

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTINES DE LIGUSTRO
(*Ligustrum ovalifolium* Hassk) A PARTIR DE ESTACAS CON DIFERENTES
SUSTRATOS BAJO AMBIENTE PROTEGIDO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA**

GLADYS MAMANI NINA

LA PAZ – BOLIVIA

2019

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTINES DE LIGUSTRO
(*Ligustrum ovalifolium* Hassk) A PARTIR DE ESTACAS CON DIFERENTES
SUSTRATOS BAJO AMBIENTE PROTEGIDO EN EL MUNICIPIO DE VIACHA**

Tesis de Grado Presentado como requisito
parcial para obtener el Título de Ingeniero en
Producción y Comercialización Agropecuaria

GLADYS MAMANI NINA

Tutor

Ing. M. Sc. Ramiro Augusto Mendoza Nogales

Tribunal Examinador

Ing. M. Sc. Mario Wilfredo Peñafiel Rodríguez

Ing. M. Sc. Brígido Moisés Quiroga Sossa

Ing. M Sc. Juan José Vicente Rojas

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

La Paz – Bolivia

2019

DEDICATORIA:

Dedicado con todo cariño:

A Dios por darme la libertad de vivir y por ser mi guía en el camino de la vida.

A mis queridos padres, Hipólito Mamani y Teodora Nina, quienes me brindaron su incondicional apoyo y sus invaluable consejos que fortalecieron mi alma y encaminaron mi vida.

A mi hermana Zaida quien vela mi camino desde la eternidad.

A mis hermanas, Josefina y Margarita por sus ánimos y respaldo absoluto en la formación de mi vida profesional y personal.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme ver cada día un nuevo amanecer, por ser mi guía y por cuidarme en todo momento.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria por ser la casa de estudio en la cual realicé mi carrera universitaria y a todos los docentes por los conocimientos y experiencias transmitidas y de esta manera haber contribuido a mi formación profesional.

Expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor Ing. M. Sc. Ramiro Augusto Mendoza Nogales por brindarme apoyo y paciencia, sugerencias, revisión y corrección durante el periodo de elaboración y conclusión del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M. Sc. Wilfredo Peñafiel Rodríguez, tribunal revisor, por sus sugerencias y mejoras realizadas en el contenido y redacción que enriquecieron el presente trabajo.

Al Ing. M. Sc. Brígido Moisés Quiroga Sossa, tribunal revisor, por sus valiosos consejos y las acertadas observaciones y recomendaciones para la conclusión de la tesis.

Al Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas, tribunal revisor, por todas las correcciones, aportes y sugerencias realizadas para la culminación del presente trabajo de investigación.

A mi madre querida quien siempre estuvo a mi lado con su ejemplo de honestidad y fortaleza que alienta siempre mi corazón, con su amor de madre y comprensión infinita, muchas gracias.

Agradezco a todos mis amigos (as) de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, por su amistad y por los buenos momentos compartidos durante nuestra formación profesional, deseando que Dios les bendiga infinitamente.

CONTENIDO GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen del ligustro	3
2.2. Descripción botánica del ligustro (<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk)	3
2.3. Uso ecológico del ligustro	4
2.4. Propagación sexual y asexual	4
2.4.1. Reproducción sexual	4
2.4.2. Reproducción asexual	5
2.4.3. Propagación vegetativa	5

2.4.4.	Propagación por estacas	6
2.4.5.	Tipos de estacas.....	7
2.4.6.	Reproducción y propagación del ligustro	7
2.4.7.	Condiciones ambientales para la producción de plantines de ligustro.....	8
2.4.7.1.	Luz.....	8
2.4.7.2.	Temperatura	8
2.4.7.3.	Humedad	8
2.4.7.4.	Riego	8
2.5.	Sustrato	9
2.5.1.	Clasificación de los sustratos	9
2.5.2.	Propiedades de los sustratos	10
2.5.3.	Características de un buen sustrato.....	11
2.5.4.	Materiales utilizados como sustrato	12
2.5.4.1.	Arena.....	12
2.5.4.2.	Tierra del lugar.....	13
2.5.4.3.	Turba	14
2.5.4.4.	Estiércol.....	15
2.6.	Calidad de plantines	15
2.6.1.	Criterios morfológicos para la calidad de planta.....	17
2.6.1.1.	Altura	17
2.6.1.2.	Diámetro	18
2.6.1.3.	Volumen radicular.....	18
2.6.1.4.	Materia seca	19
2.6.2.	Índices de calidad	19

2.6.2.1.	Índice de robustez.....	20
2.6.2.2.	Índice de biomasa.....	21
2.6.2.3.	Índice de calidad de Dickson	22
2.7.	Análisis de costos de producción	23
2.7.1.	Costos de producción	23
2.7.2.	Costo fijo.....	23
2.7.3.	Costo variable	23
2.7.4.	Relación beneficio/costo	23
3.	LOCALIZACIÓN.....	24
3.1.	Ubicación geográfica	24
3.2.	Características climáticas	25
3.3.	Fisiografía.....	25
3.4.	Suelos.....	25
3.5.	Hidrografía	25
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1.	Materiales	26
4.1.1.	Material biológico	26
4.1.2.	Materiales y herramientas de trabajo	26
4.1.3.	Insumos	26
4.1.4.	Material de laboratorio	27
4.1.5.	Material de gabinete	27
4.2.	Metodología	28
4.3.	Métodos.....	28
4.3.1.	Procedimiento experimental.....	28

