Malla semisombra (50%)

3.3.4. De gabinete

- Computadora
- Planillas de registro
- Cámara fotográfica

3.4. Métodos

3.4.1. Selección de la planta para semilla

El árbol de yaca *(Artocarpus heterophyllus)* fue seleccionado tomando en cuenta los años de producción (tercer año de producción) considerando un árbol simétrico con un buen desarrollo en general y el rendimiento. El fruto del cual se obtuvo la semilla, se seleccionó tomando en cuenta el tamaño, forma y madurez fisiológica.

3.4.2. Establecimiento de vivero

Para iniciar con la investigación, lo primero que se hizo fue la adecuación del vivero en una superficie total de 28 m^2, para no tener inconvenientes una vez iniciada la investigación, se utilizó una malla semisombra del 50%. Esto para evitar que ingrese el 100 % de sol y mantener una humedad adecuada para la germinación.

3.4.3. Preparación del sustrato

El sustrato debe garantizar a la semilla la capacidad de retener suficiente agua y porosidad para su buen desarrollo, por esa razón el sustrato se hizo una mezcla de 50 % de tierra del lugar 25 % de tierra vegetal y 25 % cascarilla de arroz.

3.4.4. Desinfección del sustrato

La desinfección del sustrato se realizó con un fungicida a base de Metalaxil y Fludioxonil, que están elaboradas con fines de prevención de enfermedades del suelo que pueden afectar el normal desarrollo de la planta. Con la ayuda de una fumigadora se realizó la desinfección en su totalidad y posteriormente se procedió a cubrir con un plástico de polietileno para asegurar la efectividad del producto, esto por un tiempo de 48 horas. Posterior a eso se retiró el plástico para dejar que el sustrato esté listo para el embolsado.

3.4.5. Embolsado del sustrato

Para esta actividad se utilizó las bolsitas de polietileno de un diámetro de 9 cm x 24 cm de alto, con un volumen 1208,73 cm^3 fabricadas especialmente con fines de multiplicación de plantas en vivero.

3.4.6. Siembra de semillas de Yaca

La siembra se realizó directamente en las bolsas de polietileno previamente realizada el tratamiento a las semillas como también el llenado con el sustrato, la profundidad de siembra fue aproximadamente a 5 cm.

3.4.7. Distribución de tratamientos

La aplicación de tratamientos se realizó en base al diseño experimental que se planteó en la investigación y los niveles de fertilización propuestas con los diferentes abonos organicos. La distribución se dio en 3 bloques.

3.4.8. Manejo agronómico

Esta fue la fase donde se realizó todo el manejo cultural que se necesita, empezando por el riego, deshierbe, fumigaciones cada determinado tiempo. Dependiendo de las necesidades que fueron surgiendo durante la investigación.

3.4.9. Evaluaciones

Esta actividad se realizó durante todo el periodo de la investigación. La toma de datos con el registro en planillas de cada variable de respuesta medida para cada 5 plantas de cada tratamiento cada 10 días, en las fechas respectivas planteadas. Se evaluó los datos con un programa estadístico y se obtuvo los resultados de la investigación mediante el análisis de la varianza (ANVA) y el análisis de interacciones.

3.5. Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal utilizado fue diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo bifactorial. Se ha adoptado como estrategia metodológica para mitigar la variabilidad de sombra en diferentes áreas del vivero, porque la asignación de bloques ayuda a minimizar el impacto de las variabilidades no deseadas, permitiendo una evaluación más precisa de los efectos estudiados y aumentando la validez de la investigación (Hernández 2014).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera.
μ = Media general del experimento.
β_j= Efecto del j-ésimo bloque (variabilidad de sombra en diferentes áreas del vivero).
α_i = Efecto del i-ésimo niveles de guano de islas.
γ_k= Efecto del k-ésimo, niveles de humus de lombriz.
$(\alpha^*\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo niveles de guano de islas con la k-ésima niveles de humus de lombriz.
ε_{ijk} = Error experimental.

3.5.1. Factores de estudio o tratamientos en estudio

En la presente investigación se trabajará con dos factores de estudio y la interacción es la combinación de factores en estudio en sus diferentes niveles de fertilización.

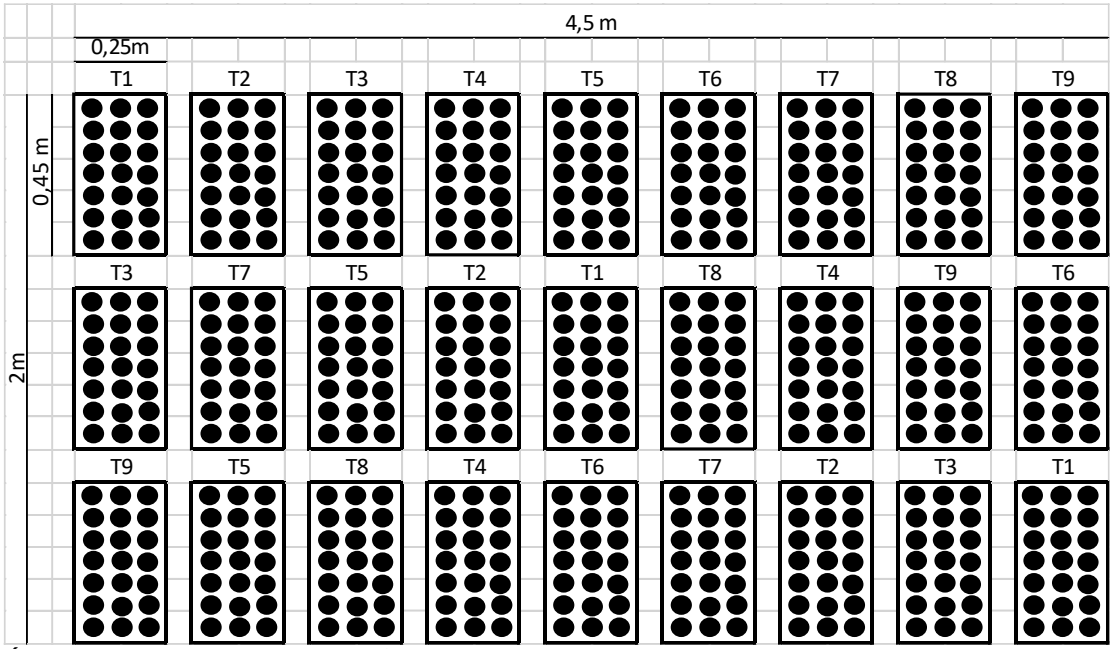
Factor A = Niveles de guano de islas (a_1 = 0 kg*m^{-2}; a_2 = 1 kg*m^{-2}; a_3 = 2 kg*m^{-2})

Factor C = Niveles de Humus de lombriz (c_1 = 0 kg*m^{-2}; c_2 = 1 kg*m^{-2}; c_3 = 2 kg*m^{-2})

Cuadro 5. Interacción de factores entre humus de lombriz y guano de islas

GUANO DE ISLAS	HUMUS	INTERACCIÓN DE FACTORES	TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
a_1	c_1	$a_1 \times c_1$	t_1	0 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$
a_1	c_2	$a_1 \times c_2$	t_2	0 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$
a_1	c_3	$a_1 \times c_3$	t_3	0 $kg*m^{-2}$ x 2 $kg*m^{-2}$
a_2	c_1	$a_2 \times c_1$	t_4	1 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$
a_2	c_2	$a_2 \times c_2$	t_5	1 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$
a_2	c_3	$a_2 \times c_3$	t_6	1 $kg*m^{-2}$ x 2 $kg*m^{-2}$
a_3	c_1	$a_3 \times c_1$	t_7	2 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$
a_3	c_2	$a_3 \times c_2$	t_8	2 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$
a_3	c_3	$a_3 \times c_3$	t_9	2 $kg*m^{-2}$x 2 $kg*m^{-2}$

3.6. Croquis del experimento



Área de una maceta = 50 cm^2 **Fuente**: Elaboración propia.

3.7. Variables de Respuesta

3.7.1. Días a la emergencia

La variable de respuesta de los días a la emergencia, se tomó el dato una vez que una unidad experimental alcanzó más del 50 % de emergencia, es la metodología que se utilizó en todas las unidades experimentales de la investigación.

