

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE
APURÍMAC**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROECOLÓGICA Y DESARROLLO RURAL**



“GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE DE ÁRBOL
(*Cyphomandra betacea*) VARIEDAD AMARILLO, UTILIZANDO EL COMPOST,
HUMUS DE LOMBRIZ Y ARENA DE RÍO VILCABAMBA – GRAU”

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. JULIO CÉSAR VARGAS VERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL

VILCABAMBA - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y
DESARROLLO RURAL



TESIS

“GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE DE ÁRBOL
(*Cyphomandra betacea*) VARIEDAD AMARILLO, UTILIZANDO EL COMPOST,
HUMUS DE LOMBRIZ Y ARENA DE RÍO VILCABAMBA – GRAU”

PRESENTADO POR: **Bach. JULIO CÉSAR VARGAS VERA**, PARA OPTAR EL
TÍTULO DE: INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL

Sustentado y Aprobado el 29 de Febrero del 2019 y aprobado ante el jurado

PRESIDENTE:


Ing. Nika Franklin Flores Pacheco

PRIMER MIEMBRO:


Ing. Luis Ricardo Paredes Quiroz

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. Agustín Elguera Hilares

ASESOR:


Mg. Sr. Juan Silver Barreto Carbajal

Dedicatoria

Dedico esta tesis a ti mamá Pilar Vera Serrano y a mi padre Palemón Vargas Martínez, porque hiciste realidad mi existencia, por todo el amor con que me rodeaste, por tu sabiduría y porque te siento cada día más cerca de mí. Esta tesis es para ustedes.

Agradecimiento

Después de poco más de un año de trabajo ha llegado el momento de escribir esta tesis, con su escritura el mejor momento para agradecer a todas las personas que de una manera directa o indirecta han hecho posible la realización de esta investigación del que me siento muy orgulloso.

Agradecer de manera profunda a mi asesor quien me apoyó en la realización de tesis, a los docentes de mi casa de estudios por el apoyo constante durante la redacción de tesis.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2. ENUNCIADO	4
1.3. OBJETIVOS	5
A) GENERAL.....	5
B) ESPECÍFICOS.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
1.5. DELIMITACIÓN	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. MARCO REFERENCIAL	8
2.2.1. Tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i> Cav. Sendt.).....	9
2.2.2. Origen y distribución.....	10
2.2.3. Propagación del tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).....	10
2.2.4. Técnicas del cultivo	11
2.2.5. Descripción botánica	11
2.2.6. Descripción morfológica	15
2.2.7. Fenología del cultivo de tomate de árbol.....	16
2.2.8. Plagas y enfermedades	17
2.2.9. Requerimientos del cultivo.....	19
2.2.10. Germinación.....	20
2.2.11. Genotipos y variedades de tomate de árbol.....	26
2.2.12. Sistema de cultivo en vivero	26
2.3. SUSTRATOS	27
2.3.1. Funciones de los sustratos	28
2.3.2. Características de los sustratos	28
2.3.3. Propiedades físico-químicas de los sustratos.....	29

2.3.4.	Tipos de sustratos	31
2.3.5.	Compost.....	32
2.4.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (MARCO CONCEPTUAL).....	32
CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO		35
3.1.	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	35
3.1.1.	Variable independiente.....	35
3.1.2.	Variable dependiente	35
3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
3.3.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3.1.	Hipótesis general.....	36
3.3.2.	Hipótesis específicas	36
3.4.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.5.1.	Población.....	37
3.5.2.	Muestra.....	37
3.6.	PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.6.1.	Descripción de la zona de estudio	38
3.6.2.	Historia del campo experimental.....	39
3.6.3.	Duración del experimento	39
3.7.	MATERIAL DE INVESTIGACIÓN	39
3.7.1.	Instrumentos de investigación	39
3.7.2.	Características del campo experimental	40
3.7.3.	Tratamientos estudiados	41
3.7.4.	Etapas de la experimentación	42
3.8.	TRATAMIENTO DE DATOS	48
CAPÍTULO IV RESULTADOS		55
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS	55
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	58
4.2.1.	Hipótesis estadísticas.....	80

4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
4.3.1.	Análisis e interpretación de datos	82
4.3.2.	Contrastación de objetivos	83
4.3.2.1.	Objetivo general.....	83
4.3.2.2.	Objetivos Específicos	84
CAPÍTULO V	.....	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	101
RECOMENDACIONES	.....	102
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	.....	104
ANEXOS	.....	108



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los frutos de cinco variedades de tomate de árbol.	12
Tabla 2: Composición mineral del tomate de árbol, (mg/100 g mucílago fresco).	13
Tabla 3: Composición vitamínica del tomate de árbol, (µg/100 g de mucílago fresco).	13
Tabla 4: Composición proximal del tomate de árbol, (µg/100 g de mucílago fresco).	14
Tabla 5: Aporte nutricional del compost.....	32
Tabla 6: Variables, indicadores e índices.....	35
Tabla 7: Variables climáticas, temperatura media y precipitación.....	38
Tabla 8: Materiales y equipos utilizados en el experimento	39
Tabla 9: Características de la parcela experimental	40
Tabla 10: Tratamientos estudiados.....	41
Tabla 11: Aleatorización de los tratamientos según unidades experimentales.	42
Tabla 12: Prueba de homogeneidad de varianza para las variables en estudio.	48
Tabla 13: Prueba de normalidad de las variables en estudio, según tratamientos.....	49
Tabla 14: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	58
Tabla 15: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, para la variable efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).....	59
Tabla 16: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).....	61
Tabla 17: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, del porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	62
Tabla 18: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la velocidad de germinación de semilla de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).....	63

Tabla19: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey ^a al 95%, de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	65
Tabla 20: Prueba de comparación múltiple de promedios según Duncan ^a al 95%, de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	65
Tabla 21: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el índice de germinación de semilla de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	66
Tabla 22: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, del índice de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	68
Tabla 23: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	69
Tabla 24: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	70
Tabla 25: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey ^a al 95%, del tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	72
Tabla 26: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 27: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey ^a al 95%, del diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	74
Tabla 28: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	75
Tabla29: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey ^a al 95%, del número de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.....	76
Tabla 30: Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	77
Tabla 31: Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey ^a al 95%, de la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>), según tratamientos.	79
Tabla 32: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol	83

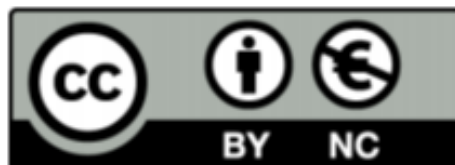
Tabla 33: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	85
Tabla 34: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	88
Tabla 35: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	90
Tabla 36: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	92
Tabla 37: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	93
Tabla 38: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	95
Tabla 39: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	97
Tabla 40: Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis de la parcela experimental.....	41
Figura 2: Efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.....	55
Figura 3: Efecto de la mezcla de sustratos en la germinación de plántulas de tomate de árbol.....	56
Figura 4: Efecto de la mezcla de sustratos en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol..	57
Figura 5: Criterio de prueba de hipótesis para los promedios entre tratamientos	82
Figura 6: Perfil histograma del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.....	84
Figura 7: Perfil histograma del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	86
Figura 8: Perfil histograma de la germinación acumulada de semillas de tomate de árbol según tratamientos.....	87
Figura 9: Perfil histograma de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol según tratamientos.....	89
Figura 10: Perfil histograma del índice de germinación de semillas de tomate de árbol según tratamientos.....	91
Figura 11: Perfil histograma del diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.....	93
Figura 12: Perfil histograma del tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.....	94
Figura 13: Perfil histograma del diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.....	96
Figura 14: Perfil histograma del número de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.....	98
Figura 15: Perfil histograma de la altura de planta en plántulas de tomate de árbol según tratamientos.....	99

“GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE DE ÁRBOL
(*Cyphomandra betacea*) VARIEDAD AMARILLO, UTILIZANDO EL COMPOST,
HUMUS DE LOMBRIZ Y ARENA DE RÍO VILCABAMBA – GRAU”

Esta publicación está bajo una licencia de Creative Commons



Introducción

A pesar que el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo es un cultivo marginal en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac, es un fruto que las familias vilcabambinas incorporan en su alimentación durante todo el año, existen dificultades en el uso de sustrato adecuado para la propagación de esta planta siendo las enfermedades fungosas las que se presentan en el crecimiento inicial de su desarrollo, con ese motivo se ha planteado la presente investigación con el propósito de evaluar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo bajo las condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau (80 mm/mes de precipitación, 14.15 °C de temperatura y 2700 msnm) con la intención de poner a disposición de los agricultores e instituciones públicas y privadas los hallazgos encontrados, producto del análisis de datos de los parametros de germinación y crecimiento inicial del tomate de árbol que es un cultivo que tiene alto potencial para los agricultores del distrito de Vilcabamba y Chuquibambilla de la provincia de Grau por las características climáticas y áreas de ladera y principalmente por el fruto que tiene versatilidad para ser utilizado en la industria de bebidas y alimentos, tiene gran aceptación para consumo en fresco en el mercado nacional y excelentes perspectivas para la exportación como fruta exótica. A pesar de esta riqueza y del gran potencial que tiene esta especie, aún se encuentra en proceso de domesticación, y con un sistema de producción incipiente; por esta razón, el crecimiento como cultivo es lento y a veces por desconocimiento de su fenología y utilización adecuada de sustratos para su propagación existen en Vilcabamba cultivares conformados por plantas altamente variables, con una producción heterogénea, baja calidad de fruto y susceptibilidad a plagas y enfermedades.

El tipo de investigación fue cuantitativo de nivel experimental en un diseño completo al azar con tres repeticiones y 10 tratamientos (20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 100% humus de lombriz, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 100% arena de río y 100% tierra agrícola), de los resultados se concluye que la mezcla de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones 30% y 70% respectivamente, es el más adecuado para la germinación de semillas (porcentaje de germinación = 89.67%, velocidad de germinación = 3 semillas/día, índice de germinación = 26 días) la aplicación de humus de lombriz y compost en las proporciones entre 20% a 30 % tiene como efecto la obtención de plántulas vigorosas en la etapa de sus crecimiento inicial bajo las condiciones de manejo en vivero los cuales están determinados por mayor diámetro de tallo, mayor tamaño de hojas, mayor diámetro de tallo y altura de planta a los 60 días después de la instalación.

La investigación tiene la estructura propuesta en la guía para elaborar la tesis de fecha junio del 2017, propuesta por la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Resumen

La investigación consistió en determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el Distrito de Vilcabamba, Provincia de Grau, utilizando para ello un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y 164 plantas por unidad experimental. Los tipos de mezclas utilizados como sustratos fueron: 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 100% humus de lombriz, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 100% arena de río y 100% tierra agrícola, las variables analizadas fueron: 1) Parámetros de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*) variedad amarillo en el cual se ha medido la capacidad de germinación, velocidad de germinación e índice de germinación cuyos datos fueron evaluados cada día durante los 35 días encontrándose como resultados diferencias significativas entre los tratamientos estudiados siendo la mezcla 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola la que mayor efecto tienen en los parámetros germinativos de semillas de tomate de árbol con 89.67% de porcentaje de germinación, velocidad de germinación de 3.03 semillas día y un índice de germinación de 26 días. 2) Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*) variedad amarillo en el cual se ha medido el diámetro de hojas, tamaño de hojas, número de hojas al transplante, diámetro de tallo y altura de planta durante 60 días, posteriormente se hizo un análisis estadístico de comparación múltiple de medias a través del análisis de varianza y pruebas de significación de Tukey en los resultados se encontró que la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río tuvo un efecto estadísticamente significativo en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, siendo la mezcla de sustratos a base de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20% y 80% respectivamente los que mayor efecto tienen en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, lo cual se manifiesta en 9.97 cm de diámetro de hojas en plántulas de tomate de árbol, 14.58 cm de tamaño de hojas. La utilización de 100% humus de lombriz tiene como efecto mayor diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol con el valor de 5.66 cm y mayor altura de planta con un promedio de 20.93 cm, la utilización de 100% compost tiene como efecto el promedio de 7.56 hojas por planta.

Palabras claves: plántula, germinación y crecimiento.

Abstract

The study consisted in determining the effect of the mixture of compost, earthworm humus and river sand on the germination and initial growth of tomato tree seedlings (*Cyphomandra betacea*) yellow variety in the district of Vilcabamba, province of Grau, using This is a completely randomized experimental design with three repetitions and 164 plants per experimental unit. The types of mixtures used as substrates were: 20% compost + 80% agricultural land, 30% compost + 70% agricultural land, 100% compost, 20% earthworm humus + 80% agricultural land, 30% earthworm humus + 70% agricultural land, 100% earthworm humus, 20% river sand + 80% agricultural land, 30% river sand + 70% agricultural land, 100% river sand and 100% agricultural land, the variables analyzed were: 1) Parameters of germination of seeds of tomato of tree (*Cyphomandra betaceae*) yellow variety in which the capacity of germination, germination speed and index of germination has been measured whose data were evaluated every day during the 35 days finding as results significant differences between the treatments studied being the mixture 30% earthworm humus + 70% agricultural land which have the greatest effect on the germination parameters of tree tomato seeds with 89.67% of germination percentage, germination speed of 3.03 seeds a day and a germination index of 26 days. 2) Initial growth of tree tomato seedlings (*Cyphomandra betaceae*) yellow variety in which the diameter of leaves, leaf size, number of leaves to transplant, stem diameter and plant height during 60 days was measured. made a statistical analysis of multiple means comparison through analysis of variance and significance tests of Tukey in the results found that the mixture of compost, earthworm humus and river sand had a statistically significant effect on the initial growth of seedlings of tomato tree, being the mixture of substrates based on earthworm humus and agricultural land in the proportions of 20% and 80% respectively, which have the greatest effect on the initial growth of tree tomato seedlings, which manifests itself in 9.97 cm in diameter of leaves in tree tomato seedlings, 14.58 cm in leaf size. The use of 100% earthworm humus has the effect of greater stem diameter of tree seedlings with the value of 5.66 cm and higher plant height with an average of 20.93 cm, the use of 100% compost has the effect of 7.56 leaves per plant.

Keywords: plantula, germination and growth.

CAPÍTULO I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, se adapta favorablemente a las condiciones climáticas del distrito de Vilcabamba y es una especie que no es exigente en cuanto a nutrientes y tratamientos sanitarios, la producción es durante todo el año y reemplaza en la gastronomía al tomate (*Lycopersicon esculentum*). La producción en el distrito de Vilcabamba y la provincia de Grau es a nivel de huertas familiares y se estima que en la etapa inicial de su desarrollo se pierde el 60% de las plántulas por mal manejo del sustrato en los viveros que motiva la presencia de *Fusarium spp* y *Fusarium sclerotium*, las familias desconocen las mezclas adecuadas de sustrato para la propagación perdiendo oportunidades para mejorar los ingresos familiares a partir de la venta de plántulas y los frutos de tomate de árbol que es un producto requerido para la preparación de ajíes en la gastronomía peruana, el consumo del fruto en extractos y jugos se atribuyen la reducción del colesterol y triglicéridos por lo que es demandado en la región Apurímac y a nivel nacional, dichas propiedades lo convierten en un cultivo alternativo para el mejoramiento de los ingresos familiares ya que el distrito de Vilcabamba cuenta con las condiciones climáticas favorables para su propagación y producción, siendo el problema encontrar el sustrato adecuado para mejorar la germinación y el crecimiento inicial de las plantas.

1.2. Enunciado

a) General

¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?

b) Problemas específicos

¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?

¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?

1.3. Objetivos

a) General

Evaluar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.

b) Específicos

Determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.

Determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Chyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.

1.4. Justificación

El distrito de Vilcabamba cuenta con terrenos favorables y clima propicio para la producción del cultivo de tomate de árbol, cuenta también con los materiales para la preparación de sustratos y suelos aptos para la producción del cultivo. El tomate de árbol por su parte tiene un fruto de importancia económica ya que tiene versatilidad para ser utilizado en la industria de bebidas y alimentos, tiene gran aceptación para consumo en fresco en el mercado nacional y excelentes perspectivas para la exportación como fruta exótica, en Vilcabamba los cultivares están conformados por plantas altamente variables, con una producción heterogénea, baja calidad de fruto y susceptibilidad a plagas y enfermedades, las familias tienen el cultivo en las huertas y su propagación se encuentra amenazado por desconocimiento del sustrato adecuado para la germinación y en la etapa de crecimiento inicial es afectado por la presencia de enfermedades como *Fusarium spp* y *Fusarium sclerotium*, ocasionando 60% de pérdidas, situación que motiva investigar para encontrar el sustrato más adecuado para la germinación de semillas de tomate de árbol y motivar la producción con plántulas vigorosas en la etapa inicial de su crecimiento.

1.5. Delimitación

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Sede Vilcabamba no cuenta con laboratorio de análisis de sustrato, por lo que es necesario realizar el análisis de sustrato de compost, humus de lombriz roja californiana y arena de río para conocer los niveles nutricionales que tiene el sustrato para medir el efecto en el proceso de germinación y desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Chyphomandra betacea*) variedad amarillo, además la facultad de Agroecología y Desarrollo Rural no cuenta con bibliografía y trabajos de investigación en el marco del tomate de árbol (*Chyphomandra*

betacea); para lo cual se va a tener que recurrir a otras universidades del ámbito de influencia de la Región de Apurímac y otros departamentos del Perú.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

García et. al. (2001) respecto al uso de sustrato en la producción hortícola, observaron que el polvo de coco solo o combinado con arena mineral o corteza de pino y la turba sola o combinada con agrolita, fueron los sustratos más prometedores para la producción de plantas de *Epipremum aereum* y *Spathiphyllum wallisii*. Por otro lado, Velasco et al., (2001) observaron que los tratamientos con adición de vermicomposta tuvieron mayor cantidad de nitrógeno (1.49%), P (600mg kg⁻¹), k (12000 mg kg⁻¹) y cantidades considerables de otros elementos. Las plantas de tomate de cascara adicionadas con vermicomposta fueron mejor nutridas y presentaron alto contenido de N, alto porcentaje de P y mayor tasa de fotosíntesis en comparación del testigo (suelo en campo). A sí mismo, Caraveo (1994) al evaluar en tomate los sustratos fibra de coco sin lavar, fibra de coco lavada y turba canadiense, obtuvo los mejores rendimientos en la fibra de coco lavada superando a la turba canadiense y a la fibra sin lavar. Igualmente, Martínez (1994) evaluó diferentes mezclas de sustrato como: corteza de pino, fibra de coco tezontle y peatmoss en noche buena, obteniéndose que la fibra de coco al 100% es mejor sustrato para flor de noche buena y que a medida que se incrementa el % de fibra de coco en el medio de crecimiento la calidad de la planta fue mayor. Igualmente, Ventura (2001) comparó el sustrato derivado de las cascara de almendra con polvo de coco para la producción de tomate, ambos sustratos tuvieron un comportamiento agronómico similar.

Por otro lado, Meerow (1994), realizó un ensayo en el evaluó el crecimiento de dos plantas ornamentales subtropicales comparando polvo de coco y turba, observo que el polvo de coco parece ser un sustituto aceptable para la turba de junco en sustrato para maceta y que es necesario ajustar los regímenes nutricionales de un cultivo a otro. A si para el desarrollo y crecimiento de plántulas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que este contribuye en la calidad de la plántula. Al respecto Hartmann y Kester (2002), mencionan que en la actualidad existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época de siembra, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato. Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Abad y Noguera, 2000).

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas en el ámbito mundial es la turba de musgo; sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación de las plántulas, pero por su costo elevado y explotación no es sostenible, lo que ha comenzado a restringir su uso (Fernández et al., 2006).

2.2. Marco Referencial

Meza y Manzano (2007) evaluaron la germinación y morfología de semillas almacenadas (cuatro meses) y frescas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Cav Sendth). En un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos, cinco repeticiones y 100 semillas por repetición. La prueba de germinación se realizó en tres tratamientos (arena + fibra de coco (S1), Promix (S2) y humus sólido de lombriz (S3)), y cinco repeticiones con 20 semillas por repetición para la prueba de emergencia. Las características de las semillas fueron: peso de 100 semillas 0,84 g., longitud 0,41 mm; anchura 0,35 mm y espesor 1,98 mm, forma redonda - acorazonada, amarillas, pubescente. El almacenamiento no afectó el inicio ni porcentaje de germinación. El inicio de la emergencia ocurrió a los 13, 19 y 21 días en S1, S2 y S3, respectivamente y la emergencia fue mayor en S3. La emergencia fue epígea y la plántula criptocotilar.

Criollo E. H., Insuasti, K. y Delgado, W. (2016) Evaluaron diferentes alternativas de micropropagación del tomate de árbol con el objetivo de determinar la alternativa más eficiente de multiplicación masiva de plántulas ya que su productividad es afectado por problemas sanitarios transmitidos por los métodos de propagación tradicionales. Evaluaron tres auxinas: ácido indolacético (AIA), ácido naftalenacético (ANA) y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) en diferentes dosis, combinadas con 6-bencilaminopurina (BAP) (1,0 mg L⁻¹ y 3,0 mg L⁻¹), en un medio de cultivo Murashige Skoog (1962), utilizando hipocotilos como explantes. El mayor promedio de brotes por explante (11,6 brotes) se obtuvo con AIA 0,5 mg L⁻¹ + BAP 3,0 mg L⁻¹; el porcentaje de enraizamiento del explante fue mayor en el testigo sin fitorreguladores y con la inclusión de AIA. La variable formación de plantas completas tuvo mejor comportamiento con AIA 0,5 mg L⁻¹ con el 36,9%. El mejor porcentaje de enraizamiento de brotes obtenidos a partir de hipocotilos, se obtuvo con AIA 1,0 mg L⁻¹ + BAP 3,0 mg L⁻¹, con un porcentaje de 96,23% y con AIA 1 mg L⁻¹ + BAP 1,5 mg L⁻¹ con 88,83% respectivamente. Las plantas enraizadas fueron exitosamente transferidas a campo con un 96,6% de supervivencia para hipocotilos.

Lagos, T. C., Bacca, T., Herrera, D. M., y Delgado, J. L. (2015). Estudiaron la biología reproductiva, horarios y métodos de polinización artificial en tomate de árbol *Cyphomandra betacea*, cultivar Manzano en una localidad del departamento de Nariño (Colombia), ubicado a 2100 msnm, con temperatura de 13°C. Se marcaron 1000 botones florales de 0,5 cm de largo. Cada ocho y hasta 40 días, cuando se dio la fecundación, se hicieron mediciones en mm de la longitud del botón floral, largo y diámetro de la corola, diámetro ecuatorial del cáliz, largo y diámetro del ovario, largo del filamento, largo del estilo, largo y ancho de anteras, viabilidad del polen y receptividad del pistilo. El crecimiento de los verticilos se ajustó al modelo $y = \beta d$. El polen inicia su maduración a los 24 días, con un 61,48% de viabilidad. La receptividad del pistilo se da a los 16 días, 13 días antes de la antesis. Igualmente, se evaluaron horarios de polinización con y sin hormona. Las polinizaciones realizadas entre 8 a.m. y 4 p.m. con y sin hormona, no presentaron diferencias significativas para eficiencia de hibridación (EH), número de semillas por fruto (SPF) y porcentaje de germinación (PG). La EH osciló entre el 36 y el 68%. El número

de SPF osciló entre 240 y 361 y el PG presentó un rango de 56 a 66%. Entre las 2 y 4 p.m. y sin hormona, se obtuvo el mayor peso por fruto (121,97 g) y la mayor velocidad de germinación (1,87).

Osorio García (2015). Evaluó distintas concentraciones de ácido giberélico y el antagonismo generado por las giberelinas en la germinación de las semillas de tomate de árbol. El material biológico utilizado correspondió a semillas de frutos con color rojo uniforme. Los tratamientos correspondieron a distintas concentraciones de Ácido Giberélico (150, 300 y 500 ppm), además de un testigo (sin aplicación), con tres repeticiones. Estos tratamientos se aleatorizaron con base en un Diseño Completamente al Azar. Las comparaciones de medias se hicieron con la prueba de Dunnett, dada la existencia de un tratamiento control. Posteriormente se realizó la prueba de Duncan entre los tratamientos que presentaron diferencias significativas respecto al control. Los resultados muestran una ausencia de diferencias significativas al comparar el tratamiento de 150 ppm de Ácido Giberélico, con respecto al control. Por el contrario, se presentaron diferencias significativas de los tratamientos de 500 ppm y de 300 ppm con respecto al tratamiento control, registrándose los mayores valores de germinación con el uso del tratamiento 500 ppm. En conclusión, se encontró que la latencia de las semillas de tomate de árbol se clasifica como morfofisiológica no profunda. Por tanto, realizar un adecuado tratamiento pre-germinativo, permite aumentar la cantidad de semillas germinadas en el tomate de árbol.

Calvo (2009), evaluaron el efecto de diferentes sustratos (arena de río, suelo de sabana y bagazo de caña de azúcar), solos o en combinación sobre la producción de plántulas de tomate de árbol y encontraron que los sustratos arena (50%) + tierra (50%) y tierra (100%), son los mejores para la producción de plántulas de tomare de árbol, pero se prefiere el primero porque produce un mejor desarrollo radical.

Finlay y Wilkinson (1963), realizaron investigaciones sobre adaptabilidad del (*Cyphomandra betacea*) con el objetivo de identificar el comportamiento del tomate de árbol en diversos pisos ecológicos incluyendo su adaptabilidad, en esta investigación se afirmó que el tomate de árbol es tan sensible a las temperaturas bajas 12 °C a menos. Es recomendable cultivar en zonas cálidas, semi-cálidas con altitudes de 1000 m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m. a menores de 1000 m.s.n.m. la planta no fructifica y a mayores de 3000 m.s.n.m. igualmente.

2.2.1. Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav. Sendt.)

Amaya R. y Julca H. (2006) manifiestan que el tomate de árbol *Cyphomandra betaceae* Went pertenece a la familia de las solanáceas tropicales, es una planta originaria de los Andes Peruanos disperso en otros países de la región andina como Chile, norte de Argentina, Ecuador y Bolivia dónde es producido extensivamente, así como en Brasil y Colombia, con la finalidad de exportar y aprovechar sus frutos comestibles. En La Libertad se la encuentra desde el nivel del mar hasta los 3,000 m. de altura, principalmente en los valles interandinos de las provincias de la sierra y ceja de selva. En 1903 esta planta fue introducida al África, India y Australia, países que la producen en las regiones montañosas.