4.3.1.1.	Instalación de la investigación	28
4.3.1.2.	Preparación del sustrato	29
4.3.1.3.	Preparación de estacas	30
4.3.1.4.	Embolsado.....	30
4.3.1.5.	Repique de estacas	31
4.3.1.6.	Labores culturales.....	31
4.3.1.7.	Riego	32
4.3.2.	Aspectos climáticos	32
4.3.2.1.	Registro de la temperatura dentro de la carpa solar.....	32
4.3.2.2.	Variación de temperaturas al interior de la carpa solar	33
4.3.3.	Diseño experimental	34
4.3.4.	Análisis estadístico	34
4.3.4.1.	Formulación de tratamientos.....	34
4.3.4.2.	Croquis del experimento	35
4.3.4.3.	Características del área experimental.....	35
4.3.5.	Variables de respuesta	36
4.3.5.1.	Altura de brote principal (cm)	36
4.3.5.2.	Diámetro de brote principal (mm).....	36
4.3.5.3.	Volumen radicular (ml).....	36
4.3.5.4.	Materia seca total (g)	36
4.3.5.5.	Índice de robustez (IR).....	37
4.3.5.6.	Índice de biomasa (IB)	37
4.3.5.7.	Índice de calidad de Dickson (ICD).....	38
4.3.6.	Análisis económico	38

4.3.6.1.	Ingreso bruto.....	38
4.3.6.2.	Ingreso neto.....	39
4.3.6.3.	Relación beneficio/costo	39
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
5.1.	Altura de brote principal (cm)	40
5.1.1.	Velocidad de crecimiento	42
5.2.	Diámetro del brote principal (mm)	44
5.3.	Volumen radicular (ml).....	46
5.4.	Materia seca total (g)	48
5.5.	Índice de robustez (IR).....	51
5.6.	Índice de biomasa (IB)	53
5.7.	Índice de calidad de Dickson (ICD)	54
5.8.	Análisis económico	55
6.	CONCLUSIONES	57
7.	RECOMENDACIONES	59
8.	BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Análisis químico de nitrógeno, fósforo y potasio de la turba	14
Cuadro 2. Análisis químico de nitrógeno, fósforo y potasio del estiércol	15
Cuadro 3. Temperaturas registradas dentro de la carpa solar desde el mes de agosto de la gestión 2017 hasta el mes de febrero de la gestión 2018	32
Cuadro 4. composición de sustratos empleados para cinco tratamientos	34
Cuadro 5. Características del área experimental.....	35
Cuadro 6. Parámetros establecidos para calificar el IR del plantín.....	37
Cuadro 7. Parámetros establecidos para calificar el IB del plantín.....	37
Cuadro 8. Parámetros establecidos para calificar el IDC del plantín	38
Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de brote principal (cm) de plantines de ligustro en respuesta a los diferentes sustratos a los 180 días.....	40
Cuadro 10. Comparación de medias según Duncan para la altura de brote principal de plantines de ligustro en respuesta a los diferentes sustratos	40
Cuadro 11. Análisis de regresión y correlación en función al tiempo y altura de brote principal de plantines de ligustro.....	42
Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de brote principal (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	44
Cuadro 13. Comparación de medias según Duncan para diámetro (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	44
Cuadro 14. Análisis de varianza para volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	46
Cuadro 15. Comparación de medias según Duncan para volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	47
Cuadro 16. Análisis de varianza para materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	49
Cuadro 17. Comparación de medias según Duncan para materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	49

Cuadro 18. Relación de altura de planta/diámetro del cuello de raíz (IR) de los plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	51
Cuadro 19. Relación de biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (IB) de los plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	53
Cuadro 20. Índice de calidad de Dickson (ICD) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	54
Cuadro 21. Análisis económico de la producción de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del Municipio de Viacha	24
Figura 2. Metodología empleada en el trabajo de investigación	28
Figura 3. Vivero forestal: Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria (Mamani, 2017).....	29
Figura 4. Llenado del sustrato para el repique de estacas de ligustro (Mamani, 2017).	31
Figura 5. Repique de estacas de ligustro (Mamani, 2017).....	31
Figura 6. Variación de temperaturas en el interior de la carpa solar	32
Figura 7. Croquis del área experimental.....	35
Figura 8. Altura de brote principal (cm) de plantines de ligustro obtenidos en repuesta a los diferentes sustratos.....	41
Figura 9. Regresión lineal del crecimiento de altura de brote principal (cm) en función al tiempo (días) en respuesta a cinco tipos de sustrato	43
Figura 10. Diámetro de brote principal (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos	45
Figura 11. Volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	47
Figura 12. Materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos.....	50
Figura 13. Preparación y desinfección del sustrato	73
Figura 14. Ubicación de estacas de ligustro trasplantados según el diseño experimental.....	73
Figura 15. Primeros brotes y hojas de estacas de ligustro	74
Figura 16. Plantines en desarrollo en respuesta a los diferentes sustratos	74
Figura 17. Seguimiento del experimento y toma de datos	75
Figura 18. Comparación de altura del plantín en los diferentes sustratos.....	75
Figura 19. Toma de datos de altura de brote principal	76

Figura 20. Toma de datos de diámetro del brote principal.....	76
Figura 21. Comparación del crecimiento de raíz en los diferentes sustratos	77
Figura 22. Medición del volumen radicular de plantines de ligustro.....	77