3.7.2. Altura de planta (cm)

Los datos para la variable altura de planta, se evaluaron con un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta el ápice. Esta evaluación se realizó cada 10 días a partir de la emergencia y al final de la fase de vivero, fueron cinco plantas por cada unidad experimental a los que se dio el seguimiento.

3.7.3. Diámetro de tallo (cm)

La evaluación de la variable de respuesta diámetro del tallo, para los plantines de yaca se utilizó un Vernier, se realizó cada 10 días hasta el final de la fase de vivero, fueron cinco plantas por cada unidad experimental a los que se dio el seguimiento.

3.7.4. Número de hojas por planta

Se registró la variable de respuesta de número de hojas por planta, con el conteo de todas las hojas de cinco plantas por unidad experimental, cada 10 días. Finalmente se procedió al respectivo registró en la planilla de datos.

3.7.5. Longitud de raíz (cm)

Para evaluar esta variable fue necesario romper la maceta y dejar expuesto toda la raíz y con un flexómetro tomar la medida desde el cuello de la raíz hasta el ápice radicular. Esta variable es muy importante porque la calidad de planta está relacionada directamente con el desarrollo de la raíz, se evaluó 5 plantas por unidad experimental.

3.7.6. Peso fresco total de planta (g)

Los datos de esta variable peso fresco de la planta se evaluó al finalizar la fase de vivero en 5 plantas por unidad experimental, en una balanza eléctrica que nos permitió determinar la biomasa de cada planta.

3.7.7. Peso fresco de raíz (g)

Para la evaluación de esta variable fue necesario realizar cortes en el cuello de la raíz y evaluar el peso de la raíz con la ayuda de una balanza, fueron 5 plantas evaluadas por unidad experimental.

3.7.8. Peso fresco de tallos (g)

El peso fresco del tallo se evaluó al finalizar la fase de vivero, se pesó el tallo principal del plantin en una balanza y la cantidad de plantas a evaluar por unidad experimental fueron 5 plantas.

3.7.9. Peso fresco de hojas (g)

Los datos de la variable peso fresco de hojas se obtuvieron separando las hojas de cada planta y se tomó el peso de las mismas en un total de 5 plantas por cada unidad experimental.

3.7.10. Peso seco total de planta (g)

Para la evaluación de esta variable de respuesta se realizó la sumatoria del peso de las hojas, raíces y tallos, considerando que para el peso en fresco de las otras variables fueron separadas. De la misma manera se tomó el dato de 5 plantas de cada unidad experimental.

3.7.11. Peso seco de raíz (g)

El peso seco de la raíz se tomó a los 17 días después del peso en fresco, el secado se realizó a temperatura ambiente. En total de 5 raíces por cada unidad experimental.

3.7.12. Peso seco de tallos (g)

La variable peso seco del tallo se evaluó después del respectivo secado bajo sombra, a los 17 días después de tomar el peso en fresco y se evaluaron 5 plantas por cada unidad experimental.

3.7.13. Peso seco de hojas (g)

Esta variable de respuesta se evaluó a los 17 días de haber realizado la evaluación de peso

en fresco de las hojas, las hojas se pesaron por planta y 5 plantas por cada unidad experimental.

3.7.14. Análisis de costos parciales

Para el análisis de costos parciales de los tratamientos, se emplearon la metodología de evaluación económica surgida por (CIMMYT 1988). Esta variable responde al último objetivo, para tal efecto se utilizaron los siguientes parámetros: Beneficio Bruto, Beneficio Neto, Tasa de retorno marginal.

3.7.14.1.Beneficio Bruto

Es la relación del rendimiento ajustado por cada tratamiento multiplicado por el precio de producto, para esta relación no se debe descontar los costos de producción del cultivo.

$$BB = R * P$$

BB = Beneficio Bruto (Bs/ha)

R = Rendimiento Ajustado

P = Precio del producto

3.7.14.2.Beneficio neto

Es la relación del beneficio bruto que percibirá menos el total de los costos de producción.

$$BN = BB - CP$$

BN = Beneficio Neto (Bs/ha)

BB = Beneficio Bruto de Producción

CP = Costo Total de Producción

3.7.14.3.Análisis de dominancia

El análisis de dominancia se realiza para determinar que tratamientos se descartan desde el punto de vista económico, cuando los beneficios netos son menores o iguales al de un

tratamiento con costos menores se dice que el tratamiento es dominado y se discrimina al realizar el análisis de tasa de retorno marginal.

3.7.14.4.Tasa de retorno marginal

La tasa de retorno marginal tiene como objetivo, revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida (es decir, el aumento en beneficios netos dividido por el aumento en los costos que varían).

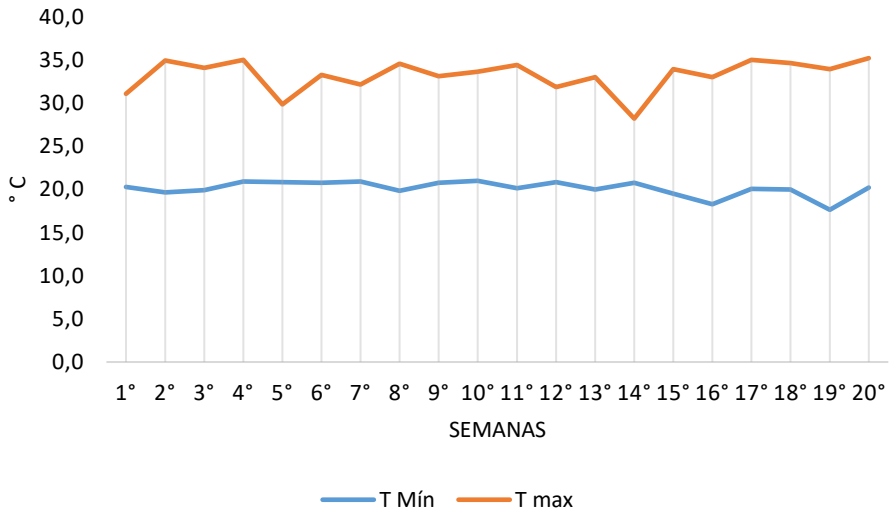
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación que a continuación se presentan, son el desarrollo del trabajo de campo que se realizó en los meses de febrero, marzo, abril y mayo del 2023, en la etapa de vivero y los resultados responden a las variables fenológicas y agronómicas, que se presentan a continuación.

4.1. Comportamiento climático

4.1.1. Temperatura

Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas (enero - mayo)



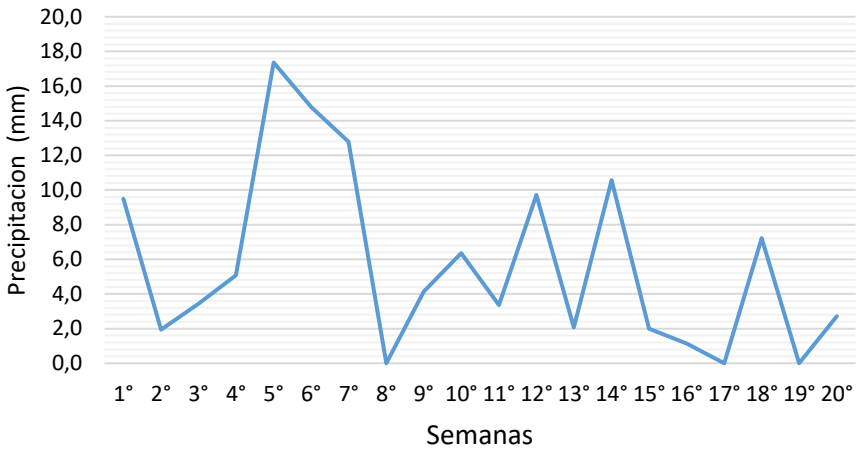
Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI

Las fluctuaciones de las temperaturas no tuvieron variaciones fuera de lo normal como se puede observar en la Figura 4, las temperaturas máximas registradas alcanzaron 37 °C y las más mínima registrada fue de 18 °C oscilaciones dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de cualquier cultivo tropical.

4.1.2. Precipitación

En la Figura 5, se presenta las precipitaciones durante la investigación, que abarco desde febrero hasta mayo.