Los frutos del tomate de árbol se han hecho muy populares en Nueva Zelanda, cuya popularidad ha desplazado al kiwifruit, demostrándose el potencial internacional de esta fruta. La escasez de frutas tropicales en la Segunda Guerra Mundial justificaron un incremento en la producción de esta planta. Una campaña promocional en 1961 y su promoción hicieron que alcanzara récord en el año 1967.

Cyphomandra betacea, es el tercer taxa más importante de plantas, económicamente el más valioso y variable en términos vegetales cultivados, siendo una de las más importantes en el abastecimiento de plantas útiles para la humanidad. Está compuesto por más 3000 especies distribuidas en 147 géneros de los cuales cinco especies ocurren exclusivamente en Sur América, donde existen dos centros de diversidad, uno en las laderas andinas del Perú y Bolivia y la otra en el sur oriente del Brasil (Bohs, 1995).

La mayoría de especies del subgénero *Chyphomandra* son subtropicales y habitan en el bosque húmedo en alturas comprendidas entre los 500 y los 2000 m.s.n.m., sin embargo algunas se pueden encontrar en el trapecio amazónico, en alturas de 100 m.s.n.m. o menos. Otras prefieren los bosques nubosos localizados a altitudes de más de 3000 m.s.n.m. (Bosh, 1995).

2.2.2. Origen y distribución

El tomate de árbol *Cyphomandra betacea*, es una planta de las zonas andinas. Su probable centro de origen se localiza en áreas boscosas del sur de Bolivia y norte de Argentina, encontrándose además individuos silvestres de esta especie en el Perú, Chile, Ecuador y Colombia. Esta fruta se ha establecido en los Andes Suramericanos en lugares ubicados desde los 1800 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar y hoy en día se encuentra dispersa por diferentes partes del mundo. Se sabe que el tomate de árbol se cultiva desde épocas prehispánicas (siglos XII a XVII) en zonas de clima frío moderado y es considerado como una planta originaria de Suramérica (Girard y Lobo, 1987)

2.2.3. Propagación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Jimenez y Villegas (2013). El tomate de árbol se puede propagar sexualmente por semillas, mediante el establecimiento de semilleros y asexualmente (vegetativamente), mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos, para la obtención de la semilla, y posteriormente de las plántulas, se deben seguir los siguientes pasos:

- Selección de la planta madre, que sea sana y vigorosa, con frutos maduros y en buen estado.
- Extracción y lavado de las semillas; para el lavado se puede utilizar una malla fina de alambre.
- Secado de las semillas a la sombra, durante uno a dos días.

- Siembra (en el semillero) a chorro continuo en líneas separadas a 5cm.
- La germinación de las semillas ocurre aproximadamente a las cinco semanas.

2.2.4. Técnicas del cultivo

Escarria (1986). Los aspectos técnicos que se deben tomar en consideración para el cultivo de tomate de árbol son:

Almácigo

Las semillas extraídas de frutos maduros se dejan secar de 10 a 15 días al ambiente y luego se colocan en un almácigo, con un sustrato compuesto por una parte con tierra cultivable, una de arena y una parte de materia orgánica

Repique y trasplante

La germinación tarda alrededor de 30 días y cuando las plantas tienen de 15 a 20 cm de alto (3 a 4 hojas) se realiza el repique, es decir el trasplante de plántulas del almácigo a fundas. Después de 60 días se trasplanta al terreno definitivo.

Preparación del terreno

Se realiza una aradura y cruzada para hacer un volteo del suelo, debe hacerse con pasadas de 30 a 40 cm de profundidad, e incorporar materia orgánica para incrementar la microflora y microfauna del suelo.

2.2.5. Descripción botánica

Flores

Luna y Osorio (1993). Las flores son perfectas, es decir que poseen todas sus estructuras bien diferenciadas, hermafroditas o con ambos sexos en la flor, monoclinas, alógamas y actinomorfas de forma simétrica en corte radial, la flor es pentámera, presenta cinco sépalos unidos hasta la mitad o más arriba, cinco pétalos unidos en la base, cinco estambres que alternan con los lóbulos de la corola y su pistilo está formado por dos carpelos unidos.

Raíces

Luna y Osorio (1993), afirma que el desarrollo del sistema radicular depende del origen de la planta, es decir, si proviene de semillas o de segmento de tallo tipo estaca o esqueje además de la textura del suelo.

Escarria (1986), llegó a la conclusión que el sistema radicular del tomate es muy superficial y poco profundo y en el mejor de los casos llegó a los 100 cm de profundidad, los suelos franco arenosos

favorecen el crecimiento de un buen sistema radicular ayudado por un sistema de riego por surco; resalta que el tipo de suelo ideal para su desarrollo es el de tipo franco.

Tallo

Según Benavides (2012), el tallo del tomate de árbol en sus estadios iniciales se presenta succulento y es de color verde claro, aparecen lenticelas, este color se torna verde oscuro o pardo cuando el xilema se torna leñoso a medida crece y ramifica llegando a una altura de 1.8 a 2.4 metros.

Hojas

Benavides (2012), reporta en sus estudios que el tomate de árbol presenta dos tipos de hojas: las de crecimiento y las de producción. Las hojas de crecimiento se ubican a lo largo del fuste joven, son cordiformes, alternas, de 10 a 40 cm de largo y de 4 a 12 cm de ancho, finas, pubescentes y con las venas visibles avanzada a la madurez fisiológica la planta presenta hojas de menor color verde claro, verde oscuro e incluso una coloración púrpura obscuro en los brotes juveniles del ápice o copa del árbol.

Frutos

León (2004), reporta los siguientes datos que permiten una visión panorámica de las características fenotípicas de los frutos de los cinco cultivares que utilizó en su estudio pomológico:

Tabla 1:

Características de los frutos de cinco variedades de tomate de árbol.

Característica	Cultivares					
	Gigante anaranjado	Morado	Neozelandés	Puntón anaranjado	Redondo anaranjado	Promedio entre cultivares
Longitud, cm	7.92	7.85	6.26	6.02	5.36	6.68
Ancho, cm	5.53	5.60	4.45	4.31	4.69	4.92
Peso total, g	130.21	125.68	87.36	74.90	74.54	98.54
% corteza	15.35	14.49	15.08	16.35	15.71	15.40
Peso pulpa, g	122.18	117.80	78.96	66.90	66.98	90.58
% sólidos solubles	13.59	14.50	15.49	14.58	14.42	14.52
% acides titulable	3.46	2.48	2.01	2.52	3.71	2.48
Peso semillas, g	1.44	1.26	1.25	1.28	1.26	1.30
N° semillas	308	295	215	196	243	251.40

% germinación	de 92	80	88	85	83	85.60
Color del mucilago alrededor de la semilla	Amarillo 60, Magenta 50, Cian 00	Amarillo 60, Magenta 99, Cian 30	Amarillo 60, Magenta 99, Cian 30	Amarillo 60, Magenta 50, Cian 00	Amarillo 60, Magenta 50, Cian 00	-

Fuente: León, J. (2004).

En la Nueva Zelanda se estudió la composición Proximal, Mineral y Vitamínica de los frutos de tomate de árbol de color amarillo y rojo, como se expresa en los siguientes cuadros:

Tabla 2:

Composición mineral del tomate de árbol, (mg/100 g mucílago fresco).

Elementos		Color de fruta	
		Rojo	Amarillo
Sodio	Na	1.6	1.3
Potasio	K	320	290
Calcio	Ca	11	10
Magnesio	Mg	21	20
Fósforo	P	39	40
Azufre	S	17	20
Cloro	Cl	29	14
Cobre	Cu	0.05	0.07
Hierro	Fe	0.60	0.45
Manganeso	Mn	0.11	0.20
Zinc	Zn	0.10	

Fuente: León, J. (2004)

Tabla 3:

Composición vitamínica del tomate de árbol, ($\mu\text{g}/100\text{ g}$ de mucílago fresco).

Vitamina	Color de la fruta	
	Rojo	Amarillo
Caroteno	560	780
Tiamina	53	98
Riboflavina	6.4	9.9
Piridoxina B6	190	400

Vitamina E	1860	2010
Vitamina C	31	21
Niacina	230	600

Fuente: León, J. (2004)

Tabla 4:

Composición proximal del tomate de árbol, ($\mu\text{g}/100$ g de mucílago fresco).

Composición proximal	Color de la fruta	
	Rojo	Amarillo
Azúcares solubles totales	5.3	3.5
Nitrógeno	0.32	0.32
Proteína 6.25 x N	2.0	2.0
Energía KJ/100 g parte comestible	150	110
Energía Cal/100 g parte comestible	36	27

Fuente: León, J. (2004)

Semilla

Manzano (2005). En botánica (óvulo fecundado y maduro), y en agricultura (simiente o unidad). Una semilla es su acepción etimológica primitiva y corriente es “la unidad de reproducción y diseminación”, por lo que tiene un sentido más amplio que el usado de siembra.

Las semillas están cubiertas por un arilo de diferente color dependiendo de la variedad y su peso varía entre 5 y 6 miligramos. Estas poseen un color amarillo a pardo oscuro, pubescentes, circulares o reniformes.

Latencia de semillas

Escarria (1986). A menudo sucede que algunas semillas rodeadas de lo que podría llamarse un ambiente óptimo para germinación, temperatura y agua favorable, buena disponibilidad de oxígeno, no logran germinar. Este fenómeno se denomina latencia. Las semillas de la mayoría de las plantas después de la maduración no germinan de inmediato. En la madurez entran en un estado de latencia de duración variada según la especie, latencia que puede durar desde unas pocas semanas o meses hasta varios años. Las semillas de algunas especies germinan a continuación de un intervalo de almacenamiento seco o en la primavera siguiente. Las semillas de otras especies germinan con irregularidad en un lapso de tiempo de dos a muchos años. Cuando multiplicamos plantas por semillas, conviene abreviar este tiempo de latencia que es debido principalmente a dos causas: La impermeabilidad de la cubierta de la semilla y la latencia interna del propio embrión. En algunas especies se presenta una sola causa, pero en muchas especies se dan las dos.

Impermeabilidad de la cubierta de la semilla. La impermeabilidad al agua y al oxígeno de la cubierta de la semilla es una causa muy frecuente del aplazamiento de la germinación de árboles. La impermeabilidad de la cubierta de la semilla en condiciones naturales se aumenta por la acción de las heladas, acción de los microorganismos del suelo, etc., hasta que se produzca la germinación. de manera artificial se llega a métodos que ablanden las cubiertas seminales; tales como la inmersión de las semillas en agua caliente o el empleo de ácido sulfúrico (Escarria, 1986).

Embriones latentes. Aunque se les quiten por completo la cubierta y se pongan en condiciones favorables para la germinación, las semillas de muchas especies no germinan. Este fenómeno es muy frecuente en semillas de árboles, debido a condiciones fisiológicas del embrión, necesitando este tipo de semillas un tiempo de posmaduración. Muchas semillas necesitan para ello humedad y baja temperatura lo que de manera natural sucede en los inviernos de zonas de clima templado (Escarria, 1986).

De manera artificial se produce mediante la estratificación. Que consiste en colocar las semillas en arena húmeda a temperatura de 1-6 °C durante cierto tiempo, con frecuencia varios meses (Escarria, 1986).

2.2.6. Descripción morfológica

La morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma a las condiciones ambientales y las prácticas culturales del vivero, y generalmente es fácil de cuantificar (Dogliotti, 2012).

La morfología es la manifestación física de las plantas y generalmente los principales atributos físicos son:

Altura. Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se a utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Dogliotti, 2012).

Diámetro del cuello de la raíz. Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo, define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Meza y Manzano, 2009).

El diámetro es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. El diámetro está influenciado por la densidad del cultivo en vivero y puede verse afectado por prácticas culturales como el repicado apical y también se puede mejorar a través de un aumento en la velocidad y la uniformidad en la germinación, el diámetro es una medida de la robustez de la planta y

se ha considerado como el mejor predictor individual del crecimiento y la supervivencia en campo (Dogliotti, 2012).

Tamaño del sistema radical. En las raíces finas es donde se concreta la actividad de absorción de agua y nutrimentos al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se concreta fundamentalmente en el anclaje de las plantas (Dogliotti, 2012).

2.2.7. Fenología del cultivo de tomate de árbol

Etapas del crecimiento

Reyes (1993), la etapa de crecimiento en el tomate de árbol comienza desde la floración hasta la cosecha. La duración de las etapas de crecimiento depende de muchos factores, en especial de las condiciones climáticas, así en zonas frías, las etapas de crecimiento del tomate de árbol son más largas que en zonas calientes. Las etapas de crecimiento del tomate de árbol son:

Etapa vegetativa: es el periodo comprendido entre la siembra y la floración, dura de 6 a 8 meses. En otras palabras, es el periodo que va desde el trasplante hasta el inicio de la floración, cuando concluye la formación de las ramas principales. En esta fase el crecimiento es continuo, las hojas alcanzan su máximo crecimiento y el tallo crece en altura y tiene una consistencia leñosa (Amaya, 2006). Se puede aportar con fertilizantes a base de nitrógeno, fosforo, calcio, micronutrientes y materia orgánica para favorecer el crecimiento de las plantas (León, 2004).

Etapa reproductiva: es la fase que se encuentra entre el inicio de la floración y el inicio de la fructificación, dura aproximadamente de 7 a 14 meses. El inicio de la floración se origina con la floración de la primera inflorescencia ubicada en la bifurcación del tallo, hasta las primeras inflorescencias ubicadas en los brotes de las ramas principales. Una vez establecido la floración, esta permanece constante durante toda la vida del cultivo (Bernal y Diaz, 2003).

Etapa productiva: esta fase comprende desde el momento en el cual la planta ha logrado mantener su producción de forma constante y concluye con la declinación de la producción de la planta, este periodo puede ir desde los 17 hasta los 44 meses en los mejores casos (Bernal y Diaz, 2003), mientras que Osorio (1992), afirma que este periodo oscila entre los 24 y 30 meses. La formación del fruto se la conoce como fructificación que desde la fecundación de las primeras flores y concluye con la formación y maduración de los frutos, esto ocurre durante un lapso de 21 a 28 semanas.

Como consideración final, tanto el crecimiento vegetativo y el productivo es continuo durante todo el año, así en periodos secos habrá un crecimiento de ramas, lo que involucra los procesos de elongación y brotación en periodos de alta precipitación la fase de crecimiento se reduce, fomentando el apareamiento de flores y frutos (Bernal y Diaz, 2003).

2.2.8. Plagas y enfermedades

a) Plagas

Chinche o chimchorro (*Leptoglossus zonatus*)

Es un insecto de color café, el cual ataca al fruto mediante la perforación del mismo por medio de su estilete para absorber el contenido del mismo, así como también a las flores. El síntoma que ocasiona sobre el fruto es el apareamiento de zonas endurecidas sobre el fruto o de manchas oscuras rodeadas por un halo rojizo, debido a las toxinas que posee el insecto en la saliva, esta plaga no tiene preferencia por frutos tiernos o maduros (León, 2004).

Pulgonos (*Aphis sp. – Myzuss p.*)

Son insectos pequeños blandos de colores como el verde, gris o negro. Son insectos chupadores que se alimentan básicamente de savia. Se ubican en brotes terminales, hojas tiernas, flores y el envés de las hojas. Es una plaga que se incrementa en épocas de sequía. Los principales daños que produce esta plaga son: deformación de hojas, poco crecimiento vegetativo, formación de fumagina y transmisión de virus, siendo este el principal daño (León, 2004).

Trozador (*Agrotis sp.*)

Son larvas del suelo que atacan a tejidos jóvenes no lignificados, atacan la base del tallo de la planta, ocasionando el volcamiento de las plantas jóvenes. La falta de monitoreo y controles pertinentes puede ocasionar daños del 10% del total de las plantas (León, 2004).

Nemátodos (*Meloidogyne incognita*)

Se los encuentra en los suelos de todas las áreas productoras de tomate de árbol. Ataca a todo los genotipos, siendo el anaranjado puntón el menos susceptible. El nematodo se aloja en las raíces de la planta de la cual absorbe agua y nutrientes. Este ocasiona deformaciones en las raíces en forma de nódulos y agallas las que impiden la nutrición adecuada de la planta. Las plantas atacadas por nemátodos son de color amarillento, de escaso crecimiento y fructificación, frutos de tamaño pequeño y disminución de la vida útil de la planta (León, 2004).

b) Enfermedades del tomate de árbol

Fusariosis, Mancha negra ó pata de puerco (*Fusarium sp.*)

Es una enfermedad muy agresiva, que puede acabar con todas las plantas en el cultivo (Revelo, Perez y Maila, 2004). Cuando la enfermedad se presenta en el cuello del tallo puede avanzar hasta la raíz,

descomponiendo el tejido radicular, lo que ocasiona que se produzcan fuertes olores. Esto provoca una marchitez en la planta (León, 2004).

Rancha o tizón tardío (*Phitophthora infestans*)

Esta enfermedad se encuentra en todas las áreas donde se cultive tomate de árbol, pero su virulencia se expresa en sectores donde la humedad y las precipitaciones son altas. En épocas secas la enfermedad detiene su crecimiento (Revelo, et al, 2004) . Su diseminación lo realiza a través del viento y su facilidad para entrar a los tejidos es debido a la presencia de heridas ocasionadas por insectos y herramientas (León, 2004).

Ataca al follaje, ramillas de las plantas adultas y tallos de las plantas jóvenes. En las hojas aparecen manchas café, circulares con ondulaciones concéntricas, las cuales se unen ocasionando necrosis de la hoja y posteriormente causar un desprendimiento de las mismas. Los tallos y ramillas presentan una pudrición acuosa de color negro que con el tiempo destruyen la corteza y los vasos conductores provocando caída de flores y de frutos. También puede atacar a los frutos ocasionando manchas y pudriciones (León, 2004).

Oídio cenicilla (*Oidium sp.*)

Presenta en zonas productoras con baja presencia de humedad relativa y precipitaciones. Son manchas de color negro recubiertas por una cenicilla o polvo blanquecino que se presenta sobre las hojas viejas. Estas manchas pueden unirse y cubrir la gran parte de la hoja ocasionando defoliaciones. También ataca a los pedicelos de las flores ocasionando su caída, afectando en la producción de la planta. Su diseminación es a través del viento (León, 2004).

Alternariosis (*Alternaria sp.*)

El hongo se manifiesta en condiciones de alta humedad relativa y bajas temperaturas. Ataca a las hojas, presenta anchas oscuras con anillos concéntricos las cuales crecen y afectan el área foliar, provocando una defoliación. También puede matar las primeras inflorescencias, afectando a la producción (León, 2004).

Virosis

El problema del virus se puede encontrar en el 100% de los cultivos de tomate de árbol (Simmonds, 2001). Los virus se propagan a las plantas sanas mediante: propagación vegetativa, nemátodos, ácaros, por la semilla polen y por medio de insectos, siendo el pulgón el principal vector (León, 2004). Se presentan manchas color púrpura, alargamientos, deformaciones y arrugamientos en las hojas (Revelo et al., 2004).

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)

Saldarriaga, Castaño, y Arango (2008) manifiestan que la mayor incidencia de esta enfermedad se localiza en regiones tropicales y subtropicales, debido a las condiciones climáticas óptimas que presentan estas zonas como son temperaturas que van desde las medias a las altas, precipitaciones frecuentes y humedad relativa significativa. Revelo et al., (2004) dice que esta enfermedad se caracteriza porque en los frutos causa pudriciones; también ataca a ramillas, hojas y pequeños componentes que conforman la inflorescencia.

2.2.9. Requerimientos del cultivo

Las mejores zonas de vida ideales para el desarrollo del tomate de árbol (*Chyphomandra betcea*) son:

Altitud: Comprendida entre los 1000 a 3000 msnm, siendo el ideal entre los 1500 a 2600 msnm (Revelo, 2004).

El tomate de árbol se desarrolla en latitud comprendidas entre los 1000 y 3000 m.s.n.m. pero la mayor superficie cultivada se encuentra en áreas comprendidas entre 2000 y 2500 m.s.n.m., (Apraez, Romo y Lagos, 2012).

Temperatura: La temperatura óptima para este cultivo está entre los 14 °C y los 20 °C, bajo estas condiciones las plantas entran en producción a partir de los 10 a 12 meses; en zonas con temperaturas altas permanentes y algo sombreadas, las plantas presentan crecimiento excesivo debido al alargamiento de los internudos. Plantas que se desarrollan en áreas con temperaturas promedio bajas (inferiores a 14°C) presentan retardo en el crecimiento y prolongan la diferenciación de las yemas productivas e inicio de la cosecha a partir de los 15 meses. Las heladas producen daños físicos y caída de flores, frutos y hojas (Apraez, Romo y Lagos, 2012).

Precipitación: según Apraez, Romo y Lagos (2012), la cantidad de agua necesario para este cultivo es de 1000 mm anuales, y según Amaya et al., (2006), este rango puede oscilar entre los 500 a 1500 mm anuales. En lugares donde las precipitaciones anuales superan los 1500 mm, puede llegar haber encharcamientos, originando problemas radiculares y en lugares donde la cantidad de agua no cumple con lo requerida por la planta es necesario regar (León, 2004).

Humedad relativa: Se encuentra entre los 60 a 80%. En lugares donde la humedad relativa es alta, los problemas de enfermedades aparecerán, tales como la antracnosis y mancha negra, por el contrario, cuando la humedad relativa es baja, problemas de plagas y ataques de oidio se presentarán en las plantas (León, 2004).

Luminosidad: Se desarrolla bien en radiaciones solares entre las 1500 a 1800 horas/luz/año, en otras palabras, se requiere de 5 a 6 horas/luz/día (León, 2004).

Suelos: Según Revelo (2004), el tomate de árbol se ha encontrado en suelos con texturas que van del franco arenoso al franco arcilloso siendo ideal el suelo franco arenoso, el pH debe ser ligeramente ácido a neutro (6 – 7), suelos profundos y con un buen contenido de materia orgánica (4 – 5%).

2.2.10. Germinación

Camacho M., (2011). Se define a la germinación en términos bioquímicos, fisiológicos, como el proceso mediante el cual el embrión de la semilla adquiere la actividad metabólica necesaria para iniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta. Meza y Manzano (2009), el objetivo fundamental de todos los análisis de germinación es evaluar la potencialidad para germinar. Tres aspectos fundamentales deben ser considerados para evaluar el éxito de la germinación de las semillas.

a) Capacidad de germinación (CG%)

Camacho M., (2011). Es el número de semillas que germinan en condiciones definidas (bajo un tratamiento específico por ejemplo), puede ser expresado en porcentaje (%) o en números absolutos. Para obtener la capacidad germinativa, la relación se hace de la siguiente forma donde:

N= número de semillas sembradas

n= número de semillas germinadas

$$CG\% = n * 100 / N$$

Se considera una CG aceptable cuando presenta valores por arriba del 60%. Cuando la germinación este por debajo de dicho valor se sugiere buscar otro tipo de tratamientos pregerminativos.

b) Velocidad de germinación

Camacho M. (2011). Como su nombre lo dice evalúa la rapidez o tasa con que el proceso germinativo ocurre bajo un tratamiento dado.

$$VG = \sum \frac{(sg)}{t}$$

Donde:

VG: Velocidad de Germinación.

sg: total de semillas germinadas en el día

t: número de días después de la siembra hasta la germinación de la última semilla.

c) Índice de Germinación (IG)

Camacho M. (2011). Medida del tiempo de germinación en relación con la capacidad germinativa

$$IG = \frac{\sum(sg \times t)}{ss}$$

Donde:

IG: Índice de Germinación.

sg: total de semillas germinadas en el día

t: número de días después de la siembra

ss: total de semillas sembradas

Los resultados que se tienen en cada uno de estos índices permitirán evaluar no solo la viabilidad de lote de semillas, elementos fundamentales para asegurar una producción exitosa.

Proceso de germinación

Bernal, Díaz, Amaya y Vanegas (2003). El embrión no es capaz de nutrirse por sí mismo, por lo que, desde que se siembra una semilla, hasta que nace la planta capaz de realizar fotosíntesis, sucede una serie de fenómenos que contribuyen al mecanismo o proceso de la germinación.

La semilla adsorbe agua.- la semilla en un suelo húmedo adsorbe agua y se hincha, el agua reblandece el tegumento y lo hace permeable al aire. El tegumento termina rompiéndose y las sustancias de reserva se ablandan para transformarse en sustancias más simples mejor asimilables y se desencadena la acción de las hormonas de crecimiento.

Las sustancias de reserva son utilizables.- las sustancias solubles pasan a los diferentes órganos del embrión, el cual las utilizara para su desarrollo. La radícula sale al exterior, y se implanta en el suelo, para luego convertirse en la verdadera raíz. El tallo acompañado de las hojas y la yema terminal o gémula, empieza a crecer y perfora la tierra saliendo al exterior y tomando color verde por efecto de la luz.

La semilla respira intensamente.- la transformación de las sustancias de reserva, el desarrollo de las raíces, del tallo y de las hojas, provoca una respiración intensa de las semillas en la germinación. La respiración provee la energía que la semilla necesita pero consume una parte de las sustancias de reserva.

Bernal, et al (2003). Las semillas “seca” generalmente respiran muy poco y solo aumenta su consumo de oxígeno con la imbibición de agua.

- En la primera fase de producción un rápido incremento de la respiración, antes de llegarse a las 12 horas medidas de un medio húmedo. A mayor hidratación mayor respiración.

- Entre las 12 y 24 horas se estabiliza la actividad respiratoria.
- A partir de las 24 horas se produce un segundo incremento de la actividad respiratoria, generalmente debido a la ruptura de la cubierta producida al salir la radícula, esto permite que entre mucho más oxígeno.
- Hay una cuarta fase en la que disminuye la respiración al desintegrarse los cotiledones, después de exportar al embrión las reservas almacenadas.

La planta adquiere autonomía.- las sustancias de reserva se van agotando, las semillas reducen de volumen, se arruga y cesa de nutrir a la joven planta. Es el momento en el cual las raíces, el tallo y las hojas cogen el relevo para asegurar la nutrición. La planta ya puede fabricar su propio alimento.

Las sustancias de reserva son transformadas.- las sustancias de reserva tal y como se encuentran, no pueden nutrirle al embrión, pues están formadas por moléculas grandes y no asimilables. Durante la germinación el agua, el calor y las enzimas las modifican y las hacen asimilables.

Requisitos para que ocurra la germinación

Bernal, et al (2003). Asumiendo que no existen mecanismos de latencia que impiden la germinación, se requiere de la concurrencia de varios factores para que el embrión contenido en las semillas reinicie su desarrollo.