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Costos de producción para plantines de ligustro (T1)	68
Anexo 2. Costos de producción para plantines de ligustro (T2)	69
Anexo 3. Costos de producción para plantines de ligustro (T3)	70
Anexo 4. Costos de producción para plantines de ligustro (T4)	71
Anexo 5. Costos de producción para plantines de ligustro (T5)	72
Anexo 6. Preparación y desinfección del sustrato (Figura 13); Ubicación de estacas de ligustro trasplantados según el diseño experimental (Figura 14).....	73
Anexo 7. Primeros brotes y hojas de estacas de ligustro (Figura 15); Plantines en desarrollo en respuesta a los diferentes sustratos (Figura 16).....	74
Anexo 8. Seguimiento del experimento y toma de datos (Figura 17); Comparación de altura del plantín en diferentes tratamientos (Figura 18)	75
Anexo 9. Toma de datos de altura de brote principal (Figura 19); Toma de datos de diámetro de brote principal (Figura 20)	76
Anexo 10. Comparación del crecimiento de raíz en los diferentes sustratos (Figura 21); Medición del volumen radicular de plantines de ligustro (Figura 22)	77
Anexo 11. Síntesis de resultados de parámetros morfológicos de los plantines de ligustro (<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk)	78
Anexo 12. Análisis físico químico de suelos (T1).....	79
Anexo 13. Análisis físico químico de suelos (T2).....	80
Anexo 14. Análisis físico químico de suelos (T3).....	81
Anexo 15. Análisis físico químico de suelos (T4).....	82
Anexo 16. Análisis físico químico de suelos (T5).....	83

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la calidad de los plantines de ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk) a partir de estacas con cinco tipos de sustratos bajo ambiente protegido en el Municipio de Viacha, cuyo proceso de investigación se llevó a cabo en el vivero forestal de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria de la Universidad Mayor de San Andrés, donde se evaluó parámetros e índices morfológicos y el análisis de costos de producción, bajo el diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, de acuerdo a los resultados de la investigación se determinó que el tratamiento T2 (50% tierra del lugar, 25% arena, 25% turba) presentó mayor altura de brote principal con 31,10 cm con relación al T1 (100% tierra del lugar) con 18,23 cm, para el diámetro de brote principal el tratamiento T5 (15% tierra del lugar, 15% arena, 40% turba, 30% estiércol ovino) con 7,70 mm alcanzó un resultado superior en comparación con el T1 con 4,10 mm, el volumen radicular tiene como resultado superior al tratamiento T5 con 3,10 ml en relación al T1 con 1,43 ml, para la materia seca total el T2 tiene un resultado superior de 7,47 g en relación al T1 con 3,37 g, en cuanto a los índices morfológicos el tratamiento T5 presenta un Índice de robustez de 3,53, Índice de biomasa de 2,20, Índice de calidad de Dickson de 1,14, los valores presentados se encuentran dentro de los rangos de calidad alta y media, por el contrario el tratamiento T1 presenta un Índice de robustez de 4,47, Índice de biomasa de 3,17, Índice de calidad de Dickson de 0,44, catalogándose como plantines de calidad media y baja, para los costos de producción se determina que es una actividad rentable para todos los tratamientos, obteniendo mayor beneficio costo el tratamiento T1 con Bs. 0,67 seguido del tratamiento T2 con Bs. 0,38 y el T5 con un beneficio de Bs. 0,25, siendo este el sustrato que más favoreció para la obtención de plantines de calidad.

SUMMARY

The present work was carried out with the objective of determining the quality of ligustro seedlings (*Ligustrum ovalifolium* Hassk) from stakes with five types of substrates under protected environment in the Municipality of Viacha, whose research process was carried out in the Forest nursery of the Agricultural Production and Marketing Engineering Career of the Universidad Mayor de San Andrés, where morphological parameters and indices and the analysis of production costs are evaluated, under the completely randomized experimental design with five treatments and three repetitions, of According to the results of the investigation, it was determined that the T2 treatment (50% land of the place, 25% sand, 25% peat) presented a greater height of the main shoot with 31.10 cm in relation to T1 (100% land of the place) with 18.23 cm, for the main outbreak diameter the T5 treatment (15% land of the place, 15% sand, 40% peat, 30% sheep manure) with 7.70 mm sup result In comparison with the T1 with 4.10 mm, the root volume has a result superior to the T5 treatment with 3.10 ml in relation to the T1 with 1.43 ml, for the total dry matter the T2 has a superior result of 7 , 47 g in relation to T1 with 3.37 g, in terms of morphological indices the T5 treatment has a robustness index of 3.53, biomass index of 2.20, Dickson quality index of 1.14, the values found are within the ranges of high and medium quality, on the contrary the T1 treatment has a robustness index of 4.47, biomass index of 3.17, Dickson quality index of 0.44, cataloging as plants of medium and low quality, for production costs it is determined that it is a profitable activity for all treatments, obtaining the T1 treatment with Bs. 0.67 more cost benefit followed by the T2 treatment with Bs. 0.38 and T5 with a profit of Bs. 0.25, this being the most favored substrate for the Obtaining quality plants.

1. INTRODUCCIÓN

El ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk) variedad arbórea, tiene su lugar de origen en los territorios situados en los países de China y Japón, siendo una planta resistente a las condiciones climáticas, su cultivo se difundió a diversos países, empleada como planta de ornamento.