Figura 5. Precipitación (enero - mayo)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI

En la Figura 5, se muestra las precipitaciones durante la investigación, en el cual se puede observar el comportamiento en las diferentes semanas, la mayor precipitación se dio en la quinta semana con una media de 17 mm (litros*m^{-2}) y hubo algunas semanas con 0 mm de precipitación, un comportamiento regular para la época en el que se hizo la investigación.

4.2. Variables de respuesta

4.2.1. Días a la emergencia

Los días a la emergencia es uno de los parámetros de evaluación que está relacionada a la velocidad germinativa, mediante la cual se determina la precocidad de la planta y su desarrollo.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a la emergencia

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	5,56	2	2,78	1,00	0,3897	NS
G ISLAS (A)	2,67	2	1,33	0,48	0,6274	NS
HUMUS (C)	2,89	2	1,44	0,52	0,6042	NS
G. ISLAS X HUMUS (AxC)	3,11	4	0,78	0,28	0,8866	NS
Error	44,44	16	2,78			
Total	58,67	26				

CV = 6%
Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

En el Cuadro 6, se puede observar los resultados del análisis de varianza, en el cual se muestra que para el bloque y el factor de guano de islas respecto a los días de emergencia no existe diferencias significativas, para el factor de humus de lombriz tampoco se puede observar que haya diferencias significativas, así mismo para la interacción de los factores no se tiene diferencias estadísticamente. El coeficiente de variación para esta variable de respuesta fue 6 % lo que significa que la dispersión de datos está dentro de lo normal (Botella *et al*. 2014).

4.2.2. Altura de planta (cm)

El análisis de varianza para la altura de planta se presenta en el Cuadro 7, donde los resultados del análisis de altura de planta fueron:

Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	24,63	2	12,31	0,87	0,4366	NS
G. ISLAS (A)	8,39	2	4,20	0,30	0,7466	NS
HUMUS (C)	0,44	2	0,22	0,02	0,9846	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	114,99	4	28,75	2,04	0,1371	NS
Error	225,59	16	14,10			
Total	374,04	26				

CV = 13%

Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

Se observa que para la variable de respuesta altura de planta, para el bloque no existe diferencias significativas, por la incorporación de guano de Islas y humus de lombriz estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, tampoco existe una interacción de los factores que hayan influido en la altura de planta al 5 % de significancia. El coeficiente de variación fue de 13%, aspecto que señala la confiabilidad de los datos obtenidos en campo.

Investigaciones realizadas según Llanquichoque (2021), concluyeron que el guano de islas no fue el mejor tratamiento para esta variable de respuesta, siendo el mejor un fertilizante denominado Bazacote, otros estudios realizados por Aguilar (2021) reportaron que el efecto del guano de islas no tuvo un diferencial significativo en plantines de café, reforzando esta conclusión Calle (2005) un trabajo realizado en el cultivo de cacao con gallinaza que es similar al guano de islas tampoco obtuvo resultados positivos. Como mencionamos anteriormente no existe diferencias significativas en cuanto a la altura de planta

incorporando niveles de fertilización con guano de islas ni tampoco con el humus de lombriz. Estos resultados pueden deberse a que las semillas de yaca ya poseían reservas suficientes para su germinación y crecimiento en la etapa de vivero.

4.2.3. Diámetro de tallo (cm)

El análisis de varianza para el diámetro de tallo se presenta en el Cuadro 8, donde se muestra los resultados del análisis estadístico.

Cuadro 8. Análisis de varianza para diámetro de tallo

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,24	2	0,12	0,77	0,4776	NS
G. ISLAS (A)	0,51	2	0,25	1,63	0,226	NS
HUMUS (C)	0,19	2	0,09	0,60	0,559	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	1,31	4	0,33	2,11	0,127	NS
Error	2,48	16	0,16			
Total	4,72	26				

CV=7%

Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

El análisis de varianza para el diámetro de tallo, muestra que el efecto de guano de islas y del bloque no fue significativo, de la misma manera los resultados para el factor de humus de lombriz no fueron significativas, y no hubo interacción de los factores en estudio. En investigaciones en el cultivo de café con guano de islas y otros factores según Llanquichoque (2021) concluyo como el mejor tratamiento para esta variable de respuesta sin embargo difiere de los resultados en los plantines de Yaca. Otras investigaciones en el Perú Aguilar (2021) sobre la aplicación de guano de islas en plantines de Café reportaron como el segundo mejor tratamiento después del compost con 60 g /planta.

El coeficiente de variación fue de 7 %, que nos permite visualizar que la dispersión de datos fue mínima, por lo que podemos concluir que los datos utilizados para el análisis fueron confiables.

4.2.4. Número de hojas

El análisis de varianza para la variable de número de hojas por planta se presenta en el Cuadro 9

Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	1,99	2	1,00	0,58	0,5688	NS
G. ISLAS (A)	1,48	2	0,74	0,43	0,6556	NS
HUMUS (C)	5,00	2	2,50	2,50	0,2604	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	8,53	4	2,13	1,47	0,3297	NS
Error	27,29	16	1,71	1,25		
Total	44,29	26				

CV = 17%
Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

En el Cuadro 7, se muestra los resultados del análisis de varianza para el caso del bloque no presenta efectos significativos, para los diferentes factores en estudio se observa que no existe diferencias significativas estadísticamente para el factor de guano de Islas y el factor de humus de lombriz, según el cuadro no se tuvo ninguna interacción de los factores respecto al número de hojas en los diferentes tratamientos.

4.2.5. Longitud de raíz (cm)

El análisis de varianza para longitud de raíz se presenta en el Cuadro 10, donde se aprecia los resultados para determinar si es significante las diferencias existentes.

Cuadro 10. Análisis de varianza para longitud de raíz

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	37,60	2	18,80	1,45	0,2643	NS
G. ISLAS (A)	43,79	2	21,89	1,69	0,2166	NS
HUMUS (C)	18,07	2	9,04	0,70	0,5131	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	4,11	4	1,03	0,08	0,9876	NS
Error	207,78	16	12,99			
Total	311,36	26				

CV = 13%
Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

La longitud de raíz para el factor guano de islas y el bloque no tuvo diferencias significativas estadísticamente, para el factor humus de lombriz no se observó diferencias significativas, la interacción de los factores tampoco mostro ninguna interacción respecto al desarrollo de la raíz. Estos resultados sugieren que la incorporación de abonos orgánicos como el guano de islas y humus de lombriz al parecer no son tan necesarios en esta etapa de la planta, ya que un estudio similar en los plantines de café por Aguilar (2021) concuerdan con los

resultados obtenidos en esta investigación en el cual tampoco se tuvo un incremento sustancial al incorporar guano de islas.

El coeficiente de variación para esta variable de respuesta fue 13 %, porcentaje que determina que los datos usados para este análisis son fiables al no tener una dispersión amplia.

4.2.6. Peso fresco total de planta (g)

El análisis de varianza para la variable de respuesta peso total de planta, se muestra en el siguiente Cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza para peso fresco total de planta

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	2,13	2	1,07	0,14	0,8717	NS
G. ISLAS (A)	5,71	2	2,86	0,37	0,6959	NS
HUMUS (C)	3,47	2	1,73	0,23	0,8008	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	67,47	4	16,87	2,19	0,1164	NS
Error	123,22	16	7,70			
Total	202,01	26				

CV = 17%
Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

Según el análisis de varianza para peso fresco total de planta, para el bloque y el factor de guano de islas no se tiene diferencias significativas estadísticamente, de la misma manera para el factor de humus de lombriz no se tiene diferencias significativas, por lo tanto, la incorporación de los abonos orgánico no tuvo efecto diferenciador en cuanto al peso fresco de la planta, tampoco existe una interacción de los factores para esta variable.

El coeficiente de variación fue de 17% lo que indica que los datos son confiables y tienen una dispersión dentro de los parámetros normales permitidos.

4.2.7. Peso fresco de raíz

El análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz se muestra en el Cuadro 12, se puede observar que no existen diferencias significativas para los factores en estudio y también para el bloque.