1. Adsorción del agua

Imbibición

Bernal, et al (2003). Se caracteriza por un aumento de volumen de las sustancias que embebe. Cuando el agua penetra en la semilla, una fracción ocupa los espacios libres y otras se une químicamente a las sustancias de que están compuestas las semillas. El volumen de las semillas aumenta con la imbibición, pero el volumen final del sistema (semilla + agua) es menor que la suma de los volúmenes individuales iniciales de la semilla y agua.

La tasa de imbibición se ve afectada por varios factores que pueden determinar la respuesta a germinación de semillas:

- **Permeabilidad de la cubierta seminal.-** semillas cuyas cubiertas son totalmente impermeables al agua, ejemplo. Semillas duras de leguminosas, de algodón, etc.
- **Concentración del agua.-** la imbibición es más rápida cuando la semilla está en contacto con agua pura que cuando el agua contiene solutos.

- **Temperatura.-** se ha encontrado experimentalmente que un aumento de 10 °C en la temperatura duplica la tasa de adsorción al inicio del proceso de imbibición.
- **Presión hidrostática.-** conforme el agua penetra en las semillas, esta provoca un aumento de volumen y presión en las membranas celulares. Igualmente, las membranas celulares imponen resistencia de igual magnitud.
- **Área de la semilla en contacto con agua.-** En algunas clases de semilla ciertas regiones son más permeables que otras. Por ejemplo el hilo de las semillas de leguminosas.
- **Fuerzas intermoleculares.-** cualquier aumento en estas fuerzas disminuye la presión de difusión del agua y por tanto la tasa de adsorción de las semillas.
- **Diferencia entre especies.-** algunas especies adsorben agua más rápidamente que otras. Por ejemplo, semillas de algodón adsorbe agua más lentamente que la semilla de frijol.
- **Adsorción diferencial por órgano de la semilla.-** las semillas están compuestas de diversos órganos. Estos se pueden agrupar, arbitrariamente en las siguientes categorías:

Cubierta seminal (testa, pedicarlo, etc.): funciona como órgano de transporte de agua.

Tejidos nutritivos de reserva (cotiledones, endospermas, perisperma, etc.): el endosperma y los cotiledones adsorben agua lentamente.

Eje embrionario (Compuesto de radícula, plúmula y estructuras asociadas): adsorbe agua rápida y continuamente.

Contenido de humedad mínimo para que ocurra la germinación. Cada especie necesita adsorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación. Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesita un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína.

El exceso de agua puede ser tan pernicioso para la semilla como la carencia. Si el nivel de agua llega a excluir o restringir la penetración de oxígeno a la semilla, la germinación se retarda o no ocurre, en un gran número de especies. En otras no se han observado daños. Ejemplo, la germinación de la semilla de arroz se puede acelerar por inmersión por el contrario, la inmersión de la semilla de frijol por periodos relativamente cortos puede causar daños reversos.

2. Efecto de la temperatura

Osorio y Madrid (1978). Para cada clase de semilla existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación.

Temperatura mínima. Por debajo de esta temperatura los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un periodo razonable de tiempo. Bajas temperaturas pero por encima del punto de congelación no son letales a las semillas.

Temperatura máxima. Es la temperatura por encima de la cual los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión. En contraste con la temperatura mínima, la máxima es fácil de determinar ya que temperaturas superiores a la máxima causan daños irreversibles a las semillas (excepción a esta regla son las semillas que entran en latencia a altas temperaturas).

Temperatura óptima. Esta se puede definir como la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo tiempo.

En general las semillas de la mayoría de las especies germinan mejor entre los 20 y 25 °C y temperaturas por debajo de 5 °C y por encima de 40 °C son perjudiciales para la germinación.

3. Presencia de oxígeno

Amaya, et al., (2006). La actividad respiratoria de la semilla puede controlarse por velocidad con que el oxígeno llega a las mitocondrias de las células fisiológicamente activas de la semilla. El efecto combinado de solubilidad y difusibilidad reduce la tasa de difusión de oxígeno de 0.205 ml/cm² x seg. 5.7 x 10.7 ml/cm x seg. De lo anterior es fácil deducir que el exceso de humedad en el sustrato de germinación (o en el suelo) reduce notablemente la disponibilidad de oxígeno a las semillas de germinación.

Osorio y Madrid (1978). La necesidad de oxígeno cambian con las diferentes fases de germinación. Se ha encontrado que la semilla de lechuga es inherente a la presencia o ausencia de oxígeno durante la imbibición, pero requiere de oxígeno durante la emergencia de la radícula.

El oxígeno es necesario para que se produzca la alta intensidad de la respiración en la semilla al germinar. Por ello es necesario que la semilla no se encuentre a mucha profundidad, sino en una zona muy cercana a la superficie, de forma que haya renovación de aire donde ella este. Si hay mucha agua la semilla no germina, al faltarle el oxígeno, y se pudre.

4. Luz

Osorio y Madrid (1978). La exposición a la luz estimula la germinación de semillas de muchas especies silvestres y agrícolas. En la gran mayoría de los casos se estimula la germinación mediante exposición a luz roja (660nm = 6600 Å) y se inhibe con luz de 730 nm de longitud de onda. En esta reacción a condiciones lumínicas está involucrado el fitocromo, en un gran número de especies la necesidad de luz puede ser reemplazada por tratamientos con ácido giberélico. Las semillas contienen cantidades diminutas de un pigmento proteico sensible a la luz llamado fitocromo, que funciona como un interruptor

para decidir el inicio de la germinación. Así las semillas a las que llegan determinadas bandas del espectro de la luz germinan (la luz de un claro bosque, por ejemplo), y las semillas a las que les llega otras bandas del espectro no germinan (las que están debajo de los árboles y les llega la luz filtrada por sus copas).

5. Viabilidad

Camacho M. (2011). Se entenderá como viabilidad la proporción de propágulos sexuales de una muestra que en el momento del análisis pueden evidenciar que se encuentran vivos, mediante una reacción fisicoquímica, por lo que tienen potencialmente embriones capaces de desarrollarse. Para mantener la viabilidad al máximo deben ser conservados en lugares frescos (2-5 °C) y secos.

6. Quiescencia

Camacho M. (2011). En muchas especies de crecimiento del embrión se tiene en la maduración de las semillas; en general se denominan reposo a la persistencia de esta suspensión; aquí se aborda el caso que resulta del efecto de un entorno negativo en alguno de sus factores físicos, especialmente la humedad y temperatura.

La palabra con mayor aceptación para referirse a este fenómeno es quiescencia, que proviene del latín quies (quietud o descanso); otras que se han empleado son criptobiosis, dormancia, dormición, dormición obligada, codormancia, ecodormancia, hipobiosis, latencia, letargo, pseudodormición, reposo y vida latente. Debe distinguirse este término latencia del que se utiliza para describir semillas que no germinan por carencia de condiciones ambientales adecuadas; estas semillas se denominan quiescentes. (Camacho M., 2011).

7. Dormición de semilla

Camacho M. (2011). Dormición define el estado actual de una población de semillas viables, en que se manifiesta una baja capacidad y/o velocidad germinativa, en amplios intervalos de un entorno positivo para el crecimiento vegetal. A las semillas que se encuentran en esta condición se les llama durmientes o dormantes.

8. Calidad de semilla

Bonnet y Cárdenas (2012). Los dos factores más importantes en cuanto a la calidad de la semilla son su facultad germinativa y su pureza, exigiéndose ambos corrientemente como elementos de ensayo de la semilla en los certificados de calidad. La sobrevivencia y el buen éxito de una plantación dependerán de la calidad de la semilla utilizada y de una correcta tolerancia de semilla factores ambientales, especialmente a los valores extremos de la localidad a los que se instala.

2.2.11. Genotipos y variedades de tomate de árbol

No existe una clasificación clara de los genotipos del tomate de árbol, que son cultivados, lo que a dado lugar a confusiones en su denominación. También se puede señalar que no existe variedades propiamente dichas, con excepción del híbrido Mora introducido desde Nueva Zelanda, obtenido del cruzamiento entre el Rojo Puntón y el Negro Silvestre Lojano. Las principales variedades conocidas son: Amarillo, Negro, Redondo, Puntón (común), Rojo, Amarillo Gigante, Mora (Neozelandés) y Mora ecuatoriano (Revelo et al., 2004).

Características morfológicas de las variedades cultivadas.

Amaya (2006), describe que en el Ecuador posiblemente existen 5 variedades de tomate de árbol, diferenciadas entre sí de acuerdo al color del fruto y su extremo apical.

“Tomate puntón”: es una fruta ovoide de tamaño mediano, con el extremo apical puntón su cascara es de color anaranjado oscuro. Tiene una pulpa color anaranjado claro

“Negra”: es una fruta ovoide de tamaño grande, su extremo apical es puntón. El color de su pulpa es anaranjado claro, tiene una cascara de color púrpura de consistencia dura cuando ha completado su madurez fisiológica Amaya (2006).

“Amarillo”: es una fruta ovoide, de tamaño pequeño, extremo apical puntón. La pulpa tiene un color anaranjado claro. Su cascara es de color amarillo. Posiblemente la variedad más ancestral, por la gran semejanza de su fruto con el de los silvestres actuales Amaya (2006).

“Tomate redondo”: fruta esferoide, de tamaño pequeño. Tiene el extremo apical redondo. Su cascara es de color anaranjado oscuro. Su pulpa es de color anaranjado claro Amaya (2006).

“Tomate mora”: es una fruta ovoide, de tamaño mediano, su extremo apical es redondo. Su cascara es de color púrpura. Tiene la pulpa de color anaranjado claro. Esta variedad surge quizás por el cruzamiento natural, o por la polinización dirigida. En la cruce, no hay duda que actúa la variedad negra ya sea para suministrar óvulos (oosfera) o polen, y una de las otras tres variedades Amaya (2006).

2.2.12. Sistema de cultivo en vivero

Contreras y Almeida (2003). El sistema de producción en bolsas comprende 3 operaciones básicas:

- a. Obtención, transporte y acumulación de tierra, arena y materia orgánica.
- b. Tamizado.
- c. Llenado de bolsas, con 1 m³ de tierra se puede llenar 500 bolsas de 6x9” (pulgadas)

Riego

Tafur (2006). Los cultivos intensivos implican cuidados intensivos, y el riego ha demostrado ser un complemento en la silvicultura de los árboles de navidad. La cantidad y frecuencia de los riegos dependerá principalmente del tipo de suelo y de las condiciones climatológicas del lugar; sin embargo, en elevaciones grandes es recomendable un buen régimen de riegos durante el primer año para evitar problemas de mortandad, sobre todo en zonas con baja precipitación. Los sistemas de riegos factibles de utilidad son: riegos por aspersión, por goteo y por surcos. El sistema de riego por aspersión se debe aplicar en rangos de 10 días durante dos horas, en el caso de riego por goteo se deberá aplicar una vez por mes con goteras de un galón por hora, hasta alcanzar la humedad necesaria, que por lo general se alcanza a las 16 horas y por su parte el riego rodado por surcos se aplicará uno cada dos semanas.

Fertilización

Alpi (1975). La fertilidad del suelo es un factor factible de ser controlado por el hombre para entregar elementos nutricionales en cantidades, formas y proporciones requeridas para lograr un máximo crecimiento de las plantas vía aplicación de fertilizantes, la respuesta a un fertilizante será mayor donde la presencia de otros factores de crecimiento sea beneficiosa para el cultivo, proposición conocida como “ley del óptimo”.

Piñuela, Guerra, y Pérez (2013). Las razones del uso de los fertilizantes son:

Aumentar los niveles naturales de fertilidad del suelo y permitir un balance entre los nutrientes.

Proveer cantidades de nutrientes que permitan producir tasas de crecimiento aceptables predeterminadas.

Crecimiento de la planta

Piñuela, Guerra, y Pérez (2013). El crecimiento de la planta se refiere al aumento de la masa forestal (número de plantas) o de las características de la planta como diámetro, área basal, altura, copa, número de raíces, que están influenciados por las condiciones del medio o por tratamientos silvícolas. Se puede utilizar el término “incremento” que relaciona el crecimiento con un período de tiempo determinado.

2.3. Sustratos

Los sustratos son una mezcla o compuestos de materiales activos y/o inertes, los mismos que son usados como medios de propagación de algunas especies vegetales, están formados por fragmentos de diferentes materiales, resultando en un complejo de partículas de materiales rocosos y minerales característicos pero también los sustratos pueden estar constituidos por ciertos organismos vivos o muertos, de la selección del sustrato apropiado dependerá la rapidez de la germinación de la semilla (Pastor N. S., 2000).

Pastor, Marfa y Savé (2003), mencionan que se denomina sustrato a la mezcla de varios ingredientes tales como tierra agrícola, tierra de bosque, arena, estiércol descompuesto, turba que tiene como función servir de sostén a las plantas proporcionar nutrientes y facilitar el desarrollo de la raíz y la absorción de agua. Las características más sobresalientes de un sustrato son la soltura y buen drenaje.

García (2001), señala que la tierra que se usa para los almácigos y llenar los embaces tiene que cumplir varias funciones como dejar entrar y retener el agua, ser rica en nutrientes, blanda que la raíz pueda crecer y no desarmarse cuando se extraiga; como es difícil encontrar la tierra perfecta se prepara un sustrato mezclando distintos materiales como arena, humus (lombriz-compuesto), tierra, etc. La mezcla debe pasarse por una zaranda para que sea bien fina y no lleve piedras, basura o terrenos. Amasando un poco de sustrato se prueba si la mezcla es buena para retener el agua y los nutrientes, la mezcla no debe ser demasiado arenosa (se escapa el agua) o demasiado arcillosa (absorbe el agua muy despacio).

Sanchez (2011). El sustrato de cultivo es el responsable de satisfacer los principales requerimientos funcionales de las plantas (agua aire, nutrientes, minerales y soporte físico) por ello es importante la selección de este, ya que dependiendo de sus características físicas, químicas y biológicas, repercutirá en la producción de un sistema radical funcional, con buen anclaje y que proporcione una buena capacidad de almacenamiento de reservas y predisposición a la colonización en campo.

2.3.1. Funciones de los sustratos

Pastor, et al. (2003). Los sustratos cumplen con las siguientes funciones:

- Proporcionan humedad a las semillas.
- Dotan de aireación a las semillas durante el proceso de germinación.
- La textura del sustrato influye directamente en el porcentaje de semillas germinadas así como en la calidad del sistema radicular que se ha formado de las semillas, la que funciona como depósito de sustancia nutritivas.

2.3.2. Características de los sustratos

C.E.C. GUAMAN POMA DE AYALA (1998). El sustrato debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo; no siempre un sustrato reúne todas las características deseables, por ello a veces se recurre a mezclar diversos materiales buscando que unos aporten a otros, un sustrato ideal tendría las siguientes características:

- Ser liviano en peso.
- Sea homogéneo, barato y fácilmente disponible.

- Tener una alta capacidad de intercambio de cationes.
- Tener un pH de 5.5 a 7.
- Estar relativamente libre de insectos, enfermedades y semillas de malezas.
- Retener suficiente humedad no necesitar riegos muy frecuentes pero drenar con facilidad permitiendo así una buena aireación.
- Tener la cohesión necesaria para formar un pilón que no se deshaga al quitar el envase.

2.3.3. Propiedades físico-químicas de los sustratos

Propiedades físicas

a) Capacidad de retención de agua

Huacuja (2009). El sustrato debe tener una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, debe contener un buen volumen de agua de reserva. Debe contener buena disponibilidad de agua y aire debido al pequeño volumen de alvéolo, la elevada concentración de raíces con una alta demanda de oxígeno y eliminación de anhídrido carbónico, para mantener las necesidades requeridas por la planta.

Así, un buen sustrato debe tener un 20% a 30% de agua asimilable, y de un 4% a 10% de agua de reserva.

b) Suministro de aire (Porosidad)

Huacuja (2009). Las raíces absorben bien el agua y no crecen si no tienen una oxigenación adecuada. Debemos contar con un sustrato de suficiente suministro de aire, que vendrá dado por una elevada porosidad (obtenida a través de las densidades real y aparente). El espacio poroso total debe de ser mayor del 80%, mientras que la capacidad de aireación, que está relacionada con la cantidad de macroporos ha de estar entre el 20% a 30% (nunca menos del 20%).

c) Textura

Huacuja (2009). Presenta una textura fina, homogénea, manejable y que se pueda mezclar con facilidad. No se deben usar sustratos gruesos ya que la semilla puede tener dificultades de germinación y crecimiento.

d) Densidad aparente

Huacuja (2009). Debe tener una baja densidad aparente (aquella en la que se cuenta con el micro y los macroporos), debido a que de esta forma será más ligero y facilitará el transporte y manejo de las bandejas o macetas.

e) Estabilidad

Huacuja (2009). El sustrato debe ser estable físicamente, para no tener problemas de contracciones o hinchazones, o apelmazamiento del sustrato.

f) Humedad

Huacuja (2009). Es la capacidad de restablecer o asimilar el agua una vez que se ha desecado el sustrato. Debe ser capaz de volver a recuperar el agua con facilidad. El tiempo máximo en restablecerse estará por debajo de los 5 minutos.

Propiedades químicas

a) Capacidad de retención de nutrientes

Huacuja (2009). Es la capacidad que tiene el sustrato de absorber los nutrientes en su complejo de cambio, midiéndose por la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), expresada en meq/10g. Valores entre 15 y 50 meq/100g son idóneos para un sustrato.

b) Fertilidad del sustrato

Huacuja (2009). Tendrá suficiente nivel de nutrientes asimilables, el nitrógeno debe estar en forma nítrica preferentemente, debido a que la forma amoniacal podría causar toxicidad, valores de 51mg/l-130mg/l son idóneos en el sustrato. El fósforo ha de estar entre 19mg/l-55mg/l, el potasio entre 51mg/l-250mg/l y el magnesio entre 16mg/l-85mg/l.

c) Salinidad

Huacuja (2009). Dada la toxicidad al tener las raíces un espacio reducido, la cual dependerá de su capacidad de retención de sales. Las cenizas deberán tener un valor inferior al 20% en m.s. en aquellos sustratos que sean orgánicos.

d) pH.

Huacuja (2009). El sustrato ha de tener un pH neutro o ligeramente ácido; de modo que no bloquee elementos, y neutralice el agua (que suele ser dura).

e) Velocidad de descomposición

Huacuja (2009). Debe tener una pequeña velocidad de descomposición, de modo que no varíen las propiedades del sustrato mientras está en el vivero.

2.3.4. Tipos de sustratos

Humus de lombriz

Guerrero B. (1993). El humus de lombriz como fertilizante se puede considerar como un fertilizante bioorgánico estable, rico en enzimas y microorganismos no patógenos. Ha sido utilizado especialmente en cultivos ornamentales, hortícolas y frutales. Se ha señalado su utilización en cultivos intensivos con cantidades de 3.000 kg de humus por ha/año; y en cultivos extensivos a razón de 1.000 a 2.000 kg de humus por ha/año.

El humus producido por la lombriz roja californiana pondría a disposición del cultivo una cantidad de nutrimentos que puede llegar a sustituir hasta el 80 % de la fertilización química (Schuldt, 2001). El humus forma complejos con elementos como cobre y el magnesio siendo una fuente preventiva de deficiencia de elementos menores como Hierro, Zinc, Cobre, y el Manganeseo (Tineo, 1994).

Arena de río

Hartmann, Kester, Davies y Geneve (1997). La arena consiste en pequeños granos de roca que van de 0.02 a 2.0 mm de diámetro, formados como resultado de la intemperización de diversas rocas, dependiendo su composición mineral de la roca madre que le dio origen. La arena es el más pesado de los minerales que se utilizan como medio de crecimiento de las raíces, el cual es alrededor de 1290 kg.m³. De preferencia debe ser fumigada o tratada con calor antes de usarla, ya que puede contener semillas de malezas y organismos patógenos. La arena prácticamente no contiene nutrientes minerales ni capacidad de amortiguamiento químico. Se usa principalmente en combinación con componentes orgánicos.

Donahue, Raymond, y Schickluna (1998). Las características físicas de la arena varían en función del tamaño de las partículas, por ser un material granular sin porosidad interna, depende básicamente de la granulometría. Su porosidad es inferior al 50 %, tratándose exclusivamente de porosidad interparticular. Las arenas finas con tamaño de partícula inferior a 0.5mm presenta una buena retención de agua pero bajo aireación, por el contrario las arenas gruesas retienen menos agua fácilmente disponible y presentan mayor aireación, su densidad aparente es de 1350 a 1500 kg.m⁻³. El peso de este material representa la principal limitación para su transporte, su elevada densidad aparente hace que no resulte económico el transporte a largas distancias.

2.3.5. Compost

INFOAGRO (2013). Indica que compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de la cosecha, excrementos de los animales y residuos) permitiendo obtener el compost, abono excelente para la agricultura. El compost se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda la absorción de agua nutriente por parte las plantas.

Caballero P. (2013). Señala que el compost es el abono elaborado a base de estiércol de animales y restos de vegetales tiene como ventaja enriquecer el suelo de manera natural, tiene aspecto grumoso y color oscuro. Es un abono orgánico de excelente calidad para incorporarse al suelo como fertilizante natural. El uso sistemático de compost es suficiente para la producción agrícola obtenida sea certificada como agricultura orgánica, agricultura biológica o agricultura biodinámica que es la producción de alimentos para consumo humano de mejor calidad.

Tabla 5:
Aporte nutricional del compost

Nutrientes	Cantidad (%)
Materia Orgánica	10 - 20
P205	0.5
N	0.5
Mgo	0.3
Calcio	2.5
K2o	0.5
Micro Elementos	Rico (Cu, Mg, Mn, Fe, Zn, B, etc.)

Fuente: Caballero P. (2013).

2.4. Definición de términos (marco conceptual)

Abono: Es Toda sustancia que son incorporadas al suelo para mantener su fertilidad natural o biológica materia y para elevar la capacidad productiva de las plantas.

Abono orgánico: Es un compuesto de origen natural, resultado de la actividad biológica de la descomposición y conversión de la materia orgánica en abono, que posee los nutrientes esenciales para las plantas.

Almacigar: Sembrar. Distribuir la semilla uniformemente sobre una superficie debidamente acondicionada.

Arena: es la fracción gruesa del suelo, compuesta por granos que miden 0.05mm provienen de la intemperización de las rocas, no contiene nutrientes minerales, tampoco capacidad de amortiguamiento químico, se usa principalmente en combinación con materias orgánicas.

Desinfección. Es conveniente desinfectar las semillas antes de sembrarlas para que no les ataquen los insectos del suelo antes de germinar o para que no desarrollen enfermedades como la chupadera una vez la plántula haya germinado.

Fertilidad de suelo: Presencia, en un suelo dado, de los elementos necesarios (materia orgánica, minerales) para el crecimiento de las plantas en cantidad suficiente, debidamente equilibrados.

Germinación: Es el fenómeno fisiológico por el que el embrión emerge de la semilla para posteriormente mediante la absorción del agua conteniendo los nutrientes, convertirse en una planta similar a la que le dio origen.

Humedad: es el porcentaje de líquido contenido en el suelo o que existe en el ambiente, el palto es un frutal muy sensible al exceso de humedad.

Humus: fracción de la materia orgánica que ejerce en el suelo una serie de acciones físicas, químicas y biológicas que mejoran su fertilidad.

Imbibición.- las semillas hidratadas pueden aumentar varias veces su volumen, gracias a la imbibición.

Latencia (dormancia o quiescente).- periodo de descanso de la semilla variable según cultivares. La ausencia de esta característica produce el brotado.

Letargo; Dícese del extenso periodo durante el cual las actividades de los seres vivos es muy reducida o se encuentra retenida. El letargo primario comprende condiciones que existe dentro de la semilla para impedir la germinación en la época en que madura, y en el periodo inmediato siguiente. El letargo secundario se refiere aquel que se desarrolla dentro de la semilla húmeda después de que se a removido de la planta y si ha sido expuesta a condiciones ambientales desfavorables.

Luz: forma de energía solar que ilumina los objetos y los hace visibles; las plantas requieren de la luz solar para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis para transformar los alimentos que absorben a través de las raíces para su crecimiento.

Ph: medida numérica de la acidez o la alcalinidad de los iones de hidrogeno del suelo. El punto neutro en ph es 7; todos los valores inferiores a 7 son ácidos y los superiores son alcalinos.

Propagación: Es romper la dormancia de la semilla a través de técnicas físico-químicas para obtener una nueva planta.

Propagar: Producir especies vegetales por semilla, estaca o esqueje.

Semilla botánica: Semilla sexual, extraída del fruto del tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*)

Semilla: Cualquier parte de la planta de la que se pueda obtener un nuevo individuo a través de diversos métodos de propagación.

Sustrato: Es la materia orgánica o inorgánica como puede ser compost, turba, restos de coníferas, gravas, arenas, tierra volcánica, perlita, vermiculita, y otros que son utilizado para propagar diferentes tipos de semillas y enraizar esquejes. Es lo que da sostén a las raíces de la planta para un buen anclaje, debe ser poroso y con nutrientes para nutrir a la planta.

Viabilidad de la semilla: Es la capacidad de sobrevivir o seguir el desarrollo. Una semilla así es capaz de germinar en condiciones favorables.

Vivero. Área destinada a la cría y producción de plantones para establecer una plantación.

CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Definición de variables

3.1.1. Variable independiente

Proporciones de mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río

3.1.2. Variable dependiente

- Parámetros de germinación de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo
- Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Chyphomandra betacea*) variedad amarillo

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 6:

VARIABLES, INDICADORES E ÍNDICES

Variables	Indicadores	Índices
<p>VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proporciones de mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río. 	<p>Mezcla de proporciones de compost, humus de lombriz, tierra agrícola y arena de río</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compost 20% + tierra agrícola 80% • Compost 30% + tierra agrícola 70% • Compost 100% • Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80% • Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70% • Humus de lombriz 100% • Arena de río 20% + tierra agrícola 80% • Arena de río 30% + tierra agrícola 70% • Arena de río 100% • Tierra agrícola 100%
<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de germinación de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betaceae</i>) variedad amarillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de germinación. • Velocidad de germinación • Índice de germinación • Diámetro de hojas. 	<ul style="list-style-type: none"> % Rapidez de germinación Tiempo de germinación/ capacidad germinativa. cm.

• Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo	• Tamaño de hojas	cm.
	• Número de hojas verdaderas al trasplante	Hojas/planta.
	• Diámetro de tallo	cm.
	• Altura de planta	cm.