En Bolivia la producción de ligustro se ha cultivado con frecuencia en los departamentos de La Paz y Cochabamba como una planta ornamental, para el decorado de jardines, plazas y calles, representa un elemento importante dentro del paisaje urbano.

De acuerdo a la revisión de fuentes de información, son escasos los trabajos de investigación dedicadas a la producción de plantas de calidad en vivero. Mamani (2017), en su investigación realizada con la aplicación de hormonas para el enraizamiento de esquejes de ligustro, determina índices de calidad, obteniendo plantines de calidad media y alta. El desarrollo de la producción como tal, aún no ha sido evaluado en su totalidad, debido a que abarca componentes como la investigación y transferencia de tecnología.

La calidad de la planta está referida a una mayor tasa de supervivencia, crecimiento inicial y desarrollo cuando llegan a establecerse en el lugar definitivo, las cuales dependen de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas utilizadas para su reproducción en vivero (Prieto *et al.*, 2009).

Exceptuando las características genéticas que son determinadas al momento de seleccionar el material vegetal, la calidad de las plantas está determinada en gran medida por su cultivo en vivero. Los atributos morfológicos, fisiológicos y sanitarios que condiciona una planta ideal pueden ser manipulados durante la etapa de vivero, de modo que esta fase resulta fundamental para obtener plantas que exhiban un satisfactorio desempeño en terreno; no obstante, los atributos morfológicos, se correlacionan exitosamente con la supervivencia y el crecimiento inicial en el sitio de plantación, por esta razón se consideran parámetros adecuados para la evaluación de la calidad del plantín (Morales y Pérez, 2013).

Uno de los factores más importantes que se toman en cuenta dentro de un vivero son los sustratos, en la cual la combinación de materiales orgánicas e inorgánicas mejoran las propiedades del mismo y por tanto la calidad de la planta.

El uso de sustratos como fuente alternativa de nutrientes permite reducir la aplicación de fertilizantes químicos que provocan daños en el suelo como la acidificación o salinización; al mismo tiempo disminuir la deposición de residuos orgánicos.

En el presente trabajo se ha determinado la calidad de plantas utilizando estacas de ligustro con cinco tipos de sustratos que influyeron en los parámetros e índices morfológicos, obteniendo plantines de calidad alta, media y baja. Con los resultados obtenidos se pretende coadyuvar a los conocimientos existentes y con el mismo generar un protocolo de producción de plantas de calidad que aseguren mayor probabilidad de adaptación y desarrollo en el sitio de plantación, lo que repercute en el mercado de plantas ornamentales, siendo una fuente de ingresos para los productores viveristas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la calidad de plantines de ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk) a partir de estacas con diferentes sustratos bajo ambiente protegido en el Municipio de Viacha.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros morfológicos de plantines en respuesta a cinco tipos de sustratos.
- Comparar la calidad de plantines de ligustro mediante los índices morfológicos.
- Evaluar el beneficio costo de cada tratamiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen del ligustro

Juana (2006), indica que el *Ligustrum* perteneciente a la familia *Oleaceae* es un arbusto nativo de Europa, Norte de África, Oeste, Este y Malasia donde se expandió a diferentes partes del mundo. Existen unas 35 especies originarias de la cuenca del mediterráneo, Asia, Australia, Archipiélago Indico e Indias Orientales. Es cultivado principalmente con fines ornamentales, como un elemento importante dentro del paisaje urbano, generalmente formando setos (Dimitri y Oliveri, 1980).

En Bolivia que se encuentra en el corazón de Sud América se halló tres especies del género *Ligustrum* las cuales fueron: *L. ovalifolium* en 1982, *L. sinense* en 1986 (ambos en la ciudad de La Paz), *L. lucidum* en 1983 en las ciudades de Cochabamba y La Paz (Starr *et al.*, 2003 citado por Mamani, 2017).

2.2. Descripción botánica del ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk)

Pouzet (1901), citado por Juana (2015), señala que son arbustos perennifolios erguidos de hojas opuestas y pecioladas. Raíces ramificadas con abundante sistema radicular. Inflorescencias que adoptan apariencia de panojas piramidales o espigas terminales en cada rama. Flores pequeñas, sésiles, actinomorfas. Cáliz persistente, gamosépalo. Corola blanca o amarillenta con cuatro pétalos soldados en su mitad proximal formando un tubo superiormente libre, recurvados. Estambres 2, la base de los filamentos soldados al tubo corolino. Anteras elípticas. Ovario esférico con 2 lóculos. Estilo simple. Estigma capitado. Fruto tipo baya, con 1-4 semillas endospermadas.

El ligustro posee flores hermafroditas actinomorfas. Cáliz persistente 4-5 dentado. Corola con el tubo cilíndrico más largo, igual o más corto que los cuatro lóbulos. Estambres 2, insertos sobre el tubo corolino, exertos o incluidos. Ovario bilocular, con los lóbulos biovulados. Estilo cilíndrico. Estigma capitado o bilobulado. Fruto bayo. Árboles o arbustos de hojas caedizas o persistentes, sésiles o pecioladas, enteras o muy raramente lobuladas y flores blancas, dispuestas en panojas terminales (Dimitri y Oliveri, 1980).