Cuadro 12. Análisis de varianza para peso fresco de raíz

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	1,00	2	0,50	0,75	0,4905	NS
G. ISLAS (A)	0,36	2	0,18	0,27	0,7661	NS
HUMUS (C)	0,48	2	0,24	0,36	0,7048	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	2,04	4	0,51	0,76	0,5638	NS
Error	10,70	16	0,67			
Total	14,59	26				

CV = 19%

Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

El resultado del análisis para el peso fresco de la raíz se puede observar que no hay diferencias significativas para el bloque y el factor de guano de islas, de igual forma no hay diferencias significativas para el factor de humus de lombriz, no existe interacción de factores respecto al peso fresco de raíz. Por lo tanto, ni el guano de islas ni el humus de lombriz tienen un efecto diferenciador en el peso de la raíz. El coeficiente de variación fue de 19% porcentaje que nos muestra que los datos son confiables para su análisis estadístico.

4.2.8. Peso fresco de tallo (g)

El análisis de varianza para la variable de peso fresco de tallo se presenta en el cuadro 13, donde se presentan los datos analizados para determinar la significancia al 5%.

Cuadro 13. Análisis de varianza para peso fresco de tallo

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,71	2	0,35	0,42	0,6636	NS
G. ISLAS (A)	0,44	2	0,22	0,26	0,7731	NS
HUMUS (C)	0,15	2	0,07	0,09	0,9171	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	6,95	4	1,74	2,07	0,1331	NS
Error	13,45	16	0,84			
Total	21,70	26				

CV = 19%

Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

En el Cuadro 13, se presenta el análisis de varianza para la variable peso fresco de tallo, para el caso del bloque se observa que no existe diferencias significativas, en ambos factores el guano de islas y el humus de lombriz se observa que no existe diferencias significativas, tampoco se tiene una interacción significativa en cuanto al peso de tallo de la interacción. El coeficiente de variación fue de 19% lo que significa que los datos son

confiables. Las aplicaciones de los abonos orgánicos estadísticamente no incrementaron el peso fresco de tallo en ninguna de las dosis aplicadas.

4.2.9. Peso fresco de hoja (g)

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza para la variable de respuesta de peso fresco de hoja.

Cuadro 14. Análisis de varianza para peso fresco de hoja

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	1,43	2	0,71	0,40	0,6793	NS
G. ISLAS (A)	0,39	2	0,20	0,11	0,8974	NS
HUMUS (C)	2,62	2	1,31	0,73	0,4995	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	9,72	4	2,43	1,35	0,2958	NS
Error	28,86	16	1,80			
Total	43,01	26				

CV = 20%

Nota: **NS** No significativa (≥ 0,05)

Como se puede observar en el Cuadro 14, para el bloque y el factor de estudio guano de islas no se tuvo diferencias significativas, por lo que se puede deducir que la aplicación de guano de islas no tuvo efecto en cuanto al peso fresco de las hojas, de la misma forma para el factor de humus de lombriz, no se tiene diferencias significativas estadísticamente. Para la interacción de los factores tampoco se observa ninguna significancia, sin embargo, el coeficiente de variación para los datos analizados es de 20%, este porcentaje está dentro de los parámetros máximos permitidos, que sería el 30%.

4.2.10. Peso seco total de planta (g)

El análisis de varianza para el peso seco de planta se presenta en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de varianza para peso seco de planta

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,54	2	0,27	0,40	0,6768	NS
G. ISLAS (A)	0,21	2	0,10	0,15	0,8587	NS
HUMUS (C)	0,42	2	0,21	0,31	0,7388	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	8,16	4	2,04	3,01	0,0499	*
Error	10,85	16	0,68			
Total	20,18	26				

CV = 21%

Nota: * significativo (<0,01) y NS No significativa (≥ 0,05)

Según el Cuadro 15, para el caso del bloque y el factor de guano de islas no hay diferencias significativas, lo que se puede observar en el peso seco de la planta, así mismo para el factor de humus de lombriz no se tiene diferencias significativas estadísticamente. El coeficiente de variación fue de 21% lo que significa que los datos son confiables.

La interacción de los factores tiene una significancia del 0,0499, esta variable de respuesta presento una interacción de factores y tuvo una influencia positiva en cuanto al peso seco total de planta.

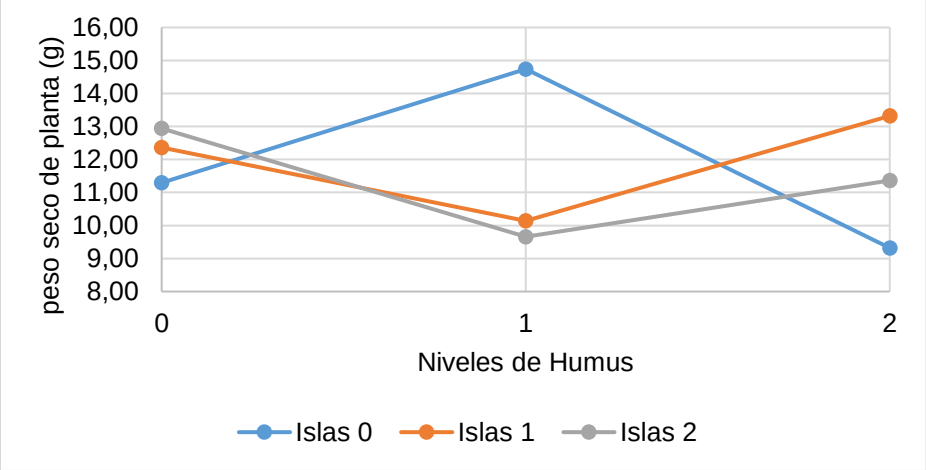
Cuadro 16. Análisis de varianza para efectos simples de A en C

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,54	2	0,27	0,40	0,6768	
G ISLAS (A)	0,21	2	0,10	0,15	0,8587	NS
HUMUS (C)	0,42	2	0,21	0,31	0,7388	NS
G ISLAS * HUMUS (A*C)	8,16	4	2,04	3,01	0,0499	*
G ISLAS (H1)	*0,46*	*2*	*0,231*	*0,34*	*0,7168*	*NS*
G ISLAS (H2)	*5,24*	*2*	*2,622*	*3,87*	*0,0427*	*
G ISLAS (H3)	*2,67*	*2*	*1,334*	*1,97*	*0,1723*	*NS*
Error	10,85	16	0,68			
Total	20,18	26				
CV = 21%						

Nota: * significativo (<0,01) y NS No significativa (≥ 0,05)

En el Cuadro 16, de análisis de varianza para efectos simples de A en C se observa que existe diferencias significativas estadísticamente para la interacción de guano de islas sobre el nivel de 1 kg*m^{-2} de humus de lombriz.

Figura 6. Interacción de los factores para efectos simples (humus de lombriz en guano de islas)



Según la Figura 6, se observa la interacción de los factores para efectos simples en la variable de respuesta peso seco de planta, donde los mejores resultados de la interacción fueron el tratamiento t_2 con dosis de: 1 kg*m^{-2} de humus de lombriz y 0 kg*m^{-2} de guano de islas, seguidamente de la combinación del tratamiento t_6 que son 2 kg*m^{-2} de humus de lombriz con 1 kg*m^{-2} de guano de islas que generaron mayores resultados en lo que respecta al peso seco de planta. El tratamiento 2 es el más adecuado para un mejor desarrollo vegetativo obteniendo un peso seco mayor de la planta.

4.2.11. Peso seco de raíz (g)

Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza para el peso seco de raíz se muestra en el Cuadro 17, el cual nos permite observar si existe diferencias en los factores planteados al aplicar los diferentes abonos orgánicos en distintos niveles.

Cuadro 17. Análisis de varianza para peso seco de raíz

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,01	2	0,01	0,12	0,8891	NS
G. ISLAS (A)	0,03	2	0,01	0,25	0,7790	NS
HUMUS (C)	8,3E-04	2	4,1E-04	0,01	0,9924	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	0,58	4	0,14	2,67	0,0701	NS
Error	0,87	16	0,05			
Total	1,48	26				

CV = 26%

Nota: NS No significativa (≥ 0,05)

En el Cuadro 17, se puede observar que no existen diferencias significativas para el caso del bloque y factor de guano de islas respecto al peso seco de raíz, de la misma manera no se presentó diferencias significativas para el factor de humus de lombriz.

Las interacciones de los factores tampoco presentaron diferencias significativas en lo que respecta al peso seco de la raíz. Significa que cada factor tiene un efecto independiente sobre el peso seco de raíz de los plantines de Yaca. En esta variable de respuesta no se vio un incremento considerable en el peso de raíz. El coeficiente de variación fue de 26% lo que significa que los datos son confiables.