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.3. Hipótesis de la investigación

3.3.1. Hipótesis general

Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, utilizando el compost, humus de lombriz y arena de río vilcabamba – grau.

3.3.2. Hipótesis específicas

Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en los parámetros de germinación de semillas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, utilizando el compost, humus de lombriz y arena de río Vilcabamba - Grau.

Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Chyphomandra betacea*) variedad amarillo, utilizando el compost, humus de lombriz y arena de río Vilcabamba - Grau.

3.4. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de tipo aplicativo ya que el propósito fue práctico, porque se midió los parámetros de germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), variedad amarillo, como efecto de la mezcla de proporciones de compost, humus de lombriz y arena de río y se obtuvo plantones de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), variedad amarillo, partir de semillas botánicas.

El presente trabajo fue de nivel experimental porque se ha manipulado la variable, proporciones de mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río (sustrato) para ver su efecto en la variable dependiente; parámetros de germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

a) Características y delimitación

En el proceso de investigación se utilizó 350 gr de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, que se obtuvo a través de la recolección de frutos con buena coloración amarillenta en el distrito de Vilcabamba a 2700 msnm.

La población fue de 4,920 plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, calculada tomando en consideración la distancia entre plántulas de 0.15, entre hileras de 0.3 y el área de cada tratamiento de 7.4 m² a su vez, se tiene 10 tratamientos con tres repeticiones por tratamiento.

b) Ubicación espacio-temporal

El proceso de desarrollo de la investigación “Germinación y crecimiento de Plántulas de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*) Variedad Amarillo, se realizó en el distrito de Vilcabamba durante 4 meses”.

Ubicación política

Distrito : Vilcabamba

Provincia : Grau

Departamento : Apurímac

Ubicación hidrológica

Cuenca : Apurímac

Microcuenca : Vilcabamba

3.5.2. Muestra

a) Técnicas de muestreo

Se utilizó el muestreo probabilístico debido a que la población de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo es homogéneo y tienen la misma posibilidad de ser escogidos.

b) Tamaño y cálculo de la muestra

El tamaño de la muestra fue de 1000 plántulas, obtenida mediante el muestreo por saturación en el que para un tamaño de 100 plántulas por tratamiento la información de las variables en estudio se consideró redundante.

3.6. Procedimiento de la investigación

3.6.1. Descripción de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau región Apurímac en el lugar denominado Tarayoc propiedad de la señora Antonia Martínez, en un clima de verano (seco cálido) entre los meses de mayo a diciembre y clima de invierno (húmedo y lluvioso) entre los meses de enero a abril, la temperatura promedio varía entre 11.30 °C que es la más baja en el mes de julio y 15.70 °C en el mes de noviembre dando un promedio anual de 14.15 °C. La precipitación más alta se registra en el mes de febrero con 165.80 mm siendo el promedio anual de 80 mm, la ubicación esta en el cuadrante 14° 04' 24" latitud sur y 72° 37' 22" latitud norte.

Tabla 7:

Variables climáticas, temperatura media y precipitación

Meses	Temperatura media °C	Precipitación mm
Enero	14,70	151,00
Febrero	13,50	165,80
Marzo	13,70	148,40
Abril	13,50	46,60
Mayo	12,60	15,80
Junio	11,40	8,80
Julio	11,30	7,90
Agosto	12,50	15,70
Setiembre	13,50	40,30
Octubre	14,50	54,00
Noviembre	15,70	55,50
Diciembre	14,50	99,90
Promedio anual	14,15	80,00

Fuente: PDC Vilcabamba al 2021

En la zona de investigación se encuentran importantes recursos vegetales entre los que destaca la presencia de frutales como el Capulí, la Tuna y el Tomate de Árbol; así como de especies forestales arbóreas nativas como el Molle, Q'euña, Aliso, Chachacomo, K'olle y Huarango.

3.6.2. Historia del campo experimental

En el campo experimental se ha practicado realizar el análisis textural del suelo con los resultados de tener 45.45% de arena, 30.91% de limo y 23.64% de arcilla clasificándose en la clase textural franco.

En el campo experimental dentro de las cinco campañas agrícolas se instalaron los siguientes cultivos:

Campaña agrícola 2011 – 2013: Maiz

Campaña agrícola 2012 – 2014: Frejol

Campaña agrícola 2013 – 2015: Maiz

Campaña agrícola 2014 – 2015: Maiz

Campaña agrícola 2015 – 2016: Tomate de árbol

3.6.3. Duración del experimento

Se realizó del 24 de febrero al 30 de agosto durante la campaña agrícola 2015 – 2016.

3.7. Material de investigación

3.7.1. Instrumentos de investigación

Tabla 8:

Materiales y equipos utilizados en el experimento

Materiales y equipos	Unidad	Cantidad
<u>Material biológico</u>		
Semilla botánica de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo.	Kg	0.35
<u>Materiales de campo</u>		
Compost	Kg	1451.24
Humus de lombriz	Kg	1451.24
Tierra agrícola	Kg	4740.71
Arena de río	Kg	1451.24
Ceniza para la demarcación UE	Kg	4
<u>Desinfectante de semilla</u>		
Homai	Gramos	0.5
<u>Materiales de trabajo</u>		
Calaminas	Unidad	4
Pintura latex ¼ color negro	Galones	1
Tiñer	Galones	1

Rótulos para las UE	Docenas	2
Cordel de 50 mts	Unidad	1
Flexómetro de lona	Unidad	1
<u>Herramientas</u>		
Pico	Unidad	1
Rastrillo	Unidad	1
Lampa	Unidad	1
Brocha de 8 pulgadas	Unidad	1
<u>Materiales de construcción</u>		
Estacas de madera	Unidad	240
Rollizos de madera	Unidad	14
Malla Rachell	Metros	55
<u>Equipos de gabinete</u>		
Balanza de precisión	Unidad	1
Laptop	Unidad	1
Cámara fotográfica	Unidad	1
Lapicero	Unidad	1
Ficha de evaluación	Unidad	12

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.7.2. Características del campo experimental

Tabla 9:

Características de la parcela experimental

Descripción	Cantidad
Distancia entre plantas	0.15 m
Distancia entre hileras	0.30 m
Nº total de tratamientos	10
Nº total de parcelas	30
Nº de plantas por parcela	164
Nº de plantas en el ensayo	4,920 plántulas
Área de la parcela	7.40 m ²
Área del ensayo	175.49m ²

Fuente: Elaboración propia (2017)

El croquis de la parcela experimental se muestra a continuación

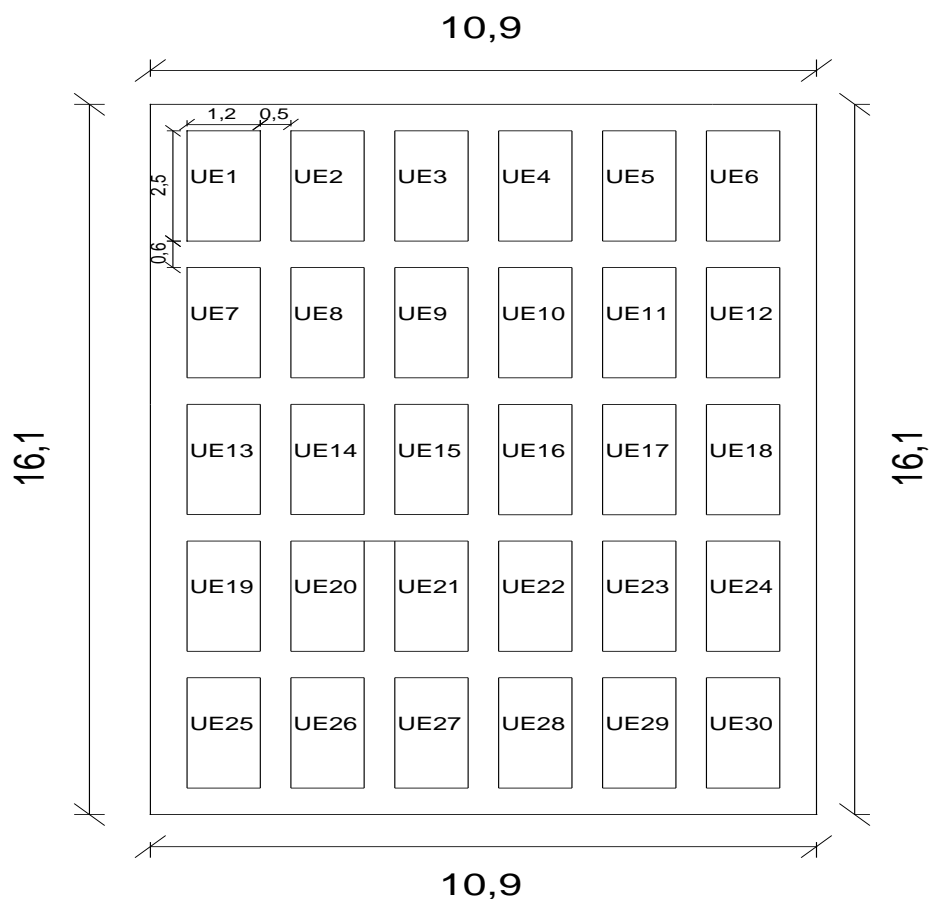


Figura 1:

Croquis de la parcela experimental

Fuente: Elaboración propia (2017)

Donde:

UEi : Unidad experimental 1, 2, 3,, 30

3.7.3. Tratamientos estudiados

Los tratamientos estudiados son la mezcla de proporciones de compost, humus de lombriz, arena de río y tierra agrícola para ver el efecto en los parámetros de germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*) variedad amarillo, los cuales se han determinado de la siguiente manera:

Tabla 10:

Tratamientos estudiados

Clave	Tratamiento
T1	Compost 20% + tierra agrícola 80%
T2	Compost 30% + tierra agrícola 70%
T3	Compost 100%

T4	Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%
T5	Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%
T6	Humus de lombriz 100%
T7	Arena de río 20% + tierra agrícola 80%
T8	Arena de río 30% + tierra agrícola 70%
T9	Arena de río 100%
T10	Tierra agrícola 100%

Fuente: Elaboración propia (2017)

3.7.4. Etapas de la experimentación

La investigación se realizó en etapas.

Etapa I. Diseño e instalación de la parcela experimental

a) Diseño experimental

Tomando en consideración la existencia de 10 tratamientos y el objetivo de la investigación para comparación de promedios de varias muestras independientes se ha empleado el diseño completo al azar, para lo cual se plantea los criterios para la elección del número de repeticiones por tratamiento:

- Error tipo I (nivel de significancia) de 0.01
- Error tipo II (potencia de prueba) de 0.95
- Magnitud de la diferencia entre dos medias de tratamiento de 20% (menor a 35%)
- Coeficiente de variación de 5%

Con los criterios planteados se determinó tres repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 30 unidades experimentales cuyo croquis y características se muestran en la figura 1 y tabla 9 respectivamente, luego se procedió a la distribución de unidades experimentales en forma aleatoria, con la utilización de balotario en el que se colocó los rótulos señalando los tratamientos respectivos en cada una de las unidades experimentales, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11:

Aleatorización de los tratamientos según unidades experimentales.

	UE2	UE3	UE4	UE5	UE6
UE1 (T5)	(T1)	(T5)	(T4)	(T6)	(T2)
	UE8	UE9	UE10	UE11	UE12
UE7 (T8)	(T7)	(T4)	(T1)	(T3)	(T8)

UE13	UE14	UE15	UE16	UE17	UE18
(T5)	(T9)	(T6)	(T3)	(T8)	(T10)
UE19	UE20	UE21	UE22	UE23	UE24
(T10)	(T2)	(T9)	(T3)	(T6)	(T4)
UE25	UE26	UE27	UE28	UE29	UE30
(T10)	(T1)	(T7)	(T2)	(T9)	(T7)

Fuente: Elaboración propia (2017)

El cuadro muestra los resultados de la aleatorización en las unidades experimentales (UE_i) según los tratamientos donde:

UE1, UE2, ..., UE30 = Número de unidades experimentales

(T1, T2, ..., T10) = Número de tratamientos

Se aprecia que en cada unidad experimental los tratamientos fueron asignados aleatoriamente por tanto cumple satisfactoriamente el supuesto de independencia.

b) Instalación del vivero

Se efectuó primeramente el demarcado de parcelas de acuerdo a las dimensiones establecidas en el diseño experimental, (Figura 1) con la utilización de estacas y cordel hasta obtener la parcela demarcada. Luego se ha cercado el predio con malla rachel para evitar el ingreso de animales y/o personas no autorizadas a las parcelas experimentales.

Etapa II. Preparación del terreno

La labor de preparación del terreno se efectuó manualmente con la ayuda de un pico a una profundidad de 20 cm., luego se niveló el terreno para facilitar las labores de trazado de las parcelas.

a) Almácigo

Se realizó después de las pruebas de germinación, depositando la semilla a chorro continuo en líneas separadas a 5 cm, las camas de almácigos fueron preparadas según los diez tratamientos en estudio.

b) Repique y trasplante

La germinación tardó en intervalos de 30 a 35 días y cuando las plantas alcanzaron entre 15 a 20 cm de alto (3 a 4 hojas verdaderas) se realizó el repique, es decir el trasplante de plántulas del almácigo a bolsas de polietileno donde se evaluó el crecimiento inicial hasta los 60 días antes del trasplante al terreno definitivo.

Etapa III. Preparación de sustratos

a) Obtención del sustrato

Arena

Se empleó arena lavada procedente del río Vilcabamba, la misma que fue tamizada en una malla de dos milímetros de diámetro.

Humus de lombriz

Se compró de la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco de la Facultad de Agronomía del departamento de cusco.

Compost

Se compró de la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco de la Facultad de Agronomía del departamento de cusco.

Tierra agrícola

Se empleó tierra agrícola del lugar del ensayo, la misma que fue tamizada en una malla de dos milímetros de diámetro.

b) Desinfección de sustrato y embolsado

Se realizó por solarización, que consiste en pintar 04 calaminas de color negro; además, sobre estas calaminas se colocó separadamente la tierra agrícola, humus de lombriz y compost para luego cubrirlo con plástico de polietileno de 50 micras, sin dejar ningún espacio vacío, para controlar hongos y nemátodos; posteriormente a ello se mantuvo a la exposición de la radiación solar durante 26 días.

La desinfección del sustrato se inició el 02 de febrero del 2015 y finalizó el 01 de marzo del 2015

c) Preparación de sustrato

La preparación de sustrato se inició el 03 de marzo del 2015; se mezcló 20% de compost + 80% de tierra agrícola, 30% de compost + 70% de tierra agrícola, 100% de compost; 20% de humus de lombriz + 80% de tierra agrícola, 30% de humus de lombriz + 70% de tierra agrícola, 100% de humus de lombriz; 20% de arena de río + 70% de tierra agrícola, 30% de arena de río + 70% de tierra agrícola, 100% de arena de río y 100% de tierra agrícola.

Luego de las mezclas realizadas se procedió al embolsado del sustrato dando inicio el 5 de marzo del 2015, las bolsas fueron de polietileno de 6" x 10" x 2" en un total de 4920 bolsas.

Etapa III. Obtención de semillas de tomate de árbol y control del poder germinativo

a) Obtención de las semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo.

Las semillas, se extrajeron de los frutos maduros y en buen estado de las mejores plantas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, provenientes del distrito de Vilcabamba.

La cantidad de semillas obtenidas fueron de 0.5 kilos las cuales fueron lavados con una malla fina luego se han dejado secar al medio ambiente durante 15 días, luego se procedió a desinfectar con Homai a relación de 1g por kg de semilla.

b) Control del poder germinativo

Para el control germinativo se ha dispuesto bandejas a los cuales se ha incorporado los sustratos:

Compost 20% + tierra agrícola 80%

Compost 30% + tierra agrícola 70%

Compost 100%

Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%

Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%

Humus de lombriz 100%

Arena de río 20% + tierra agrícola 80%

Arena de río 30% + tierra agrícola 70%

Arena de río 100%

Tierra agrícola 100%

Luego a cada bandeja se ha incorporado 100 semillas de tomate de árbol, luego se observó y registró los parámetros germinativos siguientes:

i) Capacidad de germinación (CG%)

Obtenido como el número de semillas que germinan respecto del número de semillas total bajo los tratamientos específicos los resultados se expresaron en porcentaje (%)

$$CG\% = \frac{n}{N} \times 100$$

N = número de semillas sembradas

n = número de semillas germinadas

ii) Velocidad de germinación

Se observó la rapidez con que el proceso germinativo ocurrió bajo los tratamientos dados.

$$VG = \frac{\sum (sg)}{t}$$

VG: Velocidad de germinación.

sg: total de semillas germinadas en el día

t: número de días después de la siembra hasta la germinación de la última semilla.

iii) Índice de germinación (IG)

Se midió el tiempo de germinación en relación con la capacidad germinativa

$$IG = \frac{\sum (sg \times t)}{ss}$$

IG: Índice de germinación.

sg: total de semillas germinadas en el día

t: número de días después de la siembra

ss: total de semillas sembradas

Etapa IV: Siembra de las semillas de tomate de árbol

Se realizó después del almácigo cuando las plantas alcanzaron entre 15 a 20 cm de alto (3 a 4 hojas verdaderas) la siembra fue en bolsas de polietileno depositando las plántulas de tomate de árbol en forma manual depositando por cada embolsado un total de 3 plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo, a una distancia 3 cm entre plantas, a una profundidad de 1 cm. Luego se procedió a las evaluaciones correspondientes de acuerdo a las variables en estudio durante 60 días.

Etapa V: Labores culturales

a) Control de malezas

El control de malezas fue manual y de manera permanente se realizó cuando las malezas alcanzaron dos o tres hojas, el deshierbe se realizó en toda la parcela experimental.

b) Riegos.

Se realizó riegos ligeros con una frecuencia de dos veces por semana incorporando el agua de riego de acuerdo a las necesidades del cultivo con el criterio de mantener siempre en capacidad de campo los sustratos utilizados.

c) Control de plagas y enfermedades.

Se realizó manualmente debido a que la incidencia de las plagas fue a razón de 2 pulgones por planta, en cuanto a la presencia de enfermedades no se ha registrado ninguna durante la observación del experimento.

Etapa VI. Observaciones realizadas

Se realizaron en dos etapas:

a) Parámetros de germinación de tomate de árbol

Capacidad de germinación: Se realizaron las observaciones del número de semillas germinadas durante 25 a 35 días después de la instalación en las bandejas según los tratamientos en estudio.

Velocidad de germinación: Se determinó en gabinete con los datos de la capacidad germinativa y el tiempo de 25 a 35 días, considerando la sumatoria del número de semillas germinadas en el día y el número de días transcurridos después de la siembra hasta la última semilla germinada.

Índice de germinación: Se determinó en gabinete como la sumatoria del producto del total de semillas germinadas en el día por el número de días transcurridos después de la siembra (25 – 35 días), respecto al total de semillas sembradas.

b) Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*) variedad amarillo.

Diámetro de hojas: Se realizó desde los 26 días donde las plántulas empiezan la emergencia hasta los 60 días después del trasplante cuando las plántulas están para trasplante a campo definitivo, los datos se registraron con una frecuencia de una vez por semana.

Tamaño de hojas: Se realizó desde los 26 días donde las plántulas empiezan la emergencia hasta los 60 días después del trasplante cuando las plántulas están para trasplante a campo definitivo, los datos se registraron con una frecuencia de una vez por semana considerando en las mediciones las hojas intermedias de cada plántula.

Número de hojas: Esta evaluación se realizó con la frecuencia de cada mes desde la emergencia de plántulas (26 días), hasta los 60 a 87 días.

Diámetro de tallo: Esta evaluación se realizó desde el cuello radicular hasta la parte terminal del ápice de las plántulas, desde la emergencia hasta los 60 días.

Altura de planta: Esta evaluación se realizó en cada mes desde la emergencia a los 26 días hasta los 60 días.

3.8. Tratamiento de datos

La información se procesa en computadora con los programas Microsoft Word, Excel y PASW Statistics 18. Los datos obtenidos previamente fueron homogenizados calculando los promedios por tratamientos y repeticiones según las variables observadas, luego fueron sometidos al cumplimiento de las condiciones que debe cumplir todo diseño experimental:

a) Aleatorización

Se realizó en el momento de la asignación de los tratamientos en las unidades experimentales el mismo que se ha desarrollado mediante la utilización de balotas cuyos resultados fueron descritos en la tabla 11, en el que se muestra el cumplimiento del supuesto de aleatorización o independencia.

b) Homogeneidad de varianzas

Se realizó mediante la prueba de Levene, que contrasta la hipótesis de que los grupos definidos por la variable factor proceden de poblaciones con la misma varianza, se rechaza la hipótesis de homogeneidad si el valor-p (Sig.) es menor que el valor de la probabilidad de 0.05, los resultados para un nivel de confianza de 95% se muestran a continuación.

Tabla 12:

Prueba de homogeneidad de varianza para las variables en estudio.

Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Diámetro de hojas	10,209	9	20	,000
Tamaño de hojas	6,012	9	20	,000
Diámetro de tallo	3,763	9	20	,007
Número de hojas	1,450	9	20	,233
Altura de planta	1,826	9	20	,126
Velocidad de germinación	3,712	9	20	,007
Índice de germinación	4,909	9	20	,001
Porcentaje de germinación	4,260	9	20	,003

Fuente: Elaboración propia – SPSS - 18.

El cuadro muestra la prueba de igualdad de varianzas mediante el estadístico de Levene para las variables en estudio: 1. Diámetro de hojas, 2. Tamaño de hojas, 3. Diámetro de tallo, 4. Número de hojas, 5. Altura de planta, 6. Velocidad de germinación, 7. Índice de germinación y 8. Porcentaje de

germinación, y permite contrastar las hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales para las variables en estudio para lo cual se plantea la hipótesis de homogeneidad de varianzas.

$$H_0: \delta^2_1 = \delta^2_2 = \delta^2_3 = \delta^2_4 = \delta^2_5 = \delta^2_6 = \delta^2_7 = \delta^2_8 = \delta^2_9 = \delta^2_{10}$$

$$H_a: \delta^2_1 \neq \delta^2_2 \neq \delta^2_3 \neq \delta^2_4 \neq \delta^2_5 \neq \delta^2_6 \neq \delta^2_7 \neq \delta^2_8 \neq \delta^2_9 \neq \delta^2_{10}$$

Si el nivel crítico (sig.) es menor o igual a 0.05, debemos rechazar la hipótesis de homogeneidad de varianzas. Si es mayor, se aceptara la hipótesis de homogeneidad de varianzas. En la tabla, al comparar los resultados del valor – p (sig.) para las variables número de hojas y altura de plantas son mayores que nivel de confianza de 0.05 (valor-p (sig.) > 0.05) por tanto se acepta la H_0 y se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para las demás variables: (diámetro de hojas, tamaño de hojas, diámetro de tallo, velocidad de germinación, índice de germinación y porcentaje de germinación) los valores – p (sig.) es menor que 0.05 por lo que se acepta que las varianzas son heterogéneas y la comparación de promedios para dichas variables se realizaran en el capítulo siguiente mediante la prueba robusta del Test de Welch Brown – Forsythe.

c) Normalidad de datos

La prueba de normalidad permite contrastar la hipótesis de que las muestras obtenidas proceden de poblaciones normales (simétricas con forma de campana), se rechaza la hipótesis de normalidad si el valor-p (Sig.) es menor que el valor de la probabilidad de 0.05, a continuación los resultados.

Tabla 13:

Prueba de normalidad de las variables en estudio, según tratamientos.

Tratamientos		Diám etro de hojas	Tamañ o de hojas	Diám etro de tallo	Núm ero de hojas	Altur a de plant a	Velo cidad de germi nació n	Índic e de germi nació n	Porce ntaje de germi nació n
Compost 20% + tierra	Estadísti co	,961	,974	,750	,750	,995	1,000	1,000	1,000
agrícola 80%	Gl Sig.	3 ,620	3 ,688	3 ,630	3 ,500	3 ,864	3 1,000	3 ,967	3 1,000
Compost 30% + tierra	Estadísti co	,896	,750	,972	,750	1,000	,987	,954	,964
	Gl Sig.	3 ,373	3 ,072	3 ,681	3 ,620	3 ,993	3 ,780	3 ,588	3 ,637

agrícola									
70%									
Compost	Estadísti	,750	,905	,829	,750	,922	,832	,842	,750
100%	co								
	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
	Sig.	,052	,403	,185	,120	,459	,194	,220	,200
Humus de	Estadísti	,997	,885	,987	,963	,750	,975	,884	,942
lombriz	co								
20% +	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
tierra	Sig.	,892	,339	,780	,630	,620	,694	,337	,537
agrícola									
80%									
Humus de	Estadísti	,784	,999	,818	,967	,923	,858	,823	,832
lombriz	co								
30% +	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
tierra	Sig.	,076	,927	,157	,651	,462	,261	,171	,194
agrícola									
70%									
Humus de	Estadísti	,878	,808	,859	,963	,812	,810	,803	,750
lombriz	co								
100%	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
	Sig.	,317	,134	,265	,630	,144	,138	,121	,120
Arena de	Estadísti	,750	,949	,750	,963	,994	,856	,883	,871
río 20% +	co								
tierra	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
agrícola	Sig.	,060	,563	,580	,630	,855	,258	,333	,298
80%									
Arena de	Estadísti	,951	,847	,806	,987	,964	,909	,772	,832
río 30% +	co								
tierra	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
agrícola	Sig.	,573	,232	,129	,783	,637	,414	,050	,194
70%									
Arena de	Estadísti	,849	,786	,750	,750	,988	,782	,835	,807
río 100%	co								
	Gl	3	3	3	3	3	3	3	3
	Sig.	,237	,081	,071	,080	,791	,072	,201	,132
	Estadísti	,958	,901	,992	,963	,909	,991	,857	,964
	co								

Tierra agrícola	Gl Sig.	3,608	3,389	3,826	3,630	3,416	3,817	3,260	3,637
100%									

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

La tabla muestra el resultado de la prueba de hipótesis de la normalidad de datos para las variables en estudio según el estadístico de Shapiro Wilk, para lo cual se plantea las hipótesis de normalidad para las variables siguientes:

a) Diámetro de hojas

H_0 : La distribución de datos del diámetro de hojas del cultivo de tomate de árbol es normal.

H_a : La distribución de datos del diámetro de hojas del cultivo de tomate de árbol no es normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.620, 0.373, 0.052, 0.892, 0.076, 0.317, 0.06, 0.573, 0.237 y 0.608 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable diámetro de hojas en los diez tratamientos en estudio.

b) Tamaño de hojas

H_0 : La distribución de datos del tamaño de hojas del cultivo de tomate de árbol es normal.