2.3. Uso ecológico del ligustro

El ligustro es un arbusto muy utilizado en jardinería, sobre todo en el área urbana: calles, avenidas y plazas. Su extensa utilización se debe a su facilidad de manejo, siendo su necesidad de agua de media a baja según alcanza su desarrollo adulto. Se adapta fácilmente a la mayoría de los suelos, sobre todo a la generalizada caliza presente en la mayoría de suelos y aguas. No presenta plagas ni enfermedades de importancia y soporta muy bien la contaminación ambiental de la ciudad (Gutiérrez, 2013).

El género ligustro representa un grupo de plantas con fines netamente ornamentales, que son muy comunes en nuestros jardines y calles generalmente formando setos, debido a su rusticidad responde perfectamente los recortes y soporta bien tanto la polución urbana como la industrial (Molina, 2016).

El ligustro es un arbusto que se multiplica por semillas y esquejes, es una especie adaptable a una variedad de suelos que vegetan bien en pleno sol o en media sombra, admite muy bien las podas, recortes y posee un crecimiento relativamente rápido por lo que se utiliza en alineaciones de calles (Novara, 1994).

2.4. Propagación sexual y asexual

2.4.1. Reproducción sexual

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, para la formación de semillas y la creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes, la división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad (SEDAGRO, 2007).

Para la reproducción sexual se necesita la existencia de dos células diferentes (masculino y femenino) que a través del proceso de polinización y fecundación se da la formación de la semilla la cual dará origen a una nueva planta, es decir que la propagación se hace por medio de semillas (Napoleón, 2005).

Paredes (2010), explica que para muchas especies la reproducción asexual predomina sobre la sexual, y es que las condiciones de su ambiente hacen improbable que la semilla genere una planta, capaz de establecerse debido a las limitaciones de recursos como el agua, la luz o la competencia entre ambos.

2.4.2. Reproducción asexual

Hartman y Kester (1986), mencionan que la propagación asexual es aquella propagación de plantas empleando partes vegetativas de la misma, lo cual es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una nueva planta. Se llama totipotencia a la propiedad de células vegetativas de contener toda la información genética necesaria para generar un organismo completo.

Rodríguez (2010), señala que uno de los procedimientos de multiplicación asexual es el denominado fragmentos de órganos y lo define como "...el proceso que consiste en la multiplicación de individuos a partir de porciones vegetativas: raíces, tallos, hojas y flores que retiradas de la planta madre son capaces de desarrollar raíces y el vástago de la nueva planta independiente...".

2.4.3. Propagación vegetativa

La propagación vegetativa o clonación se define como la reproducción de una planta a partir de una célula, tejido y órgano (raíces, tallos, ramas, hojas), cualquier parte de una planta puede dar origen a otra de iguales características, esto se debe a que muchas de las células de los tejidos vegetales ya maduros conservan la potencialidad de multiplicarse, de diferenciarse y dar origen a diversas estructuras como tallos y raíces. Son grupos celulares que forman parte de los meristemos primarios y secundarios que pueden encontrarse en todos los órganos de las plantas (Napoleón *et al.*, 2005).

Para realizar la propagación vegetativa se emplea plantas madres cuyo origen y características se conocen bien, la ventaja de este método es que se logran especies jóvenes que presentan exactamente las mismas cualidades y particularidades que la planta madre (Bohm, 1989).

La propagación vegetativa es un mecanismo de reproducción asexual del que participan muchas especies en la naturaleza y que responde a la necesidad de garantizar la supervivencia de la población y de los individuos sin la necesidad de completar la reproducción sexual (Hernandez, 2015).

Considerando que la reproducción sexual o por semillas mantiene la variabilidad genética y el avance evolutivo de la especie, la propagación vegetativa se orienta a la reproducción idéntica de plantas con características deseables como la alta productividad, calidad superior o tolerancia al estrés biótico o abiótico y como tal, juega un papel muy importante en la permanencia de una característica ideal de una generación a otra (Rojas *et al.*, 2004).

2.4.4. Propagación por estacas

Esqueje o estaca Rodríguez (1992), la define, "...como una porción de rama que separada de la planta madre y puesta en condiciones adecuadas emite raíces y brotes, dando lugar a una nueva planta ...".

La estaca es una parte cualquiera del vegetal que es separada de la planta madre y puesta en condiciones convenientes en el que emite raíces y desarrolla un brote (yema) que originará otra planta. Generalmente solo se denominan estacas a porciones del tallo o rama, pero en una acepción más amplia se denomina estacas a: raíces, hojas o fracciones de hojas utilizadas como tales con la finalidad de obtener nueva planta (Castañeda, 1984 citado por Rojas *et al.*, 2004).

La propagación vegetativa o asexual por medio de enraizamiento de estaca de tallo es la forma más común de clonación de las plantas ornamentales, esto se debe a que es un método sencillo que permite multiplicar y obtener en un tiempo relativamente corto plantas homogéneas y de buena calidad comercial (Sisaro *et al.*, 2016).

Las estacas son el medio más importante para la propagación de arbustos ornamentales, tanto de especies deciduas como de hoja ancha, las estacas se usan también extensamente en la propagación comercial en invernadero de muchos cultivos

florales y su empleo es común en la propagación de diversas especies frutales (Rodríguez, 2010).