4.2.12. Peso seco de tallos

El análisis de varianza para la variable el peso seco de tallo se presenta en el siguiente Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para peso seco de tallos

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,08	2	0,04	0,51	0,6088	NS
G. ISLAS (A)	0,04	2	0,02	0,27	0,7689	NS
HUMUS (C)	0,07	2	0,04	0,48	0,6253	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	1,16	4	0,29	3,74	0,0247	*
Error	1,24	16	0,08			
Total	2,59	26				

CV = 13%

Nota: * significativo (<0,01) y NS No significativa (≥ 0,05)

Se puede observar en el Cuadro 18, que no existe diferencias significativas para el bloque y el factor de guano de islas en el peso seco de tallos, de la misma manera no se ha encontrado diferencias significativas para el factor de humus de lombriz, los dos abonos orgánicos aplicados en esta investigación no tuvieron un efecto significativo en el peso seco de tallos. El coeficiente de variación fue de 13% lo que significa que los datos son confiables.

Las interacciones están presentes en esta variable de respuesta, los cuales se analizará en el siguiente cuadro, si bien no hubo diferencias significativas al aplicarse los factores de manera independiente, si existe la interacción de los mismos en cuanto al peso seco de tallo.

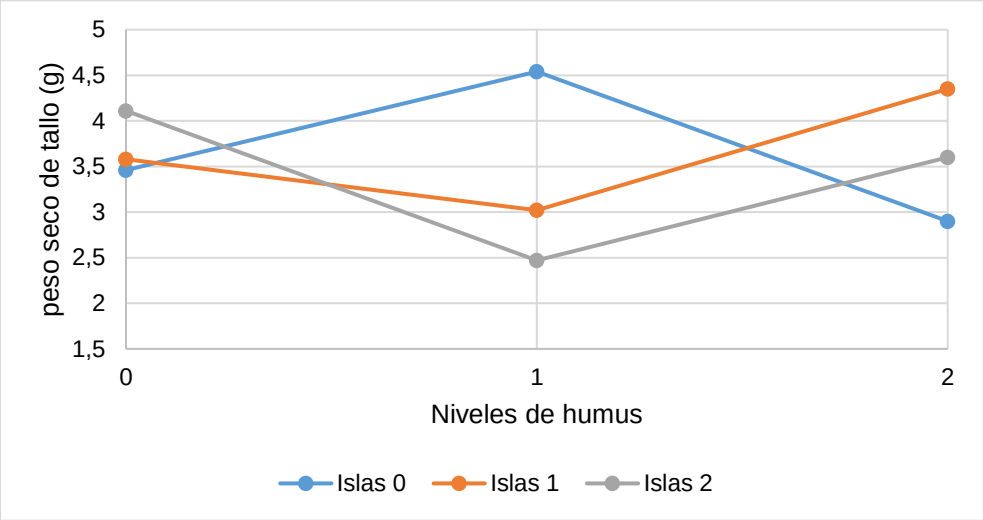
Cuadro 19. Análisis de varianza para efectos simples de A en C, peso seco de tallo

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,08	2	0,04	0,51	0,6088	
G ISLAS (A)	0,04	2	0,02	0,27	0,7689	NS
HUMUS (C)	0,07	2	0,04	0,48	0,6253	NS
G ISLAS * HUMUS (A*C)	1,16	4	0,29	3,74	0,0247	*
G ISLAS (H1)	*0,08*	*2*	*0,04*	*0,515*	*0,607*	*NS*
G ISLAS (H2)	*0,77*	*2*	*0,38*	*4,945*	*0,021*	*
G ISLAS (H3)	*0,35*	*2*	*0,18*	*2,262*	*0,136*	*NS*
Error	1,24	16	0,08			
Total	2,59	26				
CV = 23%						

Nota: * significativo (<0,01) y NS No significativa (≥ 0,05)

Según el Cuadro 19, se observa que en el análisis de varianza para efectos simples de la interacción de A en C presenta diferencias significativas en una de las interacciones simples, se marca la diferencia cuando el guano de islas actúa con humus de lombriz a razón de1 kg*m^{-2} de humus.

Figura 7. Interacción de los factores para efectos simples (humus de lombriz sobre guano de islas) para peso seco de tallo



Según la Figura 7, se observa la interacción de los factores para efectos simples en la variable de respuesta peso seco de tallo, las mejores interacciones fueron el tratamiento t_2 donde las dosis son: 0 kg*m^{-2} de guano de islas y 1 kg*m^{-2} de Humus, seguidamente de la combinación del tratamiento t_6 que son 1 kg*m^{-2} de guano de islas y 2 kg*m^{-2} de humus de lombriz, que generaron mayores resultados en lo que respecta al peso seco de tallo.

El tratamiento 2 obtuvo un mayor peso seco del tallo esto puede atribuirse a que se dio un mejor desarrollo vegetativo teniendo un engrose del tallo de la plántula permitiendo una mejor sujeción y colabora en que esta se mantenga erguida.

4.2.13. Peso seco de hojas (g)

Los datos de la variable peso seco de hojas por planta, se registraron al final de la investigación en fase de vivero. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza para el peso seco de hojas que se presenta en el Cuadro 20, en el cual se puede observar si hay o no diferencias significativas.

Cuadro 20. Análisis de varianza para peso seco de hojas

FV	SC	GL	CM	Fc	Pr>F	Sig.
BLOQUE (B)	0,24	2	0,12	0,86	0,4410	NS
G. ISLAS (A)	0,01	2	3,6E-03	0,03	0,9743	NS
HUMUS (C)	0,28	2	0,14	1,00	0,3892	NS
G. ISLAS * HUMUS (A*C)	1,26	4	0,31	2,27	0,1069	NS
Error	2,21	16	0,14			
Total	3,99	26				

CV = 20%

Nota: NS No significativa (≥ 0,05)

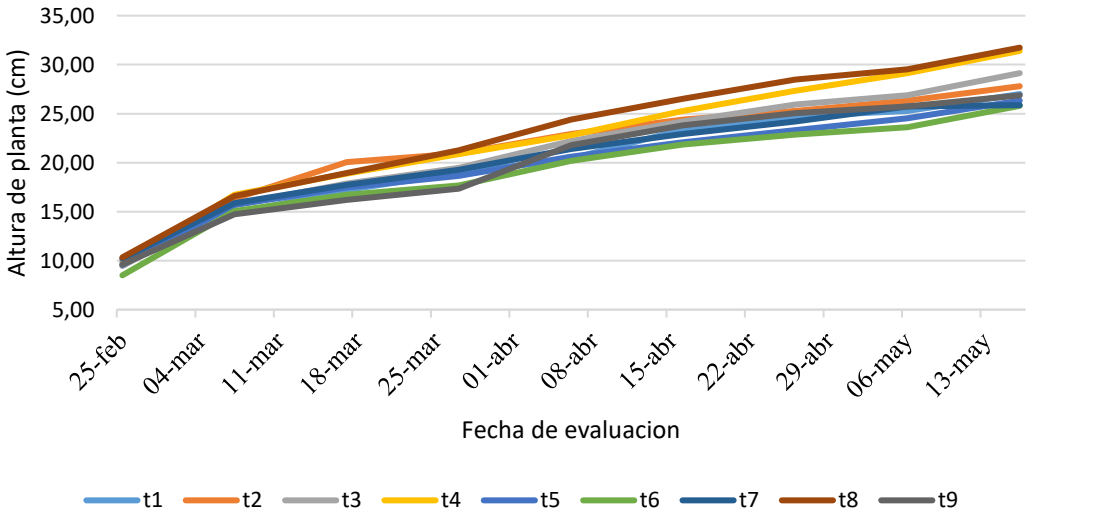
Según el análisis de varianza se observa que no se tiene diferencias significativas para el bloque, factor de guano de islas y el factor de humus de lombriz. Así mismo la interacción de factores no presento diferencias significativas para el peso seco de hoja. El coeficiente de variación fue de 20% lo que significa que los datos son confiables.

La aplicación de los abonos orgánicos; guano de islas y humus de lombriz no tuvieron un efecto positivo estadísticamente en el peso de la biomasa seca de la planta, aunque se podía apreciar visualmente un ligero incremento en comparación del testigo.