H_a : La distribución de datos del tamaño de hojas del cultivo de tomate de árbol no es normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.688, 0.072, 0.403, 0.339, 0.927, 0.134, 0.563, 0.232, 0.081 y 0.389 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable tamaño de hojas en los diez tratamientos en estudio.

c) Diámetro de tallo

H_0 : La distribución de datos del diámetro del tallo del cultivo de tomate de árbol es normal.

H_a : La distribución de datos del diámetro del tallo del cultivo de tomate de árbol no es normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.630, 0.681, 0.185, 0.780, 0.157, 0.265, 0.580, 0.129, 0.071 y 0.826 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable diámetro de tallo en los diez tratamientos en estudio.

d) Número de hojas

H_o : Los datos de la variable número de hojas provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de la variable número de hojas no tienen una distribución normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.500, 0.620, 0.120, 0.630, 0.651, 0.630, 0.630, 0.080 y 0.630 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable número de hojas en los diez tratamientos en estudio.

e) Altura de planta

H_o : Los datos de la variable altura de planta del cultivo de tomate de árbol provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de la variable altura de planta del tomate de árbol no tienen una distribución normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.864, 0.993, 0.459, 0.620, 0.462, 0.144, 0.855, 0.637, 0.791 y 0.416 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable altura de planta en los diez tratamientos en estudio.

f) Velocidad de germinación

H_0 : Los datos de la variable velocidad de germinación de las semillas de tomate de árbol provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de la variable velocidad de germinación de las semillas de tomate de árbol no tienen una distribución normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 1.00, 0.780, 0.194, 0.694, 0.261, 0.138, 0.258, 0.414, 0.072 y 0.817 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable velocidad de germinación en los diez tratamientos en estudio.

g) Índice de germinación

H_0 : Los datos de la variable índice de germinación de las semillas de tomate de árbol provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de la variable índice de germinación de las semillas de tomate de árbol no tienen una distribución normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 0.967, 0.588, 0.220, 0.337, 0.171, 0.121, 0.333, 0.050, 0.201 y 0.260 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable índice de germinación en los diez tratamientos en estudio.

h) Porcentaje de germinación

H_0 : Los datos de la variable porcentaje de germinación de las semillas de tomate de árbol provienen de una distribución normal.

H_a : Los datos de la variable porcentaje de germinación de las semillas de tomate de árbol no tienen una distribución normal.

Según el estadístico de Shapiro - Wilk para $n < 50$ datos, en el que el valor $-p$, para los tratamientos: 1. Compost 20% + tierra agrícola 80%, 2. Compost 30% + tierra agrícola 70%, 3. Compost 100%, 4. Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%, 5. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 6. Humus de lombriz 100%, 7. Arena de río 20% + tierra agrícola 80%, 8. Arena de río 30% + tierra agrícola 70%, 9. Arena de río 100% y 10. Tierra agrícola 100%, cuyos valores de la significancia son: 1.00, 0.637, 0.200, 0.537, 0.194, 0.120, 0.298, 0.194, 0.132 y 0.637 respectivamente son mayores que el nivel de probabilidad ($\alpha = 0.05$), por tanto se acepta la hipótesis nula y se satisface el supuesto de normalidad para la variable porcentaje de germinación en los diez tratamientos en estudio.

CAPÍTULO IV

Resultados

4.1. Descripción de los resultados

En este capítulo se presentan los principales hallazgos luego de procesar la información aplicando los estadísticos respectivos.

Esta presentación se realiza en el mismo orden como se presentan los objetivos e hipótesis, para así apreciar la comparación de los promedios en estudio según los tratamientos y variables.

Efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Para medir el efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol se ha sumado los datos de cada una de las variables, luego se ha transformado en una variable cualitativa mediante la utilización de la técnica de Estadino que consiste en categorizar la suma de variables en una escala de Lickert de tres niveles, para ello se determina previamente la media y la desviación estandar, luego se establecen las categorías de bajo, medio y alto, los resultados se muestran a continuación.

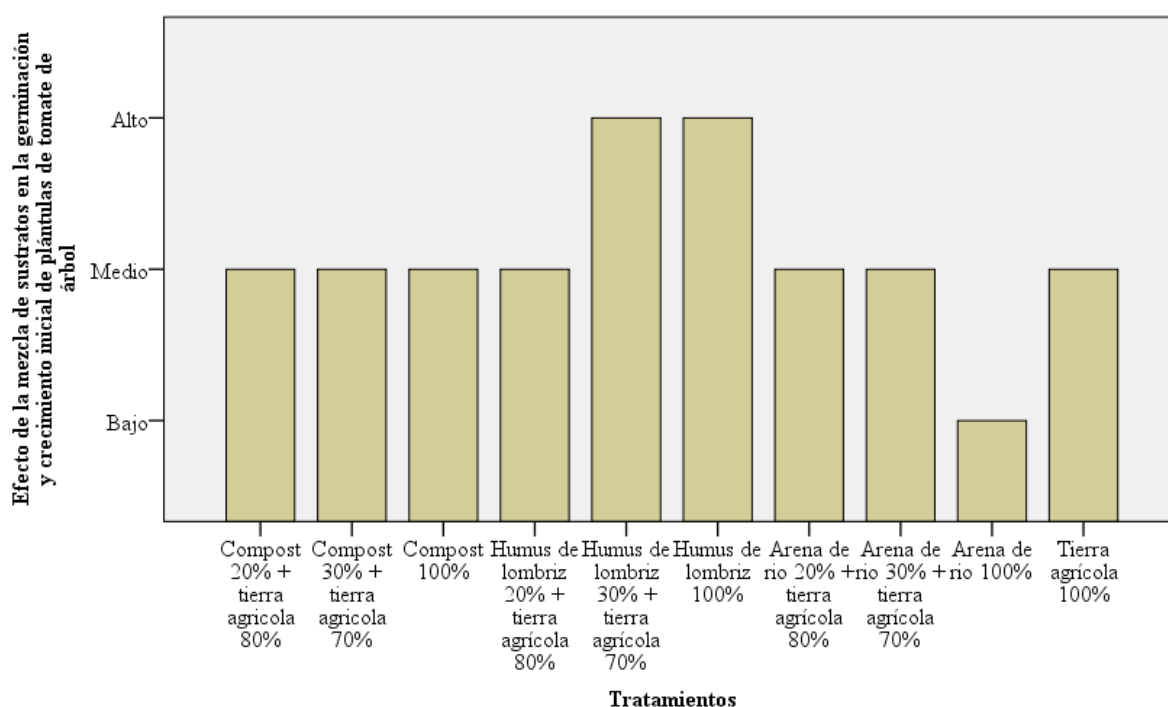


Figura 2:

Efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol

Interpretación.

La mezcla de sustratos: 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola y 100% tierra agrícola tienen igual efecto en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, el cual se manifiesta en una velocidad de germinación media, capacidad de germinación media e índice de germinación en el nivel medio. Dichos sustratos también tienen igual efecto en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, manifestado en un crecimiento medio del diámetro de hojas, tamaño medio de las hojas y crecimiento medio del diámetro del tallo. Los sustratos 30% humus de lombriz y 70% tierra agrícola y 100% humus de lombriz tienen igual efecto en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol en el nivel alto y el sustrato 100% arena de río tiene bajo efecto en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

Efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de plántulas de tomate de árbol.

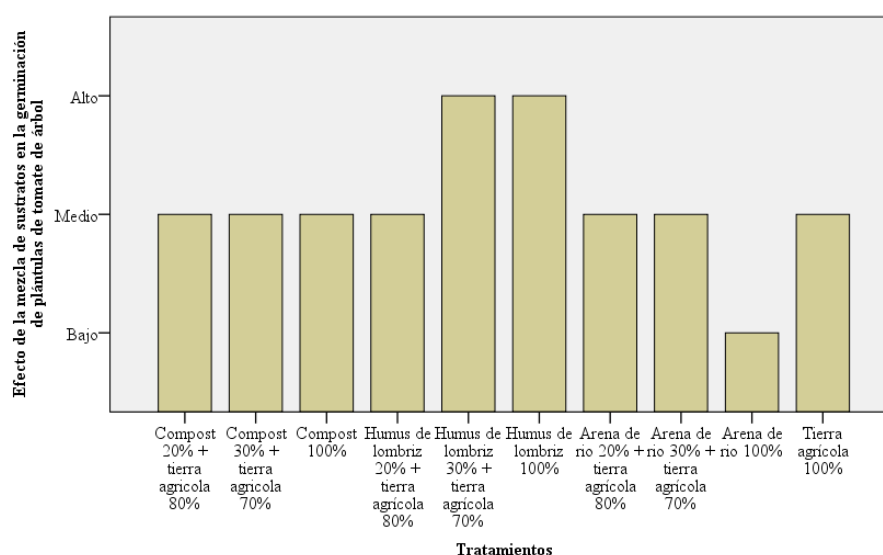


Figura 3:

Efecto de la mezcla de sustratos en la germinación de plántulas de tomate de árbol

Interpretación.

La mezcla de sustratos: 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola y 100% tierra agrícola tienen igual efecto en la germinación de plántulas de tomate de árbol, el cual se manifiesta en una media velocidad de germinación, media capacidad germinativa y medio índice de germinación. Los sustratos 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 100% humus de lombriz tienen alto efecto en la germinación de semillas de tomate de árbol siendo los más recomendables a utilizar para la propagación. Además se aprecia que la utilización

de 100% arena de río tiene bajo efecto en la germinación de semillas de tomate de árbol por lo que su utilización no es recomendable.

Efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

El crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol esta representado por el desarrollo de las hojas en tamaño y número, incremento del diámetro del tallo y altura de la planta alcanzada hasta la fase del trasplante a campo definitivo, los resultados muestran el efecto de la mezcla de sustratos en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol para lo cual se ha sumado los valores de los indicadores y se han distribuido en las categorías de bajo medio y alto según la técnica de Estadino. Los resultados se muestran a continuación.

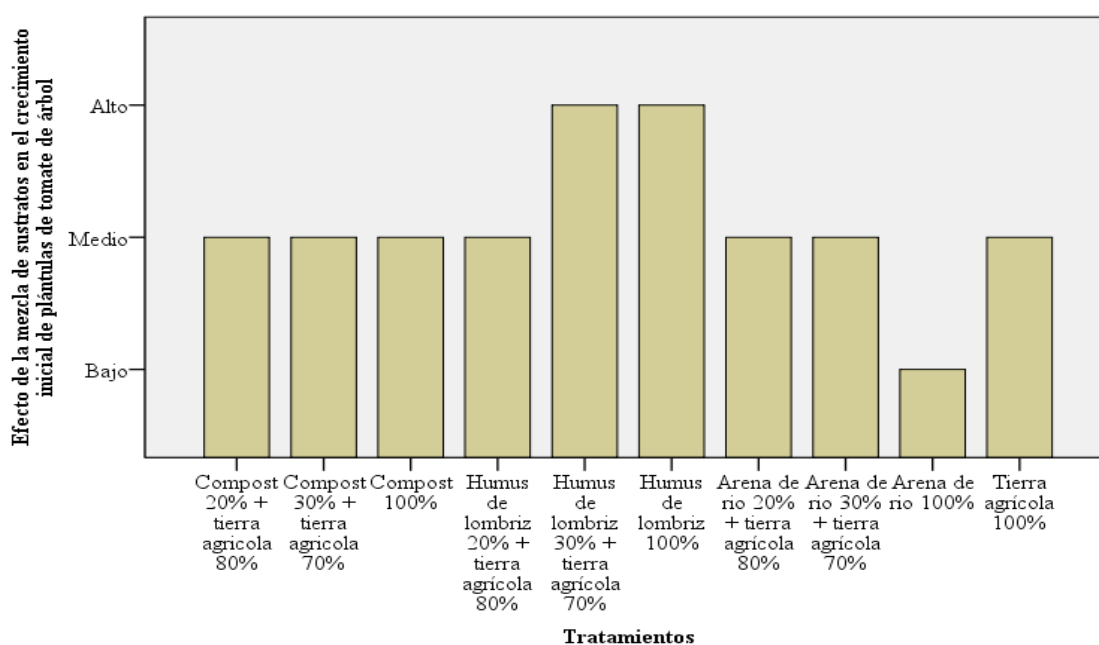


Figura 4:

Efecto de la mezcla de sustratos en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol

Interpretación

La mezcla de sustratos: 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola y 100% tierra agrícola tienen igual efecto en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, el cual se manifiesta en un nivel medio de crecimiento de hojas, diámetro de tallo y altura de planta. Los sustratos 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 100% humus de lombriz tienen alto efecto en el crecimiento inicial de plántulas de árbol siendo los más recomendables a utilizar para la propagación. Además se aprecia que la utilización de 100% arena de río tiene bajo efecto en el crecimiento inicial de tomate de árbol por lo que su utilización no es recomendable.

4.2. Contrastación de hipótesis.

Para la contrastación de hipótesis se han planteado las hipótesis nulas (H_0) y alternas (H_1) con la finalidad de validar definitivamente los resultados encontrados en los estadísticos para cada objetivo de estudio, los resultados se muestran a continuación.

a) Hipotesis general

Tiene como finalidad probar la afirmación: “Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau”. La prueba se realiza mediante el estadístico F de Fisher a un nivel de significancia de 0.05 en el que el valor – p (sig) debe ser menor que 0.05 los resultados de Análisis de Varianza (ANVA) se muestra a continuación.

Tabla 14:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	6947,770	9	771,974	11,906	,000
Error	1296,790	20	64,840		
Total	8244,560	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor $-p$ es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,000 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río, para determinar cuáles tratamientos son significativos se realiza la prueba de comparación múltiple de medias mediante la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla15:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, para la variable efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
Arena de río 100%	3	118,77			
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	137,62	137,62		

Tierra agrícola 100%	3	138,57	138,57		
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3		146,65	146,65	
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3		147,31	147,31	
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3		154,91	154,91	154,91
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3		157,88	157,88	157,88
Compost 100%	3		158,58	158,58	158,58
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3		168,50	168,50	
Humus de lombriz 100%	3				173,12
Sig.		,138	,100	,077	,212

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

En la tabla se ratifica que el sustrato 100% humus de lombriz, 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola y 30% compost + 70% tierra agrícola tienen igual efecto en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, asu vez que dichos efectos son superiores a los obtenidos con los tratamientos 20% compost + 80% tierra agrícola y 30% arena de río + 70% tierra agrícola que, a su vez dichos tratamientos tienen efectos superiores a los tratamientos 10% tierra agrícola y 20% arena de río + 80% tierra agrícola que, a su vez tiene efecto superior a la utilización de 100% arena de río como sustrato. Validando definitivamente que la mezcla de humus de lombriz y tierra agrícola en la proporción de 30% y 70% respectivamente tiene mayor efecto en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

b) Hipótesis específicas

tiene como finalidad probar la afirmación: “Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en los parámetros de germinación de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau”. La prueba se realiza mediante el estadístico F de Fisher a un nivel de significancia de 0.05 para cada una de los indicadores que conforman el parámetro de germinación. Los resultados de Análisis de Varianza (ANVA) se muestra a continuación.

i) Porcentaje de germinación

Tabla 16:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semilla de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	644,133	9	71,570	2,953	,021
Error	484,667	20	24,233		
Total	1128,800	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor-p es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,021 < \text{alfa}=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla 17:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, del porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Arena de río 100%	3	73,67	
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	79,00	79,00
Tierra agrícola 100%	3	79,67	79,67
Compost 100%	3	83,67	83,67
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3	85,67	85,67
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3	86,00	86,00
Humus de lombriz 100%	3	86,33	86,33
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3	87,00	87,00
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3	87,33	87,33
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3		89,67
Sig.		,066	,26

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

La tabla muestra los promedios del porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol en condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac y se observa que la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola es el sustrato con mayor porcentaje de germinación de semillas con el valor promedio de 89.67% por tanto es el sustrato que es recomendable a utilizar en la germinación de tomate de árbol, las mezclas 30% compost + 70% tierra agrícola, 20% compost + 80% tierra agrícola, 100% humus de lombriz, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 100% tierra agrícola y 20% arena de río + 80% tierra agrícola tienen iguales efectos en la germinación de semillas de tomate de árbol cuyos valores van en el intervalo de 79% a 87% a su vez es superior al sustrato 100% arena de río cuyo porcentaje de germinación es de 73.67%.

Se valida definitivamente que la mezcla de humus de lombriz y tierra agrícola en la proporción de 30% y 70% respectivamente tiene mayor efecto en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol.

ii) Velocidad de germinación

Tabla 18:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la velocidad de germinación de semilla de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	,735	9	,082	2,994	,020
Error	,546	20	,027		
Total	1,281	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor-p es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,020 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla19:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey^a al 95%, de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1		
Arena de río 100%	3	2,57		
Tierra agrícola 100%	3	2,65		
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	2,66		
Humus de lombriz 100%	3	2,87		
Compost 100%	3	2,88		
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3	2,90		
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3	2,91		
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3	3,01		
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3	3,02		
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3	3,03		
Sig.		,072		

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

El cuadro muestra que los tratamientos en estudio tienen igual efecto en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol con los valores que van desde 2.57 semillas por día hasta 3.03 semillas por día, el cual contradice el cuadro de ANVA, por lo que se plantea realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 95% de probabilidades a fin de establecer la diferencia mínima significativa entre los promedios de los tratamientos. Los resultados de análisis se muestran a continuación.

Tabla 20:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Duncan^a al 95%, de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Arena de río 100%	3	2,57		
Tierra agrícola 100%	3	2,65	2,65	
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	2,66	2,66	
Humus de lombriz 100%	3	2,87	2,87	2,87

Compost 100%	3	2,88	2,88	2,88
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3		2,90	2,90
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3		2,91	2,91
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3			3,01
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3			3,02
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3			3,03
Sig.		,055	,102	,319

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los tratamientos con las mezclas 100% humus de lombriz, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, 20% compost + 80% tierra agrícola y 30% compost + 70% tierra agrícola tienen igual efecto en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol con los valores promedios que van desde 2.87 semillas por día hasta 3.03 semillas por día, a su vez que tienen efecto superior a las mezclas 100% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 100% humus de lombriz, 100% compost, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola y 30% arena de río + 70% tierra agrícola con los valores promedios que van desde 2.65 semillas por día hasta 2.91 semillas por día y a su vez tienen efecto superior a la mezcla de 100% arena de río, 100% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 100% humus y 100% compost cuyos promedios son homogéneos y van desde 2.57 semillas por día hasta 2.87 semillas por día.

Se valida definitivamente que la mezcla de humus de lombriz y tierra agrícola en la proporción de 30% y 70% respectivamente tiene mayor efecto en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol.

iii) Índice de germinación

Tabla 21:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el índice de germinación de semilla de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Tratamientos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	63,875	9	7,097	3,297	,013
Error	43,048	20	2,152		
Total	106,924	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor $-p$ (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor $-p$ es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,013 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los

tratamientos en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla 22:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey al 95%, del índice de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Arena de río 100%	3	21,1633	
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	23,5867	23,5867
Tierra agrícola 100%	3	24,0133	24,0133
Compost 100%	3	24,3900	24,3900
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3	25,1233	25,1233
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3	25,2800	25,2800
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3	25,3200	25,3200
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3		25,5533
Humus de lombriz 100%	3		26,0700
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3		26,5633
Sig.		,058	,332

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Según la comparación múltiple de promedios con el método de Tukey al 95% de probabilidades se tiene que las mezclas 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 100% tierra agrícola, 100% compost, 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 100% humus de lombriz y 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola tienen efectos iguales en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol cuyos promedios en días para la germinación van desde 23.58 días hasta 26.56 días, el tratamiento de 100% arena de río tiene un promedio para la germinación de semillas de tomate de árbol de 21.16 días.

De los resultados se puede inferir que el sustrato 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola es el más recomendado para la germinación de semillas de tomate de árbol e influye grandemente en los parámetros germinativos.

b) Tiene como propósito probar la afirmación: “existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau”. El cual esta determinado por el crecimiento del diámetro de hojas, tamaño de hojas, diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta medidos desde la emergencia hasta los 60 días, los resultados se dan a conocer a continuación.

i) Diámetro de hojas.

Tabla 23:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	78,735	9	8,748	1,654	,167
Error	105,795	20	5,290		
Total	184,529	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor $-p$ es mayor que la significancia asumida ($\text{sig}=,167 > \text{alfa}=0.05$) por tanto se acepta H_0 y se concluye que no existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos, es decir la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río tienen igual efecto en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol.

ii) Tamaño de hojas

Tabla 24:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	303,493	9	33,721	34,826	,000
Error	19,366	20	,968		
Total	322,859	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor $-p$ (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor $-p$ es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,000 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla 25:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey^a al 95%, del tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Arena de río 100%	3	2,61				
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3		7,63			
Tierra agrícola 100%	3		8,57			
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3		9,07	9,07		
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3		9,42	9,42		
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3		9,67	9,67		
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3		9,73	9,73		
Compost 100%	3			11,72	11,72	
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3				13,82	13,82
Humus de lombriz 100%	3					14,58
Sig.		1,00	,273	,080	,271	,993

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

Los tratamientos 100% humus de lombriz y 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola tienen igual efecto en crecimiento de la hoja de plántulas de tomate de árbol, cuyos promedios son de 14.58 cm y 13.82 cm respectivamente a su vez que éstos tratamientos son superiores a los tratamientos 100% compost y 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola que tienen igual efecto en la altura de hojas de plántulas de tomate de árbol con los valores de 11.72 cm y 13.82 cm respectivamente y que son superiores a los tratamientos 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 20% arena de río + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola y 100% compost cuyos promedios para la altura de hojas van desde 9.07cm hasta 11.72 cm. El tratamiento que tiene menor efecto en el crecimiento de las hojas es el tratamiento 100% arena de río con el promedio de 2.61 cm de altura de hojas en plántulas de tomate de árbol.

iii) Diámetro de tallo

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	43,196	9	4,800	17,407	,000
Error	5,515	20	,276		
Total	48,711	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor-p es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,000 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla 26:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey^a al 95%, del diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Arena de río 100%	3	1,02				
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3	2,21	2,21			
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	2,51	2,51	2,51		
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3		2,79	2,79	2,79	
Tierra agrícola 100%	3		2,80	2,80	2,80	
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3		2,99	2,99	2,99	
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3			3,81	3,81	
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3			3,99	3,99	
Compost 100%	3				4,09	
Humus de lombriz 100%	3					5,66
Sig.		,057	,722	,060	,132	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

El sustrato 100% humus de lombriz tiene mayor efecto en el incremento del diámetro de tallo de tomate de árbol con el valor de 5.66 cm y es superior a los sustratos 100% compost (4.09 cm), 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola (3.99 cm), 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola (3.81 cm), 30% compost + 70% tierra agrícola (2.99 cm), 100% tierra agrícola (2.80 cm) y 20% compost + 80% tierra agrícola (2.79 cm) los que a su vez tienen mayor efecto en el incremento del diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol que la mezcla 20% arena de río + 80% tierra agrícola cuyo valor es de 2.51 cm.

El tratamiento con menor efecto en el incremento de diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol fue el sustrato 100% arena de río con el valor de 1.02 cm.

iv) Número de hojas

Tabla 27:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	33,009	9	3,668	17,017	,000
Error	4,311	20	,216		
Total	37,320	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor-p es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,000 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla28:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey^a al 95%, del número de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Arena de río 100%	3	3,56		
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3		5,78	
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3		5,89	

Compost 20% + tierra agrícola 80%	3	5,89	
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3	6,44	6,44
Tierra agrícola 100%	3	6,56	6,56
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3	6,78	6,78
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3	6,89	6,89
Humus de lombriz 100%	3	7,11	7,11
Compost 100%	3		7,56
Sig.	1,000	,052	,159

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

El cuadro muestra que los sustratos 100% compost, 100% humus de lombriz, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola, 30% humus de lombriz y 70% tierra agrícola, 100% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola son homogéneos e inducen a igual número de hojas en plántulas de tomate de árbol con los valores en el intervalo de 6.44 hojas por planta hasta 7.56 hojas por planta, dichos efectos son superiores a las mezclas arena de río y tierra agrícola en las proporciones de 30% - 20% y 70% - 80% respectivamente. El tratamiento a base de 100% arena de río induce a menor número de hojas en plántulas de tomate de árbol cuyo promedio fue de 3.56 hojas por planta.

v) Altura de planta

Tabla 29:

Análisis de varianza del efecto de la mezcla de sustratos en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	612,581	9	68,065	46,469	,000
Error	29,295	20	1,465		
Total	641,876	29			

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación

Los resultados muestran el estadístico F de Fisher y el valor – p (sig.) para los tratamientos en estudio, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$

Donde:

μ_1 = Promedio del efecto de la mezcla de 20% compost + 80% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_2 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_3 = Promedio del efecto de sustrato 100% compost en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_4 = Promedio del efecto de la mezcla 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_5 = Promedio del efecto de la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_6 = Promedio del efecto del sustrato 100% humus de lombriz en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_7 = Promedio del efecto del sustrato a base de 20% arena de río + 80% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_8 = Promedio del efecto del sustrato a base de 30% arena de río + 70% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_9 = Promedio del efecto del sustrato 100% arena de río en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

μ_{10} = Promedio del efecto del sustrato 100% tierra agrícola en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol.

En el cuadro se observa el valor $-p$ es menor que la significancia asumida ($\text{sig}=,000 < \alpha=0.05$) por tanto se rechaza H_0 y se concluye que existen diferencias significativas en los promedios de los tratamientos en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol como efecto de la mezcla de sustratos a base de compost, humus de lombriz y arena de río. Para determinar cuáles tratamientos son significativos entre sí, se realiza la prueba de comparación múltiple de medias a través de la diferencia significativa honesta de Tukey para un nivel de probabilidad de 95% los resultados se muestran a continuación.

Tabla 30:

Prueba de comparación múltiple de promedios según Tukey^a al 95%, de la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), según tratamientos.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Arena de río 100%	3	4,22			
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3		8,61		
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3		8,84		
Tierra agrícola 100%	3		9,06		
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3		9,28		
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3			12,83	
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3			14,22	
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3			14,89	
Compost 100%	3			15,55	
Humus de lombriz 100%	3				20,93
Sig.		1,000	,999	,218	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

Interpretación.