2.4.5. Tipos de estacas

Huanca (s.f.), menciona que existe tres tipos de estacas según la parte de la planta de la que procede y se clasifican en:

- a) Estacas de tallo: son segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales, en condiciones adecuadas producen raíces adventicias.
- b) Estacas de hoja: producen raíces a partir de sus hojas y posteriormente tallos.
- c) Estacas de raíz: corresponde a un tejido radical engrosado con una corona provista de yemas aéreas en un extremo y raíces en el otro.

2.4.6. Reproducción y propagación del ligustro

Aligustre (2005), menciona que el ligustro se desarrolla mejor cuando se encuentra en un suelo arcilloso y poco húmedo, el cultivo debe encontrarse a pleno sol y contar con un riego poco frecuente, el abonado se lo puede realizar en los meses de agosto a octubre, la multiplicación de setos desechados o por semilla, esqueje leñoso y se lo realiza generalmente en mayo.

Wright (1979), citado por Gutiérrez (2013), indica que el ligustro verde (*Ligustrum lucidum*) se reproduce por esquejes al aire libre en otoño o invierno, teniendo en cuenta que el medio de enraizamiento debe presentar una temperatura menor a la temperatura del ambiente pues de esta forma se facilita el tiempo de enraizamiento, las estacas requieren unos cuantos días de sombra y retiro paulatino para que no mueran por inanición, el suelo debe tener un buen nivel de humedad y una correcta aireación.

Novara (1994), sostiene que el ligustro es un arbusto de crecimiento rápido, soporta fríos y heladas, se desarrolla en cualquier tipo de suelos, pero prefiere suelos húmedos y arenosos.

2.4.7. Condiciones ambientales para la producción de plantines de ligustro

2.4.7.1. Luz

Hartman y Kester (1986), indica que la luz es la más importante de todos los factores que influyen en esta fase del desarrollo y la más difícil de regular, su importancia está cedida por el papel que desempeña en la fotosíntesis a través de la cual las plantas realizan todos los procesos de síntesis y producción de energía necesarias para el crecimiento y desarrollo.

2.4.7.2. Temperatura

Las estacas tienen necesidad de una cierta temperatura para arraigar y los requerimientos de temperatura varían en función del medio. Es preciso mantener un equilibrio entre diferentes factores que influyen en la fotosíntesis, luz, temperatura, hidrometría y contenido de anhídrido carbónico de la atmosfera (Cuisance, 1988).

Hartman y Kester (1986), menciona que todos los procesos fisiológicos de las plantas, como la absorción de minerales por las raíces, el crecimiento y expansión de tejidos vegetales, el movimiento de los minerales y agua en las raíces, tallos y hojas depende de la temperatura, que afecta directamente la velocidad con la que las plantas crecen, pero su sobrevivencia no depende necesariamente de ella.

2.4.7.3. Humedad

Las plantas expulsan bajo forma de vapor de agua por los estomas de las hojas, una parte de agua absorbida por las raíces, una temperatura elevada, un ambiente muy luminoso y una atmosfera seca provocan una transpiración intensa (Heede, 1982).

2.4.7.4. Riego

El sistema de riego suministra el agua a las plantas, y debe ser oportuno, en cantidad suficiente y en horario adecuado, el riego se realiza por lo menos una vez al día a primera hora de la mañana o al caer la tarde el sustrato siempre debe estar húmedo y con diferentes grados de saturación (Martínez *et al.*, 2012).

Los plantines necesitan el agua para transportar los nutrientes y alimentos. En las zonas donde el agua escasea, hay que usarla bien para que dure, debemos evitar que al regar el agua se evapore y debemos tratar de que el suelo la absorba por eso es mejor regar a las primeras horas del día (Archila, 2011).

2.5. Sustrato

El término “sustrato” se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor de forma pura o en mezcla permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular. El sustrato puede o no intervenir en el proceso de nutrición de la planta (Pastor, 1999).

Las principales funciones que tiene el sustrato para la planta es la retención del agua hasta el momento de ser usada por la plántula, la nutrición mineral, el soporte físico y la función final del sustrato es mantener a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo (Rodrigues, 2008).

Cabrera (2014), indica que un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad dado que el volumen de una maceta es limitado, los componentes del sustrato deben poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo permitan un crecimiento óptimo.

El uso de sustratos disminuye la utilización de fertilizantes y agroquímicos, mitiga el impacto ambiental. Las propuestas nuevas de materiales como sustratos deben estar sustentadas en la caracterización física, química y biológica, determinación de tamaños de partículas, procedimientos mecanizados y mezclas que permitan optimizar la homogeneidad de resultados, disminuir los lixiviados como fuentes de contaminación, uso eficiente del agua y reincorporación inocua de residuos al ambiente (Gayosso *et al.*, 2016).

2.5.1. Clasificación de los sustratos

Existen diferentes formas y criterios para clasificar los sustratos. Terés (2001), citado por Tut (2014), realiza una clasificación en base a los componentes orgánicos e inorgánicos de la siguiente forma:

a) Materiales orgánicos

- De origen natural, se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica. El más empleado es la turba.
- De síntesis, son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, espuma de urea-formaldehído, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, ganaderas, industriales, urbanas, etc. Muchos materiales de este grupo deberán someterse a un proceso de compostaje para su adecuación como sustratos (cascarilla de arroz, estiércoles, cortezas de árboles, serrín, virutas de madera, residuo de fibra de coco, residuo del corcho, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

b) Materiales inorgánicos (Minerales)

- De origen natural, se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos los cuales no son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados industrialmente a partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos y a veces también químicos más o menos complejos, que modifican notablemente las características iniciales de los materiales de partida (arcilla expandida, lana de roca, perlita, vermiculita, etc.).
- Residuos y subproductos industriales, comprenden los materiales residuales procedentes de distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, ladrillo molido, etc.).