4.2.14. Análisis de crecimiento para altura de planta

En la figura 8, se presenta el crecimiento de altura de planta por cada tratamiento, en los que se aprecia que los tratamientos t_2 y t_8 muestran un incremento significativo en comparación de los demás tratamientos.

Figura 8. El incremento de la Altura de planta en tiempo por tratamiento



En la Figura 8, podemos observar el incremento de la altura de los plantines de diferentes tratamientos. Se puede visualizar que no existe mucha diferencia entre los tratamientos, sin embargo, los tratamientos t_8 (2 kg*m^{-2} de guano de islas * 1 kg*m^{-2} de humus de lombriz) y el tratamiento t_4 (1 kg*m^{-2} de guano de islas * 0 kg*m^{-2} de humus de lombriz) son los que tuvieron una mayor altura al finalizar la investigación, por otro lado, se encuentra el tratamiento t_7 (2 kg*m^{-2} de guano de islas * 1 kg*m^{-2} de humus de lombriz) que al finalizar la investigación tuvo la altura más baja en comparación de los otros tratamientos.

4.2.15. Análisis de costos parciales

El análisis económico es muy importante para evaluar los beneficios que puede aportar al momento de aplicar dichos tratamientos que se realizan y ver si la investigación se puede extrapolar y aplicar.

Cuadro 21. Rendimiento, costos, beneficios brutos y beneficios netos

Trat.	Niveles guano de islas (kg*m^{-2})	Niveles humus de lombriz (kg*m^{-2})	Rend. Cantidad de plantines	Costo total (Bs)	Precio de venta/planta	Beneficio bruto (Bs)	Beneficios netos (Bs)
1	0	0	1000	3798,9	10	10000	6201,1
2	1	0	1000	3860,8	15	15000	11139,2
3	2	0	1000	3918,0	10	10000	6082,0
4	0	1	1000	3889,4	11	11000	7110,6
5	1	1	1000	3951,3	10	10000	6048,7
6	2	1	1000	4008,5	13	13000	8991,5
7	0	2	1000	3979,9	12	12000	8020,1
8	1	2	1000	4041,8	10	10000	5958,2
9	2	2	1000	4098,9	10	10000	5901,1

En primera instancia se realizó la evaluación de la cantidad de plantines comerciales, lo que en otros casos se determina como rendimiento. Los datos que se presentan en el Cuadro 21, son para la producción de 1000 plantines con los diferentes tratamientos.

El costo total se considera a todos los gastos que se tuvo durante la investigación, como: gastos en cuanto a materia, gastos en insumos, mano de obra y los abonos orgánicos adicionados por tratamiento en diferentes niveles lo que hace diferencia de costos entre tratamientos.

El precio de los plantines se basa según el precio de mercado local, donde fluctúa de acuerdo a la altura y robustez de los plantines, que oscila de 10 a los 15 bolivianos. El beneficio bruto es el beneficio total de la venta de los plantines, de lo cual se realizó una diferencia por el costo total, así para obtener el beneficio neto que nos cada uno de los tratamientos.

4.2.15.1. Análisis de dominancia

El análisis de dominancia se realiza para determinar que tratamientos se descartan desde el punto de vista económico, cuando los beneficios netos son menores o iguales al de un tratamiento con costos menores se dice que el tratamiento es dominado y se discrimina al realizar el análisis de tasa de retorno marginal.

Cuadro 22. Análisis de Dominancia

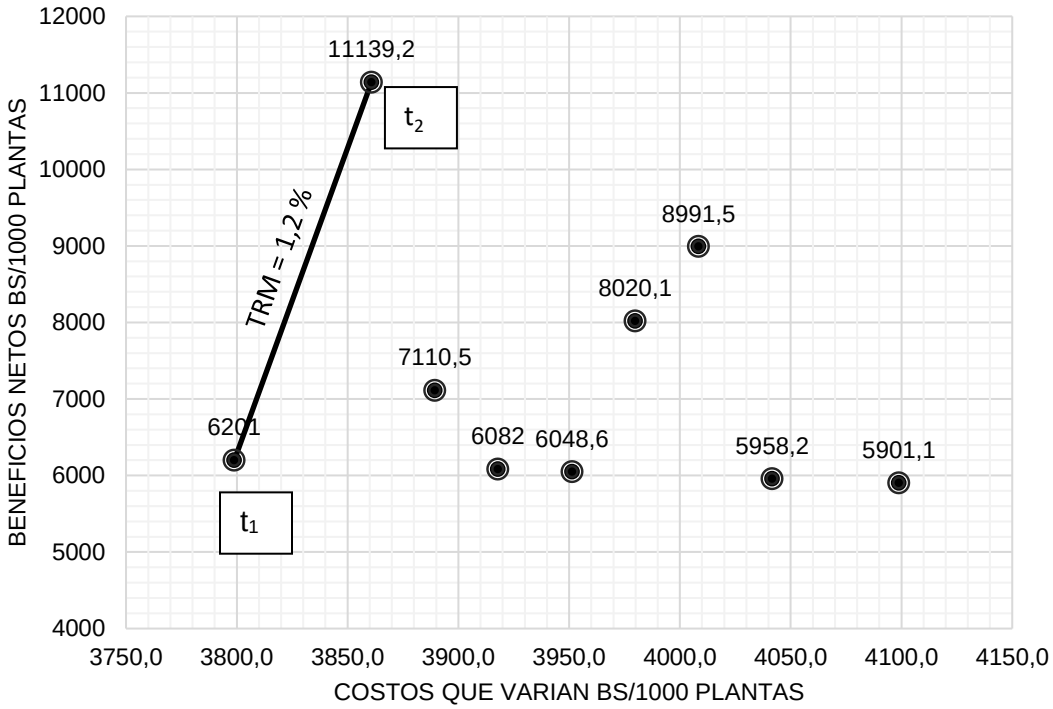
	DESCRIPCION	RENDIMIENTO	BENEFICIO BRUTO	COSTO QUE VARIAN	BENEFICIO NETO	DOMINANCIA
t_1	0 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$	1000	10000	3798,9	6201,0	
t_2	0 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$	1000	15000	3860,8	11139,2	
t_4	0 $kg*m^{-2}$ x 2 $kg*m^{-2}$	1000	11000	3889,4	7110,5	D
t_3	1 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$	1000	10000	3917,9	6082,0	D
t_5	1 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$	1000	10000	3951,3	6048,6	D
t_7	1 $kg*m^{-2}$ x 2 $kg*m^{-2}$	1000	12000	3979,8	8020,1	D
t_6	2 $kg*m^{-2}$ x 0 $kg*m^{-2}$	1000	13000	4008,4	8991,5	D
t_8	2 $kg*m^{-2}$ x 1 $kg*m^{-2}$	1000	10000	4041,7	5958,2	D
t_9	2 $kg*m^{-2}$ x 2 $kg*m^{-2}$	1000	10000	4098,9	5901,1	D

Según el Cuadro 22, observamos el análisis de dominancia, todos los tratamientos que tienen menores o iguales los beneficios netos al de un tratamiento anterior donde los costos variables sean menores, se considera un tratamiento dominado, en este caso, el tratamiento 2 tiene el beneficio positivo y los demás se discriminaron de la tabla.

4.2.15.2. Tasa de retorno Marginal

La tasa de retorno marginal tiene como objetivo, revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida (es decir, el aumento en beneficios netos dividido por el aumento en los costos que varían).

Figura 9. Curva de beneficio neto respecto a los costos totales



El análisis de la tasa de retorno marginal se muestra en la Figura 9, en el cual se aprecia que existe un incremento considerable en uno de los tratamientos (t_2). El tratamiento 1 es el testigo de todas las interacciones posibles, el testigo tiene un beneficio neto de 6201 Bs con una inversión de 3.798 Bs para 1.000 plantines de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*), al cambiar al tratamiento 2 el beneficio neto incrementa a 11.139 Bs con un costo total de inversión de 3.860 Bs para 1.000 plantines. Sin embargo, los otros tratamientos fueron dominados por el tratamiento 2 que también se pueden apreciar en el gráfico.