El cuadro muestra que el sustrato a base de 100% humus de lombriz tiene mayor efecto e induce a mayor altura de planta con un promedio de 20.93 cm, luego la mezcla de sustratos 100% compost, 30% humus de lombriz y 70% tierra agrícola, 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola y 30% compost + 70% tierra agrícola son homogéneos e inducen a igual altura de planta en plántulas de tomate de árbol con los valores promedio en el intervalo de 12.83 cm hasta 15.55 cm por planta, también las mezclas de sustratos a base de 20% compost + 80% tierra agrícola, 100% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola y 20% arena de río + 80% tierra agrícola son homogéneos e inducen a igual altura de planta con los valores promedio en el intervalo de 8.61 cm hasta 9.28 cm, y el tratamiento a base de 100% arena de río tiene efecto menor en la altura de planta con el valor de 4.22 cm por planta promedio.

4.2.1. Hipótesis estadísticas

a) Hipótesis estadística (nula y alterna)

La hipótesis estadística para la presente investigación se definió a partir de los promedios obtenidos en los tratamientos para cada variable, se ha planteado las hipótesis nula y alterna para probar cada una de las hipótesis de investigación:

Hipótesis nula

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$ (El efecto de los tratamientos en la variable Xi es el mismo)

Hipótesis alterna

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$ (Existe un efecto atribuible a los tratamientos en la variable Xi)

Donde:

μ_1 : promedio de la variable Xi del tratamiento 1

μ_2 : promedio de la variable Xi del tratamiento 2

μ_3 : promedio de la variable Xi del tratamiento 3

μ_4 : promedio de la variable Xi del tratamiento 4

μ_5 : promedio de la variable Xi del tratamiento 5

μ_6 : promedio de la variable Xi del tratamiento 6

μ_7 : promedio de la variable Xi del tratamiento 7

μ_8 : promedio de la variable Xi del tratamiento 8

μ_9 : promedio de la variable Xi del tratamiento 9

μ_{10} : promedio de la variable Xi del tratamiento 10

El objetivo de la prueba de hipótesis estadística fue elegir entre H_0 o H_1 , mediante datos obtenidos a partir de una muestra, por tanto el criterio es que la hipótesis nula no se rechaza a menos que los datos proporcionen evidencias convincentes de que sea falsa.

Los pasos para la prueba de hipótesis fueron:

1) Se formuló las hipótesis H_0 y H_1 para cada variable en estudio de acuerdo a las hipótesis de investigación y basadas en los objetivos de investigación.

2) Se eligió F de Fisher como el estadístico de prueba debido a que existen más de dos promedios, tratamientos en comparación

3) Se determinó la región de rechazo de H_0 para un nivel de significancia de 0.05, luego se determinó mediante el uso del software PASW Statistics 18 el valor-p.

4) Se tomó la decisión de rechazar o aceptar las hipótesis nulas H_0 mediante la siguiente regla: Rechace H_0 si el valor-p es menor que el valor de la significancia ($\alpha = 0.05$)

5) Finalmente se tomó la decisión de concluir estadísticamente dependiendo del resultado obtenido en el paso anterior, (se concluye si se rechaza o no H_0) luego se respondió a las preguntas de investigación verificando si se cumplen la hipótesis.

b) Estadístico

Recopilada los datos a través de los instrumentos, se procedió a homogenizar para luego describir y analizar mediante la utilización de los estadísticos de carácter descriptivo e inferencial, y fueron aplicados para dar respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas en nuestro trabajo.

Estadística descriptiva:

Se utilizó para explicar el comportamiento de las características de las variables en estudio, fundamentalmente se utilizó los estadísticos de medidas de tendencia central (media), medidas de dispersión (desviación estándar, valor mínimo, valor máximo), los datos fueron tabulados, graficados e interpretados, para ello se utilizó el programa PASW Statistics 18 y Excel. Esto permitió conocer y entender la forma cómo se vienen comportando los datos en cada variable y dan respuesta a los problemas y objetivos planteados.

Estadística inferencial:

Se utilizó para probar las condiciones que debían cumplir toda investigación del nivel experimental, para el cumplimiento de la normalidad de datos se utilizó el estadístico de Shapiro Wilk (SW) debido a que el conjunto de datos son menores que 50 ($n < 50$); para el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de varianzas se utilizó el estadístico de Levene que contrasta la hipótesis de que los grupos definidos por la variable factor proceden de poblaciones con la misma varianza, para la determinación del cumplimiento de dichos supuestos se procedió a calcular los estadísticos mediante la utilización del software PASW Statistics 18.

Para la prueba de hipótesis se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completo al azar (DCA), y se comparó las hipótesis estadísticas mediante la utilización del estadístico de F de Fisher.

c) Nivel de significancia

El nivel de significancia (α) se define como la máxima probabilidad de cometer el error tipo I, para la presente investigación se estableció en 5% el cual se comparó con el valor-p también llamado significancia (sig.) que a su vez está definida como el mínimo valor de alfa que lleva al rechazo de H_0 , el cual se determinó mediante la utilización del software PASW Statistics 18.

d) Región crítica o decisión

Debido a que las hipótesis estadísticas fueron planteadas: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$ v/s $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$, se estableció la región crítica para el rechazo de la hipótesis nula mediante la prueba de dos colas.

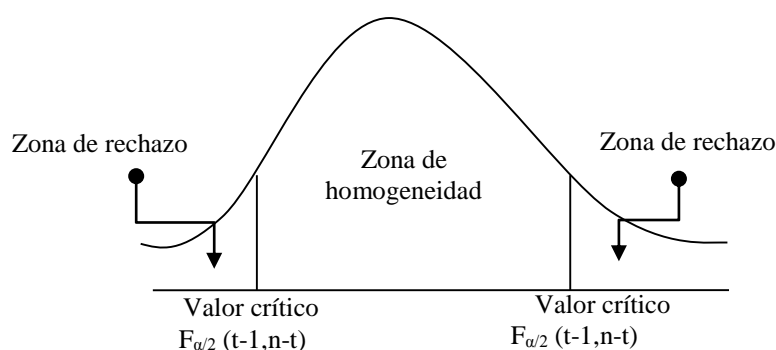


Figura 5:

Criterio de prueba de hipótesis para los promedios entre tratamientos

El criterio de rechazar H_0 es cuando el valor de F calculado (F_c) fue mayor que F tabular o crítico ($|F_c| > F_{\alpha/2}(t-1, n-t)$).

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Análisis e interpretación de datos

El procesamiento y análisis de datos se realizó mediante el software estadístico, porque proporcionan muchas otras opciones gráficas y tabulares, el análisis de varianza se realizó para cada objetivo e hipótesis planteadas, donde el estadístico de prueba fue F de Fisher de la tabla ANOVA el cual permitió ver si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

4.3.2. Contrastación de objetivos

4.3.2.1. Objetivo general

Tiene como propósito determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz, tierra agrícola y arena de río en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, el cual es determinado mediante los estadísticos descriptivos y se muestra a continuación.

Tabla 31:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol

Tratamientos	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3	147,31	3,37	138,94	155,69
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3	154,90	3,58	146,02	163,79
Compost 100%	3	158,57	3,36	150,22	166,93
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3	157,88	3,81	148,41	167,35
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3	168,50	6,61	152,07	184,93
Humus de lombriz 100%	3	173,12	5,59	159,22	187,02
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	3	137,62	16,72	96,08	179,16
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	3	146,65	4,18	136,27	157,04
Arena de río 100%	3	118,73	13,77	84,54	152,93
Tierra agrícola 100%	3	138,57	6,06	123,51	153,63
Total	3 0	150,18	16,86	143,89	156,48

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

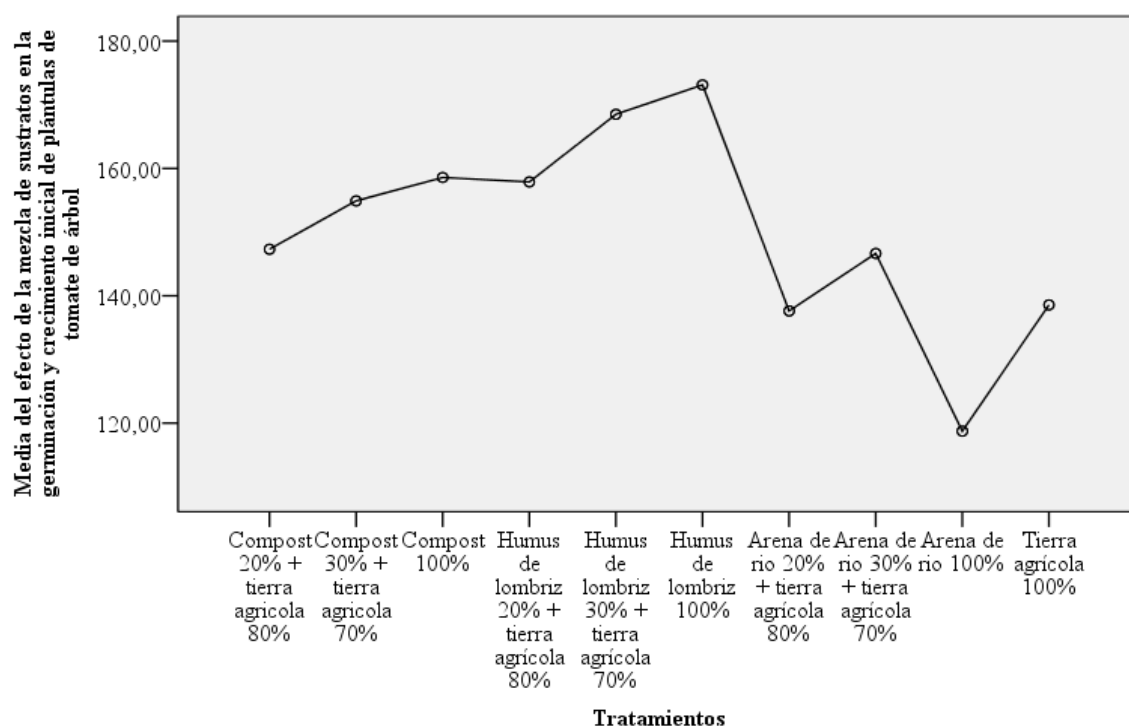


Figura 6:

Perfil histograma del efecto de la mezcla de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol

Interpretación

La tabla y gráfico exponen que la mezcla de sustratos a base de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20% y 30% son los que mayor efecto tienen en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, sigue la mezcla de sustratos a base de compost y tierra agrícola en las proporciones de 20% y 30%. La mezcla de sustratos entre arena de río y tierra agrícola son los que menor efecto tienen en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol siendo a su vez no recomendable su utilización.

Podemos concluir manifestando que la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, tienen mayor efecto en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol.

4.3.2.2. Objetivos Específicos

Tiene como propósito determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semilla de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, el cual estuvo constituida por las variables: i) Porcentaje de germinación, ii) Velocidad de germinación y iii) Índice de germinación, los resultados se muestran a continuación.

i) Porcentaje de germinación

Tabla 32:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	87,00	1,00	84,52	89,48
Compost 30% + tierra agrícola 70%	87,33	1,53	83,54	91,13
Compost 100%	83,67	2,89	76,49	90,84
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	86,00	3,61	77,04	94,96
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	89,67	4,93	77,41	101,92
Humus de lombriz 100%	86,33	4,62	74,86	97,81
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	79,00	9,64	55,04	102,96
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	85,67	4,93	73,41	97,92
Arena de río 100%	73,67	7,23	55,70	91,64
Tierra agrícola 100%	79,67	1,53	75,87	83,46
Total	83,80	6,24	81,47	86,13

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

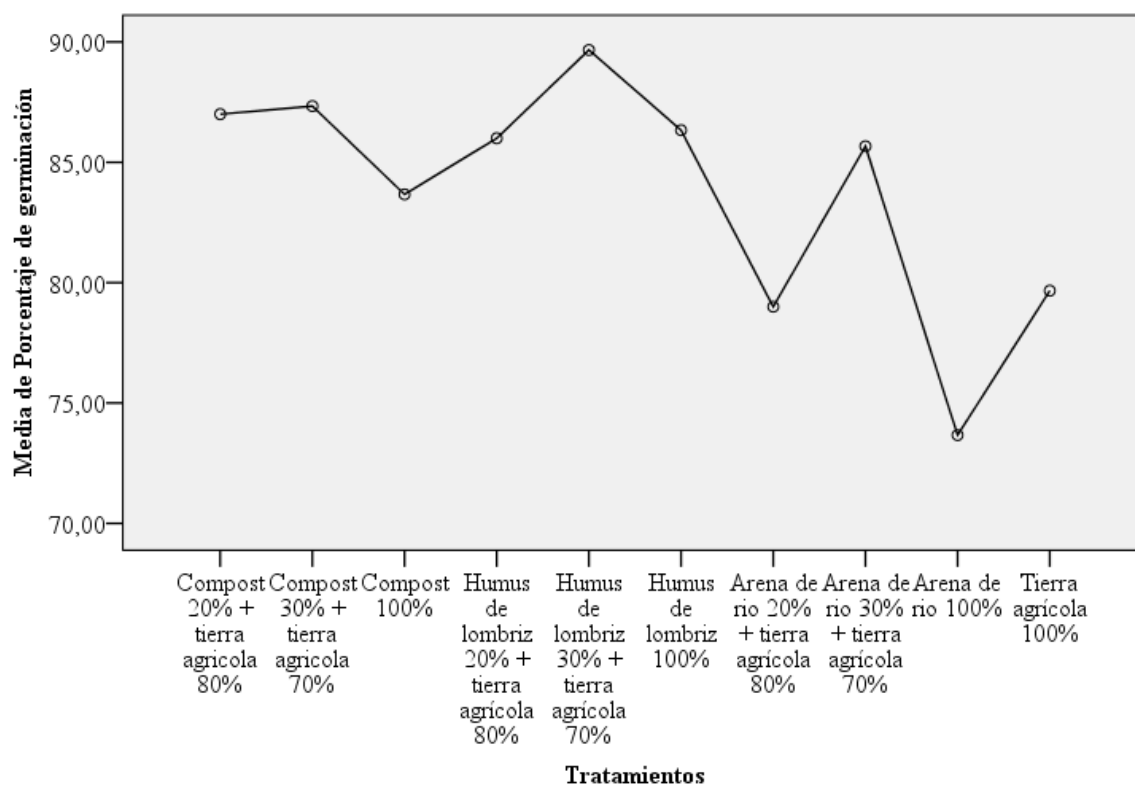


Figura 7:

Perfil histograma del efecto de la mezcla de sustratos en el porcentaje de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Interpretación.

El cuadro y gráfico muestra que la mezcla de sustrato 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola fue el sustrato que mayor porcentaje de germinación de semillas obtuvo con el valor promedio de 89.67%, luego la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola que obtuvo un promedio de 87.33% de germinación, después la mezcla 20% compost + 80% tierra agrícola con el porcentaje de germinación promedio de 70%, dichos sustratos son recomendables para la propagación de tomate de árbol ya que se obtienen plantas vigorosas y de buen tamaño en la etapa inicial de su fase de desarrollo.

El sustrato con menor porcentaje de germinación fue 100% arena de río con el valor promedio de 73.67% siendo no recomendable su utilización debido a que en la fase de crecimiento inicial ha demostrado menor crecimiento en las hojas, tallos y altura de planta, obteniéndose plántulas débiles y mal conformados.

Finalmente se puede afirmar que el sustrato 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola es la mezcla más apropiada para germinar semillas de tomate de árbol, afirmación que será contrastada mediante la prueba de hipótesis.

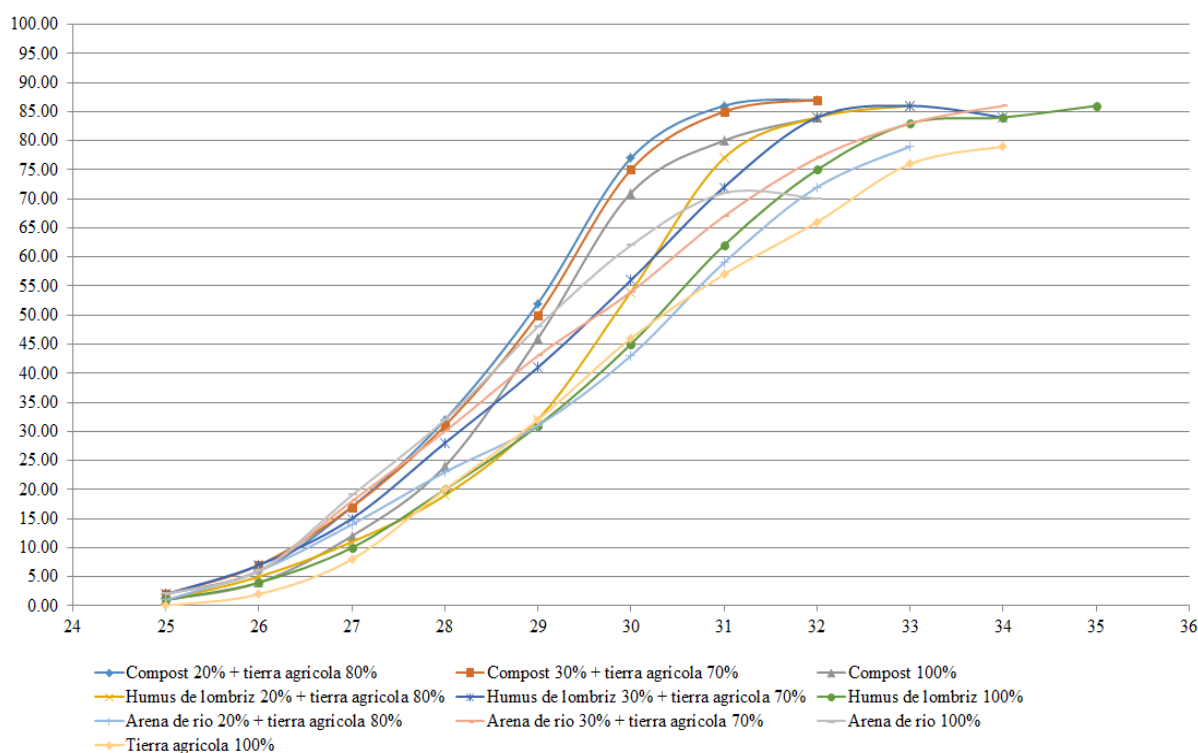


Figura 8:

Perfil histograma de la germinación acumulada de semillas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación.

La germinación de semillas se dio a partir de los 25 días después de la siembra prolongándose hasta los 35 días, la forma de las curvas de germinación para cada tratamiento estudiado siguen el mismo patrón alcanzando las semillas su germinación total en el intervalo de 30 a 33 días después de la siembra.

El mayor número de semillas germinadas se obtiene con el sustrato 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, además es el sustrato que permite la germinación en el intervalo mayor (25 a 35 días después de la siembra); los sustratos que permiten menor porcentaje de semillas germinadas son 100% arena de río, 20% compost + 80% tierra agrícola, 30% compost + 70% tierra agrícola y 100% compost (por debajo de 85%) pero mantienen el mismo intervalo de tiempo es decir 25 a 32 días. El sustrato con menor nivel de germinación (debajo de 75%) fue para 100% arena de río en el intervalo de 25 a 32 días.

Se puede asumir que la germinación de semillas de tomate de árbol en las condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac es en el intervalo de 25 a 32 días independientemente del sustrato utilizado, siendo que el 75% de la germinación se alcanzó a los 30 días promedio.

ii) Velocidad de germinación

Tabla 33:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Medi a	Desviació n típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	3,02	,05	2,89	3,14
Compost 30% + tierra agrícola 70%	3,03	,05	2,90	3,15
Compost 100%	2,88	,09	2,63	3,12
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	2,90	,13	2,59	3,22
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3,01	,18	2,55	3,47
Humus de lombriz 100%	2,87	,14	2,52	3,21
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	2,66	,30	1,92	3,39
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	2,91	,16	2,51	3,32
Arena de río 100%	2,57	,27	1,91	3,23
Tierra agrícola 100%	2,65	,06	2,50	2,80
Total	2,85	,21	2,77	2,93

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

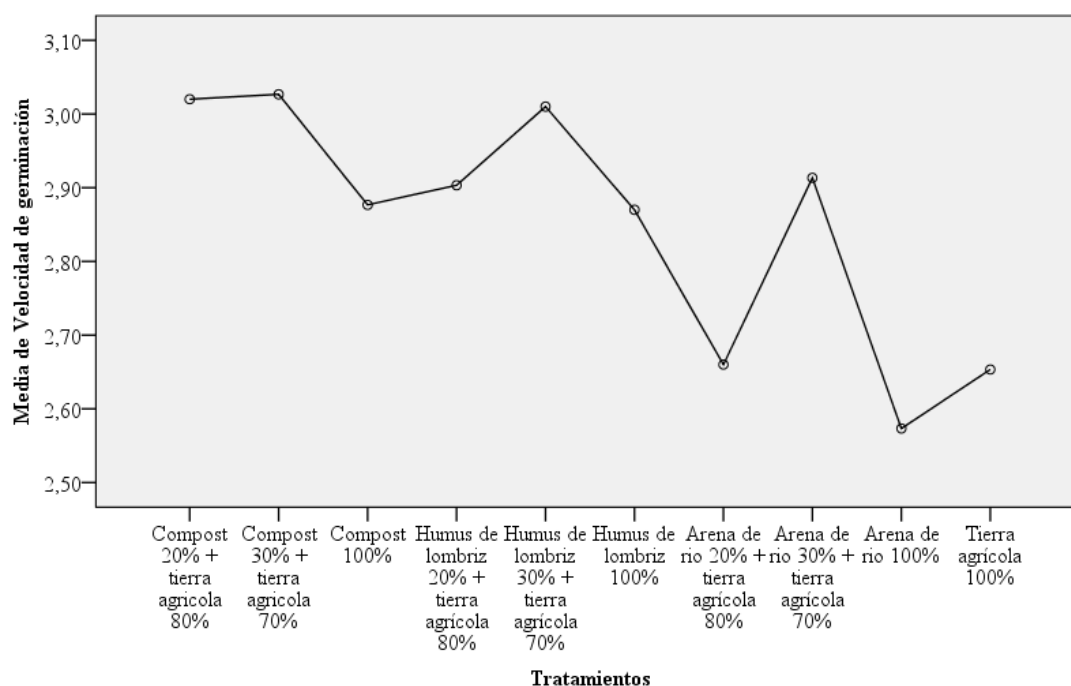


Figura 9:

Perfil histograma de la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

El cuadro y gráfico muestran el efecto de la mezcla de sustratos en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol en condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac, los datos aportan información para la planificación de actividades en los viveros bajo la acción de la mezcla de sustratos disponibles. Se aprecia, los sustratos que mayor efecto tienen en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol son las mezclas de compost, y tierra agrícola en las proporciones de 30% y 20% (compost) a 70% y 80% (tierra agrícola) con los valores promedio de 3.03 y 3.02 semillas germinadas por día, luego la mezcla 30% humus de lombriz y 70% tierra agrícola con el valor de 3.01 semillas germinadas por día. La variabilidad en dichos sustratos es de 0.05 a 0.09 lo que pone de manifiesto una germinación muy homogénea a razón de 3 semillas por día, para la mezcla de sustratos 100% compost, 20% humus de lombriz y 80% tierra agrícola, 100% humus de lombriz y 30% arena de río con 70% las velocidades de germinación de semillas de tomate de árbol son de 2.88, 2.90, 2.87 y 2.91 semillas germinadas por día respectivamente. Las velocidades de germinación más bajas se obtienen con los sustratos 100% arena de río y 100% tierra agrícola con los valores de 2.57 y 2.65 semillas por día respectivamente, de lo expuesto se puede asumir que la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol en las condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac es de 2 a 3 semillas por día.

iii) Índice de germinación

Tabla 34:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el índice de germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	25,12	,16	24,71	25,53
Compost 30% + tierra agrícola 70%	25,28	,45	24,17	26,39
Compost 100%	24,39	,83	22,33	26,45
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	25,55	1,03	23,00	28,10
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	26,56	1,06	23,92	29,21
Humus de lombriz 100%	26,07	1,50	22,34	29,80
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	23,59	3,15	15,77	31,40
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	25,32	1,52	21,53	29,11
Arena de río 100%	21,16	1,95	16,32	26,00
Tierra agrícola 100%	24,01	,41	23,01	25,02
Total	24,71	1,92	23,99	25,42

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

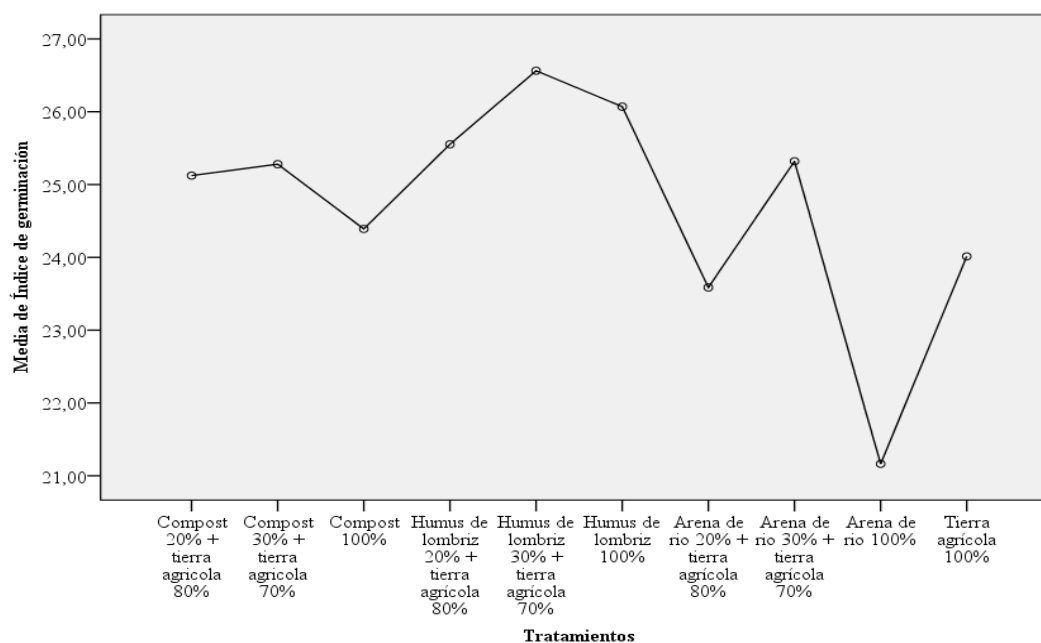


Figura 10:

Perfil histograma del índice de germinación de semillas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

El índice de germinación es la medida del tiempo de germinación de las semillas en relación con la capacidad germinativa que poseen, permiten evaluar la viabilidad y potencia germinativa que tiene la semilla que son elementos fundamentales para asegurar una producción exitosa. En el cuadro y gráfico se aprecia que el promedio general del índice de germinación de las semillas de tomate de árbol es de 24.71 días, siendo el sustrato de 100% arena el que permite la germinación en menor tiempo con un índice promedio de 21.16 días sin embargo la potencia germinativa es bajo en relación a los otros sustratos utilizados (menor en 20%), la mezcla más adecuada para la germinación es el sustrato 30% compost + 70% tierra agrícola y 20% compost + 80% tierra agrícola que permite ampliar la capacidad germinativa a un promedio de 25 días con una potencia germinativa de 87%. Las mezclas con humus de lombriz en las proporciones de 20% y 30% más tierra agrícola en las proporciones de 80% y 70% respectivamente permiten ampliar el índice de germinación hasta un promedio de 26 días, sin embargo se consigue un porcentaje de germinación de 85%, inferior en 2% respecto a la mezcla de compost y tierra agrícola, los sustratos puros (100% compost, 100% humus de lombriz, 100% arena de río) tienen índices de germinación en promedio de 24 días en los que se alcanzan un porcentaje de germinación de 77.67% promedio inferior en 11% respecto a la mezcla de sustrato de compost y tierra agrícola.

b) Tiene como propósito determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, el cual estuvo constituida por las siguientes variables:

i) Diámetro de hojas, ii) Tamaño de hojas, iii) Diámetro de tallo iv) Número de hojas y v) Altura de planta, los resultados se muestran a continuación.

i) Diámetro de hojas

Tabla 35:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Medi a	Desviaci ón típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	6,58	,83	4,51	8,64
Compost 30% + tierra agrícola 70%	7,33	,44	6,24	8,42
Compost 100%	8,72	,48	7,53	9,91
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	8,59	1,22	5,56	11,63
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	9,97	,38	9,03	10,91
Humus de lombriz 100%	9,57	,09	9,34	9,79
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	5,95	,21	5,42	6,48
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	6,86	,17	6,44	7,28
Arena de río 100%	9,92	6,85	7,10	26,95
Tierra agrícola 100%	5,26	1,76	,89	9,62
Total	7,87	2,52	6,93	8,82

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

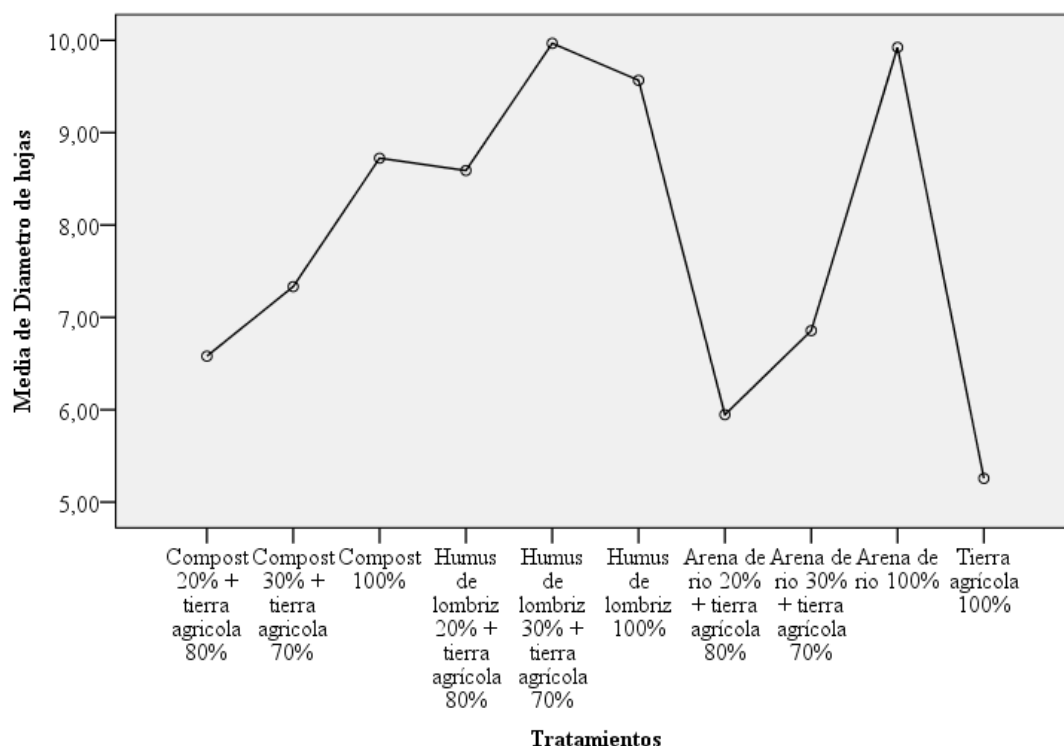


Figura 11:

Perfil histograma del diámetro de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación.

Los datos de la tabla muestran que el mayor diámetro de hojas en plántulas de tomate de árbol se obtiene con la mezcla de sustrato a base de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 30% y 70% respectivamente con el valor de 9.97 cm, luego el sustrato a base de arena de río con el valor de 9.92 cm, seguido del sustrato a base de humus de lombriz con el valor de 9.57 cm, luego el sustrato a base de compost, humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20% y 80% respectivamente cuyos valores para el diámetro de hojas en las plántulas de tomate de árbol son de 8.72 cm y 8.59 cm respectivamente. Los diámetros de hoja por debajo de 6 cm se obtienen con los sustratos a base de 20% de compost + 80% tierra agrícola, 30% arena de río + 70% tierra agrícola, 30% arena de río y 70% tierra agrícola y 100% tierra agrícola.

ii) Tamaño de hojas

Tabla 36:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%
--------------	-------	-------------------	---

			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	7,63	,71	5,87	9,39
Compost 30% + tierra agrícola 70%	9,67	,29	8,95	10,38
Compost 100%	11,72	,79	9,76	13,68
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	9,73	,09	9,52	9,94
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	13,82	,15	13,45	14,19
Humus de lombriz 100%	14,58	,50	13,33	15,82
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	9,42	,29	8,69	10,15
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	9,07	2,06	3,94	14,19
Arena de río 100%	2,61	,71	,84	4,37
Tierra agrícola 100%	8,57	1,83	4,03	13,11
Total	9,68	3,34	8,44	10,93

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

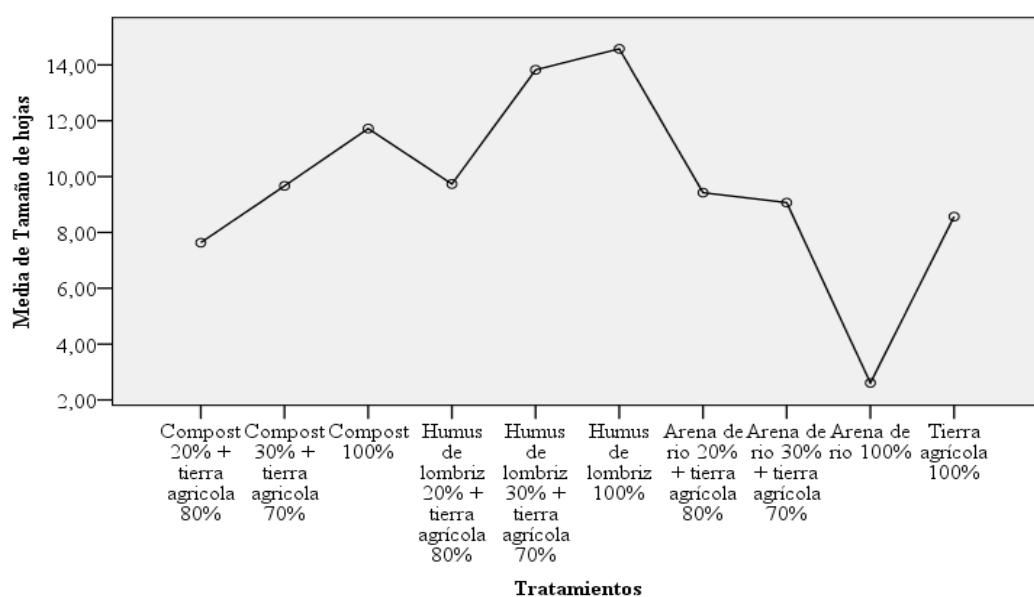


Figura 12:

Perfil histograma del tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

El tamaño de hojas fueron medidas en el tercio superior de la plántula de tomate de árbol considerando la longitud desde el pedunculo hasta el ápice de la hoja los promedios para los tratamientos en estudio se aprecian en el cuadro y gráfico en el que, el mayor tamaño de hojas se alcanzan con el valor de 14.58 cm con el tratamiento 100% humus de lombriz, luego el tamaño de 13.82 cm con la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, después el tamaño de 11.72 cm con el tratamiento de 100% compost, en el gráfico también se puede notar que una disminución de 10% en la mezcla de compost tiene como efecto una disminución de 2.04 cm en el tamaño de la hoja de plántulas de tomate de árbol, por otro lado una disminución en 10% de humus de lombriz tiene como efecto una disminución de 4.09 cm en el tamaño de las hojas, la utilización de 100% arena de río tiene como efecto el menor tamaño de hojas de plántulas de tomate de árbol con el valor de 2.61 cm el cual es inferior en 82% al tamaño de hojas logradas con el tratamiento 100% humus de lombriz.

iii) Diámetro de tallo

Tabla 37:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Medi a	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferio r	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	2,79	,27	2,11	3,46
Compost 30% + tierra agrícola 70%	2,99	1,14	,14	5,84
Compost 100%	4,09	,88	1,91	6,27
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	3,99	,45	2,86	5,12
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	3,81	,18	3,36	4,26
Humus de lombriz 100%	5,66	,36	4,76	6,55
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	2,51	,31	1,74	3,28
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	2,21	,22	1,66	2,77
Arena de río 100%	1,02	,02	,98	1,06
Tierra agrícola 100%	2,80	,29	2,09	3,51
Total	3,19	1,30	2,70	3,67

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

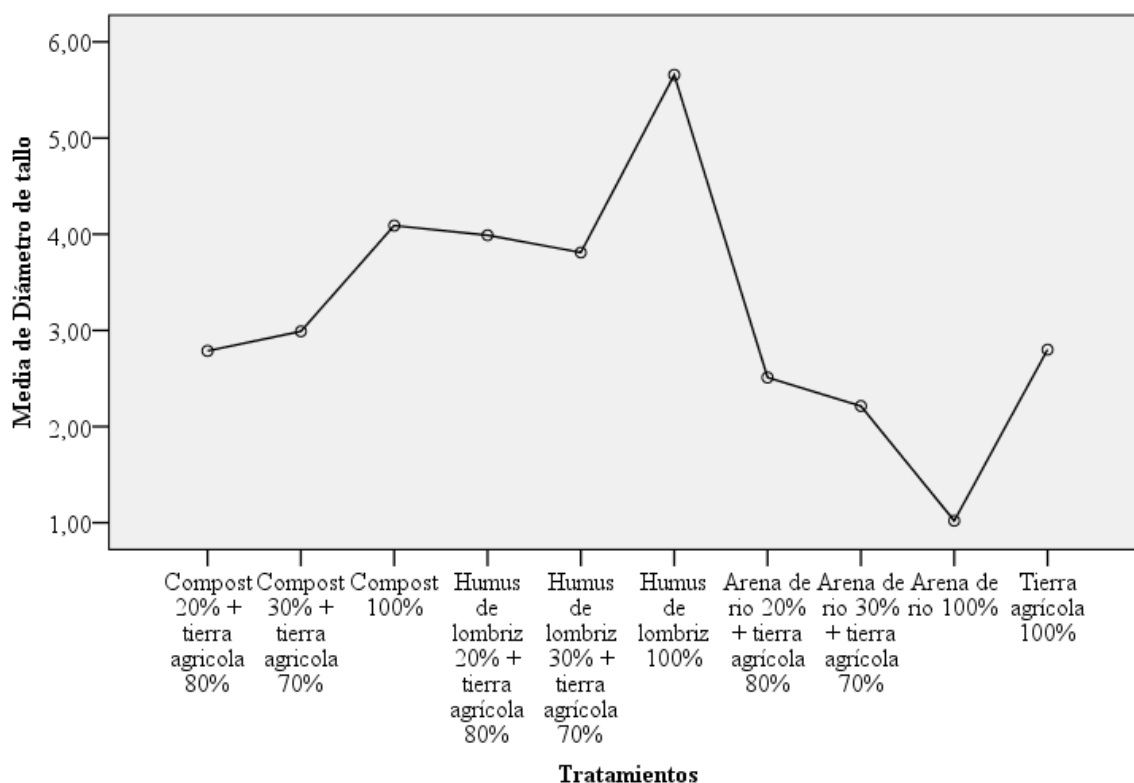


Figura 13:
Perfil histograma del diámetro de tallo de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

El diámetro de tallo fue medido en el tercio medio inferior de las plántulas de tomate de árbol los datos del cuadro y gráfico muestran que el mayor diámetro se obtiene con la aplicación de 100% humus de lombriz ya que el diámetro fue de 5.66 cm, el sustrato a base de 100% compost con el valor de 4.09 cm, después el sustrato 20% humus de lombriz + 80% tierra agrícola con el valor de 3.99 cm luego 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola con el valor de 3.81 cm, se aprecia también que los menores diámetros de tallo en las plántulas de tomate de árbol se obtuvieron con los sustratos a base de 100% arena de río, 30% arena de río + 70% tierra agrícola y 20% arena de río y 80% tierra agrícola cuyos valores alcanzados para el diámetro de tallo fueron 1.02 cm, 2.21 cm y 2.51 cm respectivamente siendo inferior en 66% respecto al mayor diámetro de tallo obtenido, se puede concluir diciendo que a mayor incorporación de humus de lombriz en el sustrato se espera como respuesta mayor diámetro de tallo en plántulas de tomate de árbol.

iv) Número de hojas

Tabla 38:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en el número de hojas de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Me dia	Desviació n típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	5,8 9	,19	5,42	6,36
Compost 30% + tierra agrícola 70%	6,4 4	,20	5,96	6,93
Compost 100%	7,5 6	,20	7,07	8,04
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	6,8 9	,51	5,62	8,15
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	6,7 8	,51	5,51	8,04
Humus de lombriz 100%	7,1 1	,51	5,85	8,38
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	5,8 9	,51	4,62	7,15
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	5,7 8	,84	3,69	7,87
Arena de río 100%	3,5 6	,20	3,07	4,04
Tierra agrícola 100%	6,5 6	,51	5,29	7,82
Total	6,2 4	1,13	5,82	6,67

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

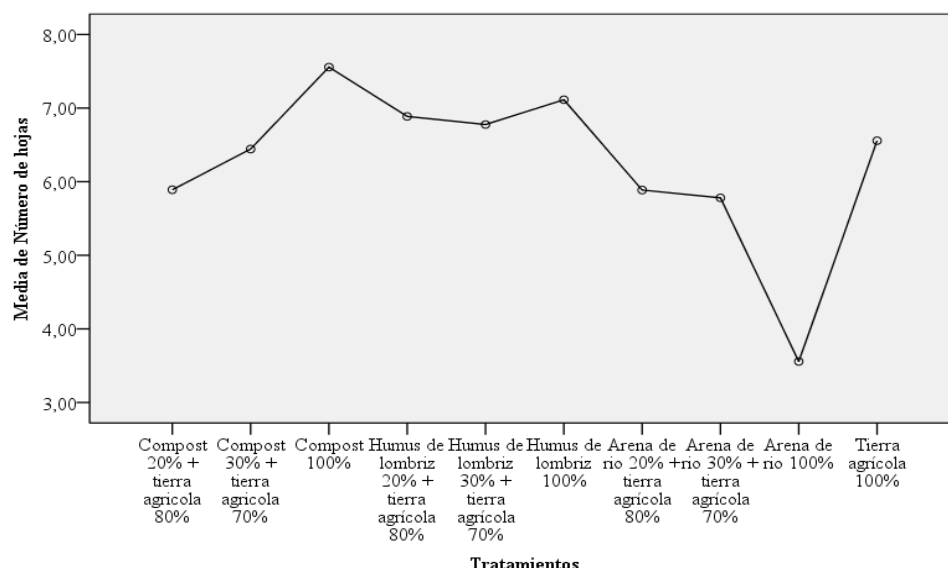


Figura 14:

Perfil histograma del número de hojas de plántulas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

Los datos del cuadro y gráfico muestran los promedios del número de hojas medidos desde la emergencia (promedio de 26 días) hasta los 87 días después de la instalación, el tratamiento con mayor efecto en el número de hojas fue 100% compost con el valor promedio de 7.56 hojas luego el tratamiento 100% humus de lombriz con el valor promedio de 7.11 hojas, luego las mezclas de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20%, 30% y 80%, 70% respectivamente que alcanzaron a tener 6.89 y 6.78 hojas promedio, el tratamiento con menor efecto en el número de hojas fue 100% arena de río cuyo valor para el promedio fue de 3.56 hojas siendo inferior en 53% respecto a los tratamientos anteriormente mencionados.

v) Altura de planta

Tabla 39:

Estadísticos descriptivos del efecto de la mezcla de sustratos en la altura de planta de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamientos	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Compost 20% + tierra agrícola 80%	9,28	1,34	5,96	12,60

Compost 30% + tierra agrícola 70%	12,83	,835	10,76	14,91
Compost 100%	15,55	,69	13,83	17,27
Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%	14,22	,39	13,26	15,18
Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%	14,89	1,73	10,58	19,19
Humus de lombriz 100%	20,93	,93	18,63	23,23
Arena de río 20% + tierra agrícola 80%	8,61	2,51	2,38	14,84
Arena de río 30% + tierra agrícola 70%	8,84	,76	6,94	10,73
Arena de río 100%	4,22	,42	3,17	5,27
Tierra agrícola 100%	9,06	,79	7,10	11,01
Total	11,84	4,70	10,09	13,60

Fuente: Elaboración propia PASW Statistics 18.

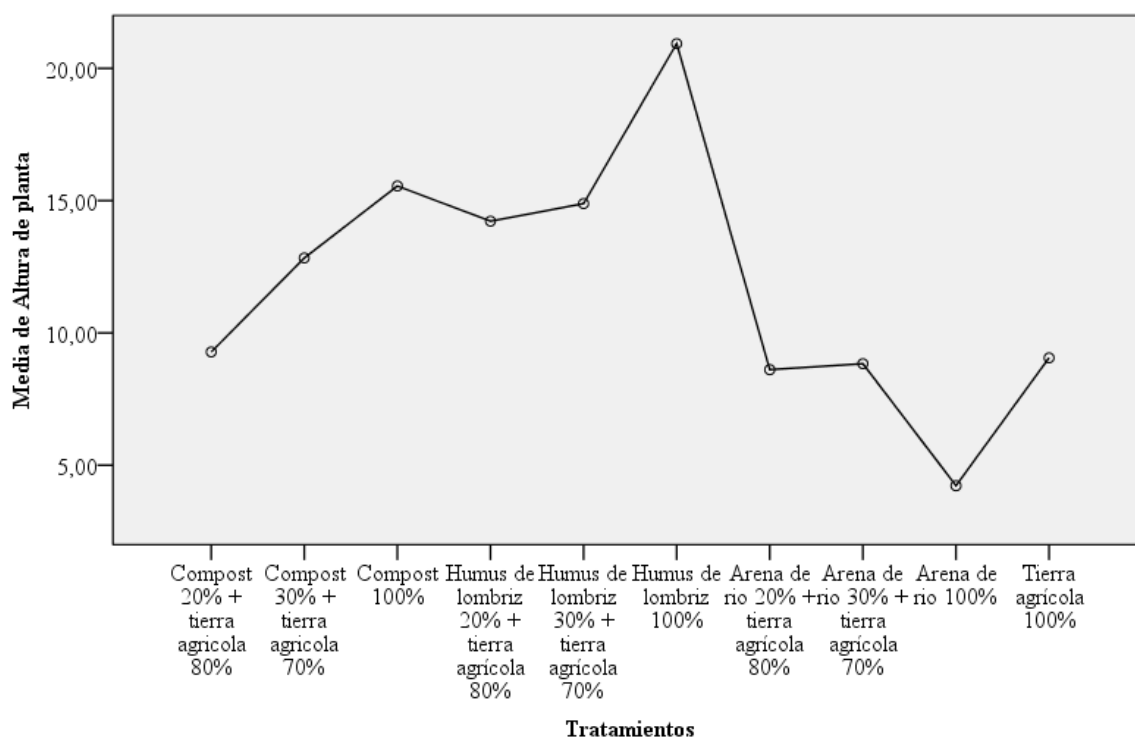


Figura 15:

Perfil histograma de la altura de planta en plántulas de tomate de árbol según tratamientos.

Interpretación

Los datos del cuadro y gráfico muestran los promedios de la altura de planta desde el suelo hasta el ápice de las plántulas, medidos desde la emergencia hasta los 60 días después de la instalación, el tratamiento con mayor altura de planta fue 100% humus de lombriz con el valor promedio de 20.93 cm, luego el tratamiento 100% compost con el valor promedio de 15.55 cm, luego las mezclas de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 30%, 20% y 70%, 80% respectivamente que alcanzaron a tener alturas de planta promedio de 14.89 cm y 14.22 cm respectivamente, el tratamiento con menor efecto en la altura de planta fue 100% arena de río cuyo valor para el promedio fue de 4.22 cm inferior en 80% respecto a los tratamientos anteriormente mencionados.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se ha realizado una investigación que permitió cumplir con los objetivos e hipótesis planteados y generar las bases que permitan tener mayores argumentos para medir el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río para la germinación y crecimiento de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), bajo las condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac.

La mezcla de sustratos a base de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20% y 30% son los que mayor efecto tienen en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol, lo cual se manifiesta en:

a) Alto efecto en los parámetros germinativos de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol traducido en mayor porcentaje de germinación, mayor velocidad de germinación y mayor índice de germinación de semillas y alto crecimiento de hojas, alto diámetro de tallo y mayor altura de planta.

La germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo estuvo constituida por el porcentaje de germinación, velocidad de germinación e índice de germinación, y del análisis de resultados concluimos:

a) La mezcla 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola fue el sustrato que mayor porcentaje de germinación de semillas obtuvo con el valor promedio de 89.67%, luego la mezcla de 30% compost + 70% tierra agrícola con 87.33%, después la mezcla 20% compost + 80% tierra agrícola con 70% de porcentaje de germinación siendo los sustratos más recomendables a utilizar para la germinación de semillas de tomate de árbol dicha afirmación es validada mediante el análisis de varianza cuyo valor $-p$ es muy significativo (sig. ,000).

La germinación de semillas de tomate de árbol en las condiciones agroclimáticas del distrito de Vilcabamba, provincia de Grau, región Apurímac es en el intervalo de 25 a 32 días después de la siembra, alcanzando el 75% de la germinación a los 30 días promedio.

b) Los sustratos que mayor efecto tienen en la velocidad de germinación de semillas de tomate de árbol son las mezclas de compost, y tierra agrícola en las proporciones de 30% y 20% (compost) a 70% y 80% (tierra agrícola), siendo la velocidad de germinación alcanzada en promedio de 3.03 y 3.02 semillas por día con un comportamiento muy homogéneo a razón de 3 semillas por día.

c) La mezcla más adecuada para la germinación es el sustrato 30% compost + 70% tierra agrícola y 20% compost + 80% tierra agrícola que permite ampliar la capacidad germinativa a un promedio de 25

días con una potencia germinativa de 87%. Las mezclas con humus de lombriz en las proporciones de 20% y 30% más tierra agrícola en las proporciones de 80% y 70% respectivamente permiten ampliar el índice de germinación hasta un promedio de 26 días.

El crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarillo estuvo constituida por el diámetro de hojas, tamaño de hojas, diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta y del análisis de resultados concluimos:

a) El mayor diámetro de hojas en plántulas de tomate de árbol fue de 9.97 cm con la mezcla de sustrato a base de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 30% y 70% respectivamente.

b) El mayor tamaño de hojas fue de 14.58 cm con el tratamiento 100% humus de lombriz, luego 13.82 cm con la mezcla de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola, después el tamaño de 11.72 cm con el tratamiento de 100% compost.

c) La adición de humus de lombriz en el sustrato tiene como efecto mayor diámetro de tallo en plántulas de tomate de árbol, tal es el caso, la aplicación de 100% humus de lombriz obtuvo un 5.66 cm de diámetro de tallo, la aplicación de 100% compost obtuvo 4.09 cm de diámetro de tallo.

d) El tratamiento con mayor efecto en el número de hojas fue 100% compost con el promedio de 7.56 hojas por planta, luego el tratamiento 100% humus de lombriz con el promedio de 7.11 hojas por planta, después las mezclas de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 20%, 30% y 80%, 70% respectivamente que alcanzaron a tener 6.89 y 6.78 hojas promedio.

e) El tratamiento con mayor efecto en la altura de planta fue 100% humus de lombriz con 20.93 cm promedio, luego el tratamiento 100% compost con 15.55 cm promedio.

Recomendaciones

1. Se recomienda la utilización de humus de lombriz en la preparación de los sustratos en las proporciones de 30% humus de lombriz y 70% tierra agrícola ya que permitiera la obtención de una buena germinación de semillas de tomate de árbol y la obtención de plántulas vigorosas en la etapa inicial de su crecimiento.

2. Se recomienda la utilización de la mezcla de humus de lombriz y tierra agrícola en las proporciones de 30% humus de lombriz + 70% tierra agrícola a fin de prolongar los días de germinación de semillas de tomate de árbol hasta 30 días con resultados de más del 75% de poder germinativo, por otro lado, se recomienda la incorporación de arena de río para reducir el tiempo de germinación de semillas de tomate de árbol hasta 21 días.

3. Se recomienda promover la producción de tomate de árbol tomando en consideración el período de germinación de semillas de 25 días y el periodo de crecimiento inicial de 60 días.

4. Se recomienda la utilización del humus de lombriz en 30% y 70% de tierra agrícola, lo cual permitira la obtención de plántulas de tomate de árbol con mayor diámetro de hojas, mayor tamaño de hojas, mayor diámetro de tallo, mayor número de hojas y mayor altura de plántulas de tomate de árbol.