2.5.2. Propiedades de los sustratos

Según Pastor (1999), las propiedades de los sustratos se dividen básicamente en tres categorías: Químicas, físicas y biológicas.

a) Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un sustrato incluyen: la porosidad, capacidad de retención de agua, textura, densidad aparente, estabilidad estructural y tienen una característica importante debido a que una vez colocada el sustrato en el contenedor, dichas propiedades resultan prácticamente imposible modificarla.

b) Propiedades químicas

Entre las características químicas de los sustratos destacan: fertilidad, capacidad de intercambio catiónico, pH, capacidad tampón, relación C/N. Son importantes porque influyen en la disponibilidad de nutrientes, humedad y otros compuestos para la plántula, también influyen en el suministro de nutrientes a través de la capacidad de intercambio catiónico la cual depende a su vez en gran medida de la acidez del sustrato.

c) Propiedades biológicas

el sustrato además de poseer buenas características físicas y químicas, debe poseer características biológicas como la presencia de microorganismos (micorrizas, rizobion y otros) que ayudan a la descomposición de compuestos orgánicos.

2.5.3. Características de un buen sustrato

Las plantas en contenedores se caracterizan por la puesta a disposición del sistema radicular en un reducido volumen de sustrato inferior al espacio que tendrá a disposición en terreno, de ahí la importancia de la elección de sustrato y de sus cualidades físicas, para asegurar el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas (Boby y Valdivia, 2005).

A medida que se desarrolla la planta, la evaporación aumenta, por ello es necesario que el sustrato proporcione un suministro continuo de agua y elementos nutritivos, a la vez que proporcione la aireación suficiente. El principal aspecto restrictivo de los sustratos es el tamaño pequeño del contenedor que en el caso de plantines hortícolas de estaca viene agravado por la baja altura, lo que obliga a seleccionar sustratos de

muy elevada retención de agua, a la vez que el sustrato debe garantizar la óptima aireación de las raíces (Burés, 1999).

Existen diferentes criterios para la selección de ingredientes para la preparación de sustratos, para Alvarado (2002), debe producir un buen drenaje y aireación efectiva, ser química y biológicamente estable, uniforme, capaz de retener humedad y nutrientes.

Para obtener mezclas uniformes de diferentes texturas usualmente se añade un suelo de migajón arena y algo de materia orgánica, como musgo turboso, aserrín o corteza desmenuzada. Al preparar estas mezclas el suelo debe cribarse para uniformarlo y eliminar las partículas grandes, si los materiales están muy secos se deben humedecer ligeramente (Hartman y Kester, 1986).

El sustrato que se vaya a utilizar para el llenado de los envases deberá estar libre de hongos, bacterias y otros agentes que puedan hacer daño a la planta una vez trasplantada, así mismo deberá estar homogénea en el tamaño de las partículas del suelo y en buenas condiciones de fertilidad (Rodríguez, 2010).

2.5.4. Materiales utilizados como sustrato

2.5.4.1. Arena

Olivan (1914), reserva este nombre a los elementos gruesos del sustrato y a los que precipitan rápidamente cuando se diluye la tierra en una gran cantidad de agua, una arena deseable para la producción de plantas en maceta deberá contener principalmente partículas de tamaño mediano y grueso, el uso de arenas con una distribución amplia (dispersa) de tamaños de partícula es indeseable, ya que podría resultar un sustrato con baja capacidad de aireación (Cabrera, 1999).

La arena es un material inorgánico se forma por el desgaste de las rocas y su composición mineral depende de la roca de origen, prácticamente no contiene nutrientes minerales y generalmente se usa en combinación con materiales orgánicos, sirve para mejorar el drenaje del sustrato, permitiendo la filtración del agua con

facilidad, lo que evita el endurecimiento del sustrato cuando se seca y facilita el desarrollo de la raíz (Martínez *et al.*, 2012).

El tamaño de la partícula es un factor crítico en la selección de este componente. Las arenas finas contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato, y su uso puede resultar en una reducción del drenaje y aireación, es preferible con tamaños de partículas de 0,5 a 2 mm de diámetro y con un porcentaje de partículas medianas y finas del que deben formar una proporción relativa, de otro modo se puede provocar una compactación mayor que la deseada (Alvarado y Solano, 2002).

La utilización de arena es muy útil para mejorar el drenaje del sustrato, permitiendo la filtración del agua con facilidad, evita el endurecimiento del sustrato y facilita el desarrollo de la raíz (Oliva, 2014).

2.5.4.2. Tierra del lugar

La tierra es el componente básico que de acuerdo a las características puede variar en el contenido nutritivo y las condiciones de drenaje, mediante el agregado de otros componentes (Chávez y Egoavil, 1991), al respecto Aguirre (1988), menciona que la proporción de las partículas del suelo determina la retención de agua, la estructura del suelo, la disponibilidad de aire y nutrientes.