La tasa de retorno marginal fue de 1,2 % al cambiar del t_1 a t_2, se recupera la unidad invertida para obtener un beneficio adicional de 1,2 Bs.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- La aplicación de guano de islas como un abono orgánico para mejorar y con la finalidad de obtener plantines de yaca de calidad, los niveles en la investigación fueron de 1 kg/m^2 y 2 kg/m^2 de guano de islas. La evaluación en las diferentes variables de respuesta: días a la emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud de raíz, peso fresco de planta, peso fresco de raíz, peso fresco de tallos, peso fresco de hojas, peso seco de planta, peso seco de raíz, peso seco de tallos y peso seco de hojas no mostraron diferencias significativas estadísticamente, lo que lleva a concluir que los plantines en su primera fase fenológica, hasta una altura de 31,73 cm no responden a la aplicación de guano de islas, para mejorar el desarrollo de la planta que de por si tiene un buen crecimiento.

- La aplicación de Humus de lombriz como abono para mejorar la calidad de los plantines de yaca, los niveles en la investigación fueron de 1 kg/m^2, 2 kg/m^2 de humus de lombriz y un testigo. La evaluación en las diferentes variables de respuesta: días a la emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud de raíz, peso fresco de planta, peso fresco de raíz, peso fresco de tallos, peso fresco de hojas, peso seco de planta, peso seco de raíz, peso seco de tallos y peso seco de hojas no hubo diferencias significativas estadísticamente. Estos resultados permiten concluir que los plantines en su primera fase fenológica, correspondiente al crecimiento en vivero hasta una altura de 25,87 cm no responden la aplicación de abono en ninguna dosis, para acelerar el crecimiento de la planta.

- La interacción de los factores guano de islas-humus de lombriz, solamente se presentó en dos variables de respuesta que son: peso seco de planta y peso seco de tallos con un (p-valor = 0,0499) y (p-valor = 0,0247) respectivamente. El mayor rendimiento en peso seco de planta y peso seco de tallo se obtuvo con el tratamiento 2 (t_2 = 0 kg de guano de islas /m^2 y 1 kg humus de lombriz /m^2), estas variables respondieron de distinta forma a la combinación de los factores, siendo una de las

medidas más importantes, la biomasa seca del plantin, que está relacionada directamente a la incorporación de abonos orgánicos.

- En las variables de respuesta que presentaron interacciones significativas se realizó el análisis de varianza para efectos simples donde se identificó que el guano de islas presenta una interacción significativa sobre humus, cuando este trabaja con un nivel de 1 kg/m^2 para peso seco de planta y peso seco de tallo.

- El análisis de costos parciales realizado, permite visualizar la mejor opción a la hora de tomar decisiones, basada en la tasa de retorno marginal. Según el análisis realizado se concluye que el tratamiento que mejor beneficio económico ofrece al productor es el tratamiento 2 (t_2) (0 kg de guano de islas /m^2 y 1 kg humus de lombriz /m^2), con un TRM = 1,2%, es decir que se obtiene un beneficio del 1,2 Bs por cada boliviano invertido que permite al productor de plantines de yaca obtener un margen adicional de ganancias utilizando humus de lombriz en una proporción de 1 kilogramo por metro cuadrado.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Según el análisis de efectos simples se recomienda optar por el tratamiento 2 (t_2) 1 kg humus de lombriz*m^{-2}) para obtener mejores resultados y mayor beneficio.

- Se recomienda dar continuidad con las investigaciones sobre el cultivo de Yaca, considerando que surgen nuevas hipótesis a partir de las investigaciones realizadas y al ser un cultivo nuevo y prometedor merece nuestra atención.

- Se recomienda que a la hora de establecer una parcela de investigación se debe tener en cuenta todos los protocolos de la investigación a través de una minuciosa revisión bibliográfica.

- Para establecer el cultivo de Yaca es de vital importancia que las condiciones de humedad del suelo sean óptimas para su pronta emergencia, y evitar el exceso de humedad.

- Es importante realizar monitoreos regulares para detectar la presencia de las enfermedades y plagas que causan perdidas de plantines.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, A. 2021. Efecto de tres abonos orgánicos en plantones de café (Coffea arábica l.) variedad catimor, jorobamba – utcubamba – amazonas – 2020. Peru, Universidad politecnica amazonica.

Arbolesfrutales. 2016. Yaca: todo lo que debes saber | Arboles frutales (en línea, sitio web). Consultado 24 jul. 2023. Disponible en https://arbolesfrutales.org/yaca-todo-lo-que-debes-saber/.

Bernilla, D; Diaz, JD. 2019. Efecto de dosis creciente de guano de isla en el rendimiento de tres ecotipos de aguaymanto (Physalis Peruviana L.) en la parte baja del Valle Chancay. Consultado 12 oct. 2023. Disponible en http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4682.

Botella, R. P., Alacreu, G. M., & Matinez, B. M. (2014). *Estadistica.* Valencia: Universidad Cardenal Herrera.

Calle, J. 2005. Efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantines de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, Sapecho – Alto Beni. La Paz Bolivia, Universidad Mayor de San Andres.

Cervantes, J. 2018. La cadena del valor de Yaca (Artocarpus heterophyllus) en el municipio de San Blas. Nayarit. s.l., Universidad autonoma de Nayarit.

Chávez, Á; Velásquez, YL; Casallas, ND. 2017. Características físico-químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales. DOI: https://doi.org/10.23850/22565035.939.

Chunhuay, Y. 2017. Evaluación del rendimiento del Maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al Maíz en Allpas - Acobamba (en línea). Consultado 24 jul. 2023. Disponible en http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1247.

CIMMYT, 1988. La Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, CIMMYT.

Clarín, 2020. La fruta yaca: cuáles son sus beneficios, propiedades y valor nutricional (en línea, sitio web). Consultado 24 jul. 2023. Disponible en https://www.clarin.com/buena-vida/la-fruta-yaca-cuales-son-sus-beneficios-propiedades-y-valor-nutricional_0_jB-eAIntG.html.

COMLIT, 2015. Provincia Caranavi (Mapa). Text (en línea, sitio web). Consultado 10 oct. 2022. Disponible en https://www.educa.com.bo/geografia/provincia-caranavi-mapa.

Coronado-Partida, LD; Serrano, M; Romanazzi, G; González-Estrada, RR; Gutiérrez-Martínez, P; Coronado-Partida, LD; Serrano, M; Romanazzi, G; González-Estrada, RR; Gutiérrez-Martínez, P. 2021. Application of GRAS compounds to control soft rot

in jackfruit caused by Rhizopus stolonifera. Revista especializada en ciencias químico-biológicas 24. DOI: https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.327.

Crane, J; Balerdi, C. 2006. Jaca en Florida: HS1038/HS283, 10/2000. EDIS 2006. DOI: https://doi.org/10.32473/edis-hs283-2005.

Devi, SP; Talaulikar, S; Gupta, MJ; Singh, MT and NP. 2014. A Guide on Jack Fruit - Cultivation and Value Addition (en línea). Consultado 24 jul. 2023. Disponible en http://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/2653.

Encalada, M. 2018. Evaluación del crecimiento de plántulas de Coffea arabica L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes (en línea). Bosques Latitud Cero 8(1). Consultado 12 oct. 2023. Disponible en https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/414.

Fernández, F; Rivera, R; Hernández, A; Herrera, R; Fernández, K. 2005. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y diferentes relaciones suelo: humus de lombriz sobre el crecimiento del cafeto CV. catuaí bajo la etapa de vivero. mexico .

Hernández, LM; Montalvo, E; Nolasco, Y; Gutiérrez, P; González, H; Velázquez, JJ; Hernández, LM; Montalvo, E; Nolasco, Y; Gutiérrez, P; González, H; Velázquez, JJ. 2019. Araña roja en yaca: bioecología y eficacia biológica de acaricidas. Revista mexicana de ciencias agrícolas 10(6):1393-1403. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1825.

Hernández, S. R. (2014). Metodología de la investigación. México D.F.: McGRAW-HILL. 600 p.

Herrera, EE. 2015. La yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.), una fruta muy singular y sus usos tradicionales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. :3.

Jaulis, JC; Martínez V., A; Juscamaita, J; Adama, ER; Adama, JV. 2020. Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (Coffea arabica) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. Anales Científicos 81(2):349-359.

Kishore, K. 2018. Phenological growth stages of jackfruit (Artocarpus heterophyllus) according to the extended BBCH scale. Annals of Applied Biology 172(3):366-374. DOI: https://doi.org/10.1111/aab.12427.