5. Se recomienda realizar estudios sobre los parámetros germinativos de las semillas de tomate de árbol tomando en consideración otros factores (suelo, clima, sustratos, madurez de la semilla).

6. Se recomienda realizar estudios sobre el efecto de la mezcla de sustratos (compost, humus de lombriz y arena de río) en diferentes proporciones sobre la fenología y rendimiento de la producción de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en diferentes pisos altitudinales.

Referencia bibliográfica

- Alpi, A. (1975). Cultivo en invernadero.
- Amaya Robles, J., & Julca Hashimoto, J. (2006). Manual de tomate de árbol. Trujillo: Gobierno Regional de Recursos Naturales y Conservación del Medio Ambiente.
- Amaya, J. (2006). Tomate de árbol. Biodiversidad y conservación de los análisis de la interacción genotipo por ambiente en papa (*Solanum tuberosum spp. andigena*) a través de una metodología no paramétrica. Agronomía Colombiana.
- Apraez, J., Romo, J., & Lagos, T. (2012). Regeneración de plantas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.) m. Revista Científica Agrícola 23(2).
- Benavides, A. (2012). Evaluación de 40 genotipos de tomate de árbol *Cyphomandra betaceae* Sendt. En la zona andina del departamento de Nariño. Nariño - Colombia: Tesis Maestría, Facultad de Cienacias Agrícolas. Universidad de Nariño.
- Bernal, J., & Diaz, C. (2003). Tomate de árbol. Generalidades del cultivo. COEPOICA. Manual Técnico N° 3.
- Bernal, J., Díaz, C., Amaya, A., & Vanegas, F. (2003). Generalidades del cultivo. Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro, Antioquia, CORPOICA - La Selva.: Manual técnico 3.
- Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (*Solanaceae*) and its *species* to *Solanum*. Taxon 44.
- Bonnet, J. G., & Cárdenas, J. F. (2012). Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt.). Bogotá: Manual para el cultivo de frutales en el trópico.
- C.E.C. GUAMAN POMA DE AYALA. (1998). Abonos orgánicos. Cusco: Escuela de formación de técnicos en agricultura andina sostenible.
- Caballero Palomino, Y. (2013). Abonos orgánicos y biosidas naturales. Lima: IDMA.
- Calvo, I. (2009). Cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*). Área: Manejo integrado de cultivos/ frutales de altura. San José, Costa Rica.
- Camacho M., F. (2011). El objetivo fundamental de todos los análisis de germinación es evaluar la potencialidad para germinar. Tres aspectos fundamentales deben ser considerados para evaluar el éxito de la germinación de las semillas.
- Contreras, I., & Almeida, J. (2003). Micropropagación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendth.), *Solanaceae* silvestre usada en la alimentación humana. Rev. For. 47(2).

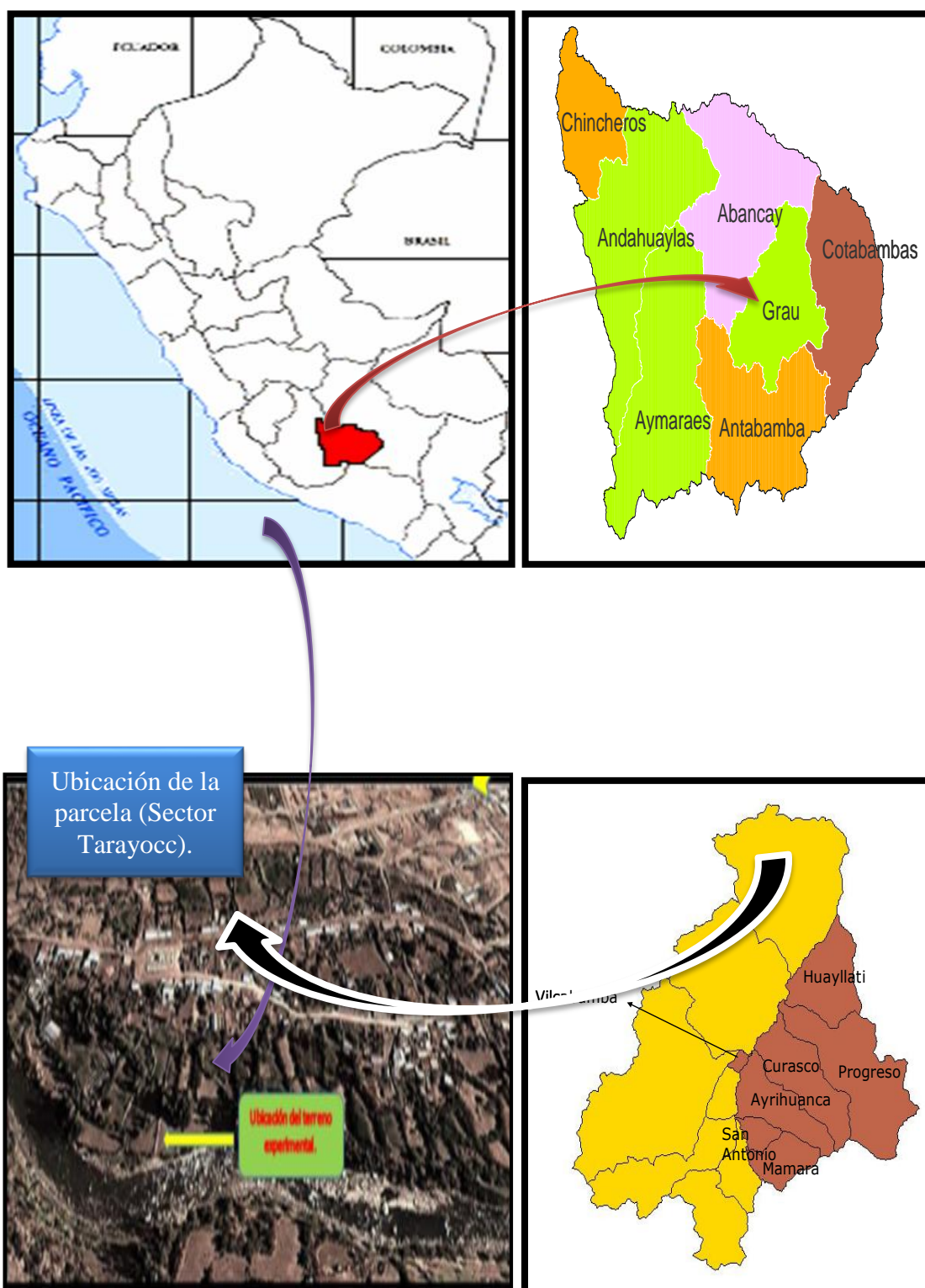
- CRIOLLO E, H., Insuasti, K., & Delgado, W. (2016). Regeneración in vitro de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* (Cav.) Sendt.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 252–261.
- Dogliotti, S. (2012). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate. Material de apoyo hortícola. Universidad de la República, Facultad de Agronomía.
- Donahue, R., Raymond, M., & Schickluna, J. (1998). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México.
- Escarria, R. C. (1986). Tomate de árbol. Cali - Colombia: Gobierno Departamental. Secretaria y Fomento del Valle.
- Finlay, K., & Wilkinson, G. (1963). El análisis de la adaptación en un programa de fitomejoramiento. *Aust. J. Agric. Res* 14 (1).
- García, C. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aerum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3), 249 - 258.
- Girard, E., & Lobo, M. (1987). El cultivo del tomate de árbol, *Cyplomandra betaceae* (Cav) *Sendtn.* Bogotá: ICA. Manual de Asistencia Técnica N° 32.
- Guerrero B., J. (1993). Abonos orgánicos - Tecnología para el manejo ecológico del suelo (Primera ed.). Lima - Perú.
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., & Geneve, R. (1997). *Plant Propagation: Principles and Practices* (Sexta ed.). Prentice - Hall.
- Huacuja, L. (2009). Abonos orgánicos. México: AGT Editor SA.
- INFOAGRO. (1 de Mayo de 2013). Obtenido de <http://www.infoagro.com/hortalizas/brocoli.htm>.
- Jimenez, C., & Villegas Anita. (2013). siembra de tomate de árbol. Recuperado 8 de diciembre de 2017, a partir de <http://comosebrartomatedearbol.blogspot.com/>
- Lagos, T. C., Bacca, T., Herrera, D. M., & Delgado, J. L. (2015). REPRODUCTIVE BIOLOGY AND ARTIFICIAL POLLINATION OF THE TAMARILLO (*Cyphomandra betacea* (Cav.) *Sendt.*). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 19(2), 60–73.
- León, J. (2004). Manual del cultivo de tomate de árbol *Solanum betaceum* Cav. Quito - Ecuador: Tecnigrava.

- Luna, J. I., & Osorio, D. L. (1993). El cultivo de tomate de árbol en la provincia de Sumapaz (Cundimarca). En (Vol. IV). Cali - Colombia: Agrosdesarrollo: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Manzano, J. E. (2005). Características de frutos de tomate de árbol, *Cyphomandra betaceae* (Cav.) Sendtn y sus relativos. Proc. Interamer Soc. Trop. Hort. 48.
- Meza, N., & Manzano, J. (2007). Características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth). Revista de la Facultad de Agronomía, 24(01).
- Meza, N., & Manzano, J. (2009). Características del fruto de tomate de árbol *Cyphomandra betaceae* Cav. Sendt basadas en la coloración del arilo en la Zona Andina Venezolana. Revista UDO Agrícola. 9(2), 289 - 294.
- Osorio García, M. A. (2015). Evaluación del Efecto de Ácido Abscísico en la Germinación de Semillas de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3068.2729>
- Osorio, E., & Madrid, C. (1978). Biología floral del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Send.) y Lulo (*Solanum quitoense* L.). Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Osorio, G. (1992). Avances en el cultivo del tomate de árbol *Cyphomandra betacea*. Acta Horticulturae N° 310.
- Pastor, N. S. (2000). Utilización de sustratos en vivero. Terra 17(3), 231 - 235.
- Pastor, N., Marfa, O., & Savé, R. (2003). Influencia del sustrato y del tamaño del contenedor en el trasplante del terreno definitivo de plantas ornamentales cultivadas en contenedor. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. (págs. 527 - 528). Pontevedra.
- Piñuela, A., Guerra, A., & Pérez Sánchez, E. (2013). Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales. San Javier - Yaracuy, Venezuela: Fundación Danac.
- Revelo, A., Perez, Y., & Maila, M. (2004). El cultivo de tomate de árbol. Quito - Ecuador: NIAP. Ecuador.
- Reyes, C. R. (1993). Tomate de árbol. Etnobotánica, N° 2.
- Saldarriaga, A., Castaño, J., & Arango, R. (2008). Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. Revista Colombiana de Ciencias (123), 145 - 156.

- Sanchez, M. (2011). Producción de (cedrela odorata L.) en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en tecpan. Mexico: Universidad Autónoma Indígena de México.
- Schuldt, M. (2001). Lombricultura: su teoría y práctica en el ámbito agropecuario, industrial y doméstico. La Plata: AR. Impreylyf.
- Simmonds, R. (2001). Ecofisiología del cultivo del tomate de árbol - Manejo integrado del cultivo del tomate de árbol. Módulo Instruccional. TECNIMPRESOS. Ibagué.
- Tafur, R. (2006). Propuesta frutícola para Colombia y su impacto en la actividad económica, nacional, regional y departamental. Bogotá - Colombia: Memorias del Primer Congreso Colombiano de Horticultura, Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá.
- Tineo, A. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícola. CR, CATIE.

Anexos

Anexo 1: Mapa de ubicación



PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	MÉTODOS
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p> <p>Determinar el efecto de la mezcla de compost, humus de</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en la germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p> <p>Hipótesis específicos</p> <p>Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en los parámetros de germinación de semillas de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p> <p>Existe efecto atribuible a la mezcla de compost, humus de</p>	<p>Variable Independiente.</p> <p>Proporciones de mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río</p> <p>Variable Dependiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> Parámetros de germinación de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo 	<p>Mezcla de proporciones de compost, humus de lombriz, tierra agrícola y arena</p>	<ul style="list-style-type: none"> Compost 20% + tierra agrícola 80% Compost 30% + tierra agrícola 70% Compost 100% Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80% Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70% Humus de lombriz 100% Arena de río 20% + tierra agrícola 80% Arena de río 30% + tierra agrícola 70% Arena de río 100% Tierra agrícola 100% % Rapidez de germinación Tiempo de germinación/capacidad germinativa 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Es experimental puro, porque se manipulará la variable independiente (proporciones de mezcla de compost, humus de lombriz, tierra agrícola y arena de río) para medir su efecto en las variables independientes:</p> <p>Parámetros de germinación de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo y Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo. En cuanto al estudio de las variables es de tipo cuantitativo, porque las variables son tangibles y se puede obtener</p>



<p>¿Cuál es el efecto de la mezcla de compost, humus de lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau?</p>	<p>lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Chyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p>	<p>lombriz y arena de río en el crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Chyphomandra betacea</i>) variedad amarillo en el distrito de Vilcabamba, provincia de Grau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento inicial de plántulas de tomate de árbol (<i>Chyphomandra betacea</i>) variedad amarillo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de germinación • Velocidad de germinación • Índice de germinación • Diámetro de hojas • Tamaño de hojas • Número de hojas verdaderas al trasplante • Diámetro de tallo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cm • Cm • Hojas/planta • Cm • Cm 	<p>mediante medición en el sistema internacional de medida.</p> <p>En cuanto a su finalidad, es de tipo aplicativo ya que tiene como finalidad principal resolver los problemas de la germinación y producción de plántulas de tomate de árbol</p> <p>Nivel de investigación: Es descriptivo. Es transversal Es explicativa</p> <p>Método y diseño de investigación: El método es experimental y la modalidad a utilizar es Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo de 10 tratamientos y 3 repeticiones, la obtención de datos se realizó mediante la</p>
--	--	--	--	--	--	--

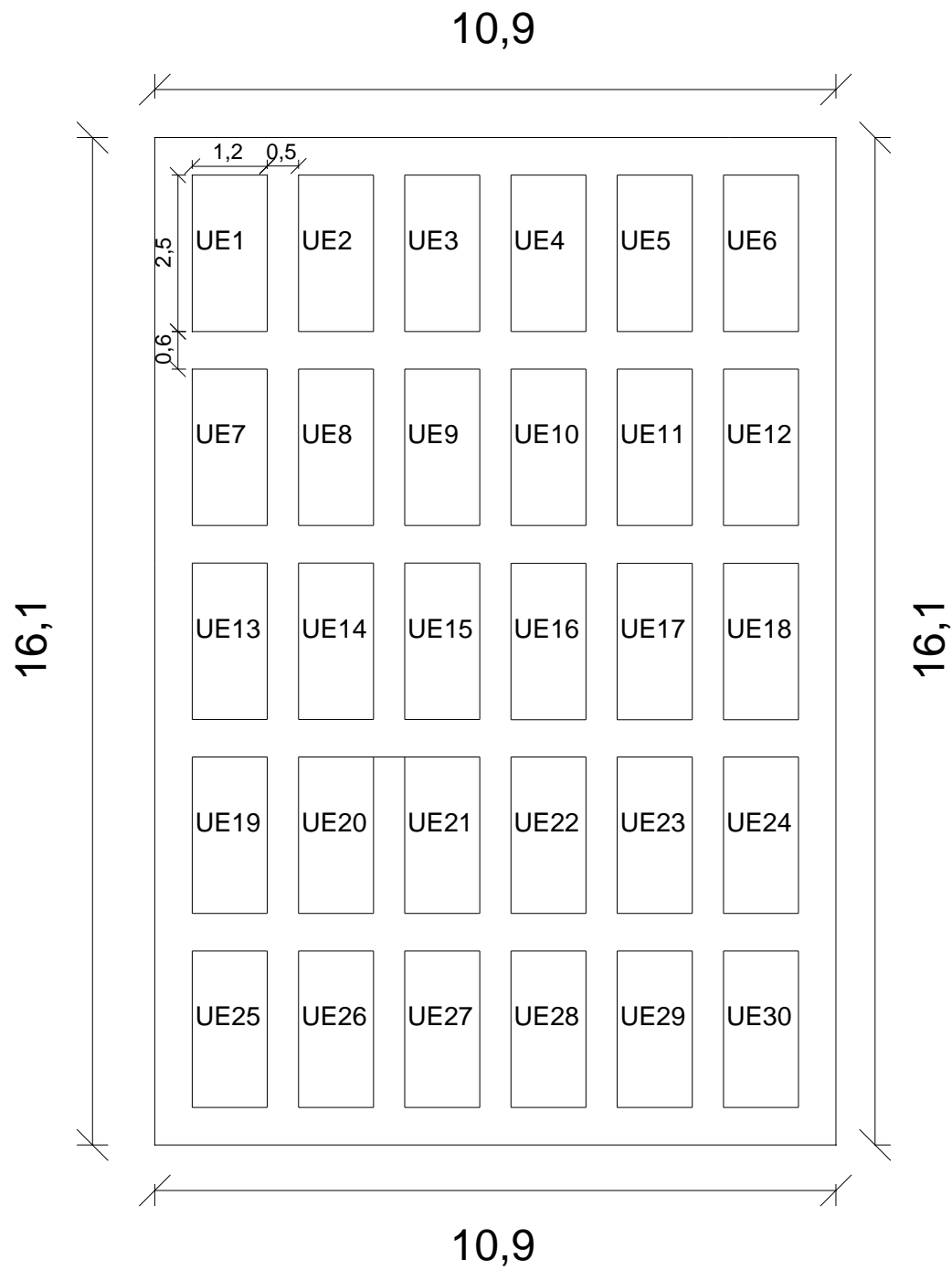


				<ul style="list-style-type: none">• Altura de planta		observación directa, y con la manipulación de equipos e instrumentos de medición. Población: 4920 plántulas Muestra: 1000 plántulas Muestreo: Se utilizó el muestreo probabilístico.
--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2: Matriz de consistencia



Anexo 3: Croquis de parcela experimental



Anexo 4: Datos para procesar

DIAMETROHOJA	TAMAÑOHOJA	DIAMTALLO	NUMHOJAS	ALTRAPLANT	VELGERM	INDGERM	PORCENTAJE	TRATAT
5.67	7	2.63	5.67	8	30.2	25.12	87	1
7.3	7.5	3.1	6	9.17	2.97	24.96	86	1
6.77	8.4	2.63	6	10.67	3.07	25.29	88	1
7	9.5	4.23	6.67	13.67	3.02	25.17	87	2
7.17	9.5	1.97	6.33	12	2.98	24.9	86	2
7.83	10	2.77	6.33	12.83	3.08	25.77	89	2
9	12.33	5.1	7.67	15.33	2.83	23.82	82	3
9	12	3.5	7.33	15	2.99	25.34	87	3
8.17	10.83	3.67	7.67	16.33	2.81	24.01	82	3
7.33	9.83	3.57	7	14.67	3.04	26.72	90	4
9.77	9.7	4.47	6.33	14	2.79	24.79	83	4
8.67	9.67	3.93	7.33	14	2.88	25.15	85	4
10.2	13.83	3.6	6.33	16.83	3.14	27.08	92	5
9.53	13.97	3.9	7.33	13.5	3.09	27.27	93	5
10.17	13.67	3.93	6.67	14.33	2.8	25.34	84	5
9.5	14	5.4	7	22	2.94	27.03	89	6
9.53	14.83	5.5	6.67	20.47	2.96	26.84	89	6
9.67	14.9	6.07	7.67	20.33	2.71	24.34	81	6
5.7	9.1	2.33	5.33	6	2.32	20.01	68	7
6.07	9.5	2.33	6	8.83	2.79	24.83	83	7
6.07	9.67	2.87	6.33	11	2.87	25.92	86	7
6.9	10.5	2.47	6.67	9.67	2.73	23.56	80	8
6.67	10	2.07	5.67	8.17	3.04	26.24	89	8
7	6.7	2.1	5	8.67	2.97	26.16	88	8
2.07	3.43	1	3.67	4.67	2.41	19.84	69	9
14.7	2.23	1.03	3.33	3.83	2.88	23.4	82	9
13	2.17	1.03	3.67	4.17	2.43	20.25	70	9
5.67	9.23	2.53	7	9.33	2.71	24.3	81	10
6.77	9.97	3.1	6	9.67	2.66	24.19	80	10
3.33	6.5	2.77	6.67	8.17	2.59	23.55	78	10



Anexo 5: Instrumentos de recolección de datos

Nombre del evaluador:											N° de		
Variable a evaluar:											U.E.:		
Clave de tratamiento	Tratamientos	Fecha de evaluación: / /										Sumatoria	Promedio
		Variable:											
		Indicador:											
		Unidad de medida:											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T1	Compost 20% + tierra agrícola 80%												
T2	Compost 30% + tierra agrícola 70%												
T3	Compost 100%												
T4	Humus de lombriz 20% + tierra agrícola 80%												
T5	Humus de lombriz 30% + tierra agrícola 70%												
T6	Humus de lombriz 100%												
T7	Arena de río 20% + tierra agrícola 80%												
T8	Arena de río 30% + tierra agrícola 70%												
T9	Arena de río 100%												
T10	Tierra agrícola 100%												
Observaciones:													
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													

ANEXO 6: Panel fotográfico



FOTO N° 01: Zarandeo de sustrato

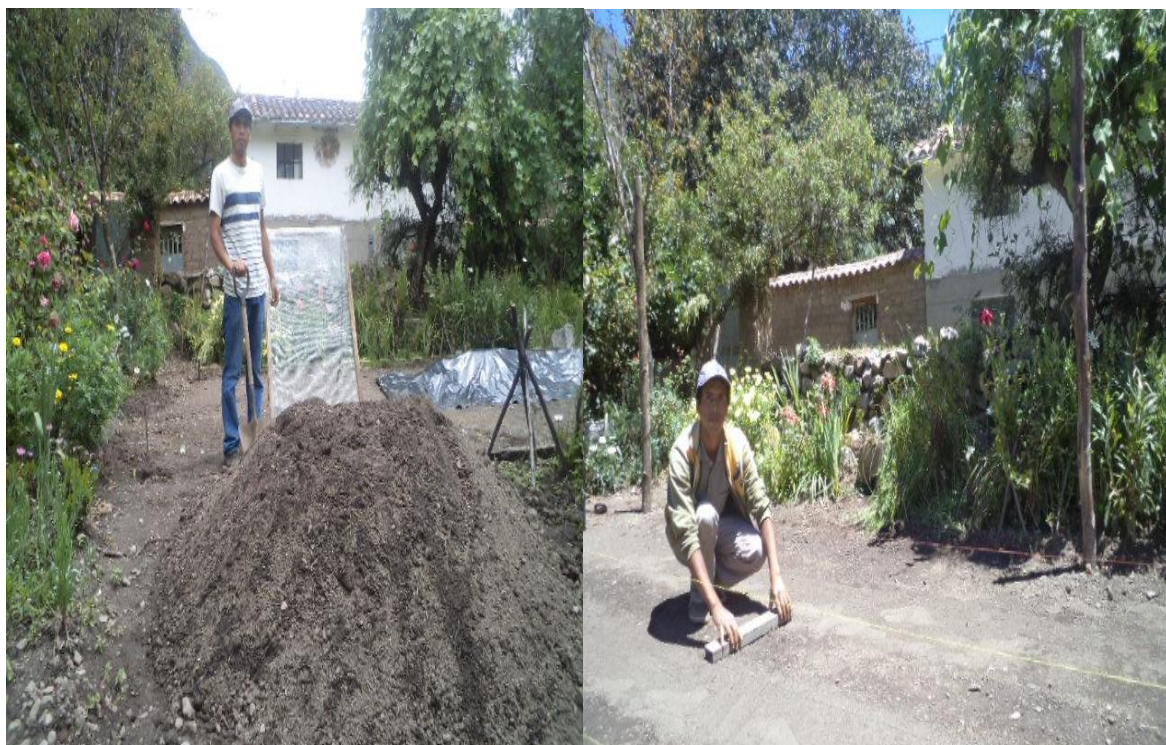


FOTO N° 02: Mezcla de sustratos y zarandeo

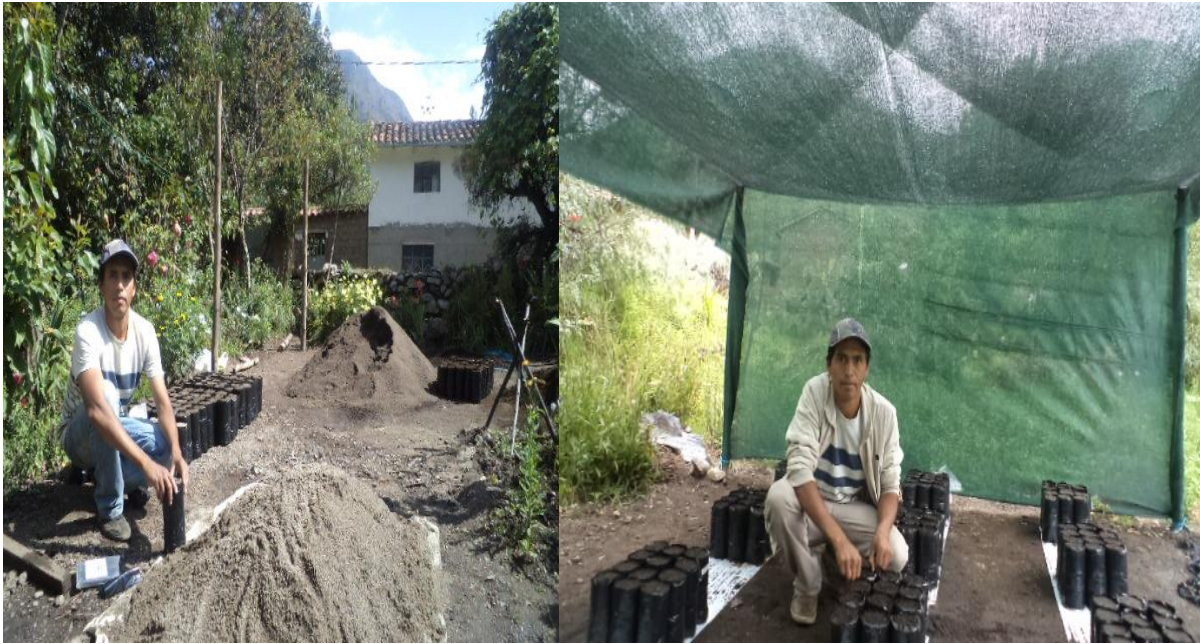


FOTO N° 03: Embolsado de sustrato en bolsas para plantas



FOTO N° 04: Plantones de tomate de árbol