Boby y Valdivia (2005), indican que la tierra del lugar son sustratos propios del lugar del estudio que por debajo de los 3500 m.s.n.m. presenta características desde ligeramente ácida a ligeramente alcalina. Son suelos livianos a franco arenosos y suelos semipesados franco limoso, la función de la tierra del lugar es sustituir en forma barata y sencilla que además le da un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

Los suelos franco arenosos o francos son ingredientes buenos para la preparación de mezclas para sustrato. Los francos tienen las características físicas deseables de las arcillas y las arenas, sin mostrar las propiedades indeseables de soltura extrema, baja fertilidad, y baja retención de humedad por un lado, y adherencia, compactación, drenaje y movimiento lento del aire por el otro, puesto que los problemas que envuelven

el drenaje y la aireación son acentuados cuando el suelo es colocado en un recipiente (Alvarado y Solano, 2002).

El suelo necesita una preparación y un manejo especial:

- Enriquecimiento con materia orgánica para mejorar la textura y otras características relacionadas con ella.
- Regulación de las condiciones de nutrición, alcalinidad y salinidad.
- Regulación de las condiciones biológicas para limitar la aparición de plagas y enfermedades en el suelo.

2.5.4.3. Turba

La turba como nombre genérico, se lo aplica a diversos materiales procedentes de la descomposición de vegetales, es un material orgánico compacto rico en carbono, está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron, tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen, se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos (Alvarado *et al.*, 2002).

Barceló (s.f.), señala que este sustrato natural está formado por depósitos de restos de musgos y plantas que se hallan en estado de carbonización lenta fuera del contacto con el oxígeno, favorece a la planta mejorando la retención de agua el cual permite el ahorro de agua en el riego así mismo mejora el desarrollo de la raíz al ser un material poroso.

Cuadro 1. Análisis químico de nitrógeno, fósforo y potasio de la turba

Parámetro	Resultado	Unidades	Método
Nitrógeno	0,52	%	Kjeldahl
Fósforo	0,21	meq/100	Emisión atómica
Potasio	16,47	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

Fuente: Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (I.B.T.E.N.)

2.5.4.4. Estiércol

El estiércol es el desperdicio o desecho de granja más importante de la explotación pecuaria en estado fresco, está compuesto por dos partes, una sólida y otra líquida, en una proporción 3:1. Hasta antes de la aplicación de los fertilizantes, fue considerado la base de la producción agrícola (Quino, s.f. citado por Ticona, 2012).

Generalmente se utiliza el estiércol de vaca, oveja, conejo u otro animal el cual debe ser descompuesto. Tiene características de reacción neutral a alcalina (pH 7,0 a 8,0), su función es la de proporcionar nutrientes a las plantas y mantener la humedad (Lemus, 2010).

Buckman y Brady (1970), continúan mencionando que el estiércol como fuente de materia orgánica suele proceder de establos, la que debería tener una antigüedad de 2 años al aire libre (bien compostado o fermentado) y carecer de semillas de malas hierbas como el estiércol de oveja que lleva muchas semillas no digeridas.

Cuadro 2. Análisis químico de nitrógeno, fosforo y potasio del estiércol

Estiércol de animales	Nitrógeno N %	Fósforo P %	Potasio K %
Vaca	5	2.5	5
Cerdo	6	6	5
Oveja	12	5	10
Gallina	10	9	6

Fuente: Buckman y Brady (1970).

2.6. Calidad de plantines

Ramírez y Rodríguez (2004), la definen como "...la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen definitivamente, la cual obedece a las características genéticas del germoplasma y a las técnicas utilizadas para su reproducción dentro del vivero...".

Prieto *et al.*, (2009), menciona que una planta de calidad es aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado; sin embargo no existe un único modelo de calidad ideal para cada especie, este será diferente para cada especie.

La producción de plantas de calidad, es un proceso importante en el éxito de la repoblación artificial de un área, la preparación de las plantas en vivero determinará el fortalecimiento y la capacidad de soportar los trastornos de agentes bióticos y abióticos durante la etapa del establecimiento, por tal razón existe la necesidad de mejorar las diferentes labores y técnicas que se emplean en los sistemas productivos de viveros forestales (Krüger, 2007).

Wightman y Cruz (2003), en la disponibilidad de los productores para la reforestación, se considera que solamente vale la pena preparar el terreno, transportar los plantines a campo, sembrarlos y darles mantenimiento si son de buena calidad, una forma de reforzar el hecho, es vendiendo la idea de que pueden llegar a ser una fuente de lucro, desde el momento en que se observa un buen desarrollo.

Una planta debe ser cultivada en el vivero para que desarrolle una serie de atributos morfológicos y fisiológicos que le den ventaja en el sitio de plantación, con miras a que sobreviva o tenga menores mortalidades ante factores del ambiente físico como limitaciones de humedad y temperaturas extremas, aquí lo importante no es como luce la planta sino cómo se comporta, es decir como sobrevive, crece y que vigor muestra (Rodríguez, 2008).

La calidad ideal de una planta forestal producida en vivero podría resumirse en su adecuación para cada propósito, la cual incluiría su capacidad para vivir en estrés ambiental prolongado y producir un crecimiento vigoroso tras su trasplante, así mismo este concepto de calidad implica el logro de los objetivos al final de la rotación a un costo mínimo.

Se menciona que el éxito de las reforestaciones depende de las características fisiológicas, morfológicas y biológicas de los plantines, las cuales influyen la supervivencia y crecimiento de la plantación.

2.6.1. Criterios morfológicos para la calidad de planta

Los parámetros morfológicos son atributos determinados física o visualmente, son los más utilizados