Llanquichoque, D. 2021. Evaluación del desarrollo en plantines de café (Coffea arábica L.), variedad catuai rojo, en fase de vivero, con aplicación de diferentes fertilizantes, localidad Villa el Carmen, municipio Caranavi. La Paz Bolivia, Universidad Publica de El Alto. .

Lombec, VI. 2019. Sustrato con humus de lombriz - Fertilizante de lombriz. Consultado 10 oct. 2023. Disponible en https://www.lombec.com/producto-humus-lombriz.

Luna-Esquivel, G. 2013. La Yaca (Artocarpus Heterophyllus Lam.) un fruto de exportación. Agro Productividad 6(5). Consultado 24 jul. 2023. Disponible en https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/486.

Medina, M del S; Quezada, C. 2004. Efecto del período de maduración del estiércol bovino sobre el comportamiento productivo de lombrices rojas en la zona de Camoapa. engineer. s.l., Universidad Nacional Agraria, UNA. 53 p. Consultado 24 jul. 2023. Disponible en https://repositorio.una.edu.ni/2717/.

PNFC, (2020). Programa Nacional de Fomento a la Caficultura. 2020. Programa Café Final. 166 p.

Rodriguez, A. 1998. La multiplicación de las plantas y el vivero. Espana, MundiPrensa. 99-108 p.

Rojas, KJ. 2017. Enmiendas orgánicas (guano de isla, humus y compost) en Coffea arabica L., variedad costa rica en condiciones de vivero – en el fundo be hurt ubicado en la provincia de Satipo- Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. Consultado 17 jul. 2023. Disponible en http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4030.

RT, 2018. La ´fruta de los pobres´ que podría salvar a millones - Periódico La Patria (Oruro - Bolivia). Consultado 16 jul. 2023. Disponible en https://impresa.lapatria.bo/noticia/313550/la-fruta-de-los-pobres-que-podria-salvar-a-millones.

Sotelo, MG; Téllez, JA. 2007. Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L.) variedad caturra. engineer. s.l., Universidad Nacional Agraria, UNA. 52 p. Consultado 24 jul. 2023. Disponible en https://repositorio.una.edu.ni/2020/.

Succeso. (2016). Plan territorial de Desarrollo Integral para Vivir Bien - PTDI 2016 - 2020. Caranavi, Bolivia: GAM Caranavi.

Vásquez, RL. 2019. Influencia de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el desarrollo de Cedrela liloi C.DC. “cedro lila” en fase de vivero. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consultado 12 oct. 2023. Disponible en http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1895.

Von Boeck, W. 2000. Agronomical behavior of two kinds of swiss chard (Beta vulgaris var. cicla L.) fertilized with earthworm humus in an underground greenhouse in Viacha, La Paz. Disponible en https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5452.

Zotelo, M; Tellez, J. 2014. Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L.) variedad caturra - Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria. Consultado 17 jul. 2023. Disponible en https://repositorio.una.edu.ni/2020/.

8. ANEXO

Anexo 1. Memoria fotográfica

Fotografía 1. Adquisición de listones

Fotografía 2. Establecimiento del vivero

Fotografía 3. Adquisición de insumos

Fotografía 4. Medición guano de Islas

Fotografía 5. Medición humus de lombriz

Fotografía 6. Mezclado del sustrato

Fotografía 7. Embolsado y Enfilado

Fotografía 8. Despulpado

Fotografía 9. Lavado

Fotografía 10. Secado

Fotografía 11. Siembra de la Yaca

Fotografía 12. Emergencia

Fotografía 13. Desarrollo de las plántulas

Fotografía 14. Numero de Hojas

Fotografía 15. Altura de la planta

Fotografía 16. Diámetro del tallo

Fotografía 17. Longitud de raíz

Fotografía 18. Peso fresco total de planta

Fotografía 19. Peso fresco de raíz

Fotografía 20. Peso fresco de tallo

Fotografía 21. Peso fresco de hojas

Fotografía 22. Peso seco total de planta

Fotografía 23. Peso seco de raíz

Fotografía 24. Peso seco de tallo

Fotografía 25. Distribución del diseño

Fotografía 26. Proceso de secado

Anexo 2. Planilla de datos

B	A	C	DE	AP	DT	NHP	LR	PFP	PFR	PFT	PFH	PSP	PSR	PST	PSH
I	**a1**	**c1**	28	27	5,2	8,8	19,6	13,96	4,24	4,8	5,5	4,36	1,08	1,38	1,9
I	**a1**	**c2**	27	33,8	5,8	9,4	26,8	20,86	5,18	6,1	9,64	5,28	1,08	1,58	2,62
I	**a1**	**c3**	27	23,6	4,8	5,4	32,4	11,38	3,66	3,4	4,32	2,46	0,6	0,8	1,06
I	**a2**	**c1**	27	25,2	5,6	9	29,6	15,2	3,48	4,2	5,48	3,92	0,8	1,1	2,02
I	**a2**	**c2**	26	23,6	5,2	8	28,4	12,4	3,14	3,12	6,14	2,58	0,5	0,64	1,44
I	**a2**	**c3**	27	35,4	5,8	6,2	33,2	18,04	4,7	6,24	7,16	4,62	1,00	1,56	2,06
I	**a3**	**c1**	27	33,2	6	10	25	18,1	4,02	5,52	8,58	4,66	0,88	1,44	2,34
I	**a3**	**c2**	28	26,6	5,2	7,8	28,2	13,94	3,88	3,94	6,12	3,68	0,96	1,02	1,7
I	**a3**	**c3**	28	33,6	6,2	5,8	35,8	19,46	5,48	6,04	7,94	5,2	1,22	1,64	2,34
II	**a1**	**c1**	26	32,4	5,6	7,8	29	16,9	4,58	5,26	7,14	4,48	1,12	1,38	1,98
II	**a1**	**c2**	30	31,6	5,2	7,4	27,2	18,46	4,12	4,8	6,8	5,4	1,4	1,8	2,2
II	**a1**	**c3**	30	27,4	5	7,6	24	14,12	3,42	4,22	6,38	3,48	0,68	1,08	1,66
II	**a2**	**c1**	27	30,6	6,2	7,2	26	18,54	4,75	5,32	8,06	4,84	1,02	1,42	2,4
II	**a2**	**c2**	30	27,4	5,2	7,2	29,4	14,94	4,18	4,52	6,24	3,3	0,78	1,02	1,5
II	**a2**	**c3**	26	30	6	10	26,6	17,5	4,9	5,18	6,62	4,1	1,16	1,32	1,62
II	**a3**	**c1**	26	28,2	5,2	8	27,2	15,1	4,12	4,44	6,6	4,08	0,92	1,26	1,88
II	**a3**	**c2**	28	21,6	4,8	6,2	31,2	10,2	3,04	2,76	4,4	2,38	0,58	0,64	1,16
II	**a3**	**c3**	27	23,6	4,8	4,8	26,2	11,94	3,42	3,74	4,78	2,62	0,54	0,94	1,14
III	**a1**	**c1**	30	21,6	5	6,8	23,2	11	2,72	3,12	5,16	2,46	0,44	0,7	1,32
III	**a1**	**c2**	28	28,8	5,6	6,4	23,8	18,1	5,32	5,18	7,6	4,06	0,96	1,16	1,94
III	**a1**	**c3**	26	26,6	5	8,2	24,8	15,16	4,88	4,26	6,02	3,38	0,74	1,02	1,62
III	**a2**	**c1**	27	27,6	5,2	6,6	29,2	15,16	4,62	3,98	6,56	3,6	0,88	1,06	1,66
III	**a2**	**c2**	26	28	5,2	7,2	27	18,54	5,3	5,22	8,02	4,26	0,98	1,36	1,86
III	**a2**	**c3**	30	29,8	5,8	7,8	28,8	16,54	4,62	5	6,94	4,6	1,21	1,47	1,92
III	**a3**	**c1**	28	26	5,6	7,2	28,8	15,42	4,1	4,6	6,72	4,2	0,95	1,41	1,84
III	**a3**	**c2**	30	29,2	5,6	8,2	23,6	18,36	5,06	4,88	8,42	3,6	0,77	0,81	2,02
III	**a3**	**c3**	30	23,4	5	6,2	23,8	14,46	4,04	4,06	6,36	3,54	0,82	1,02	1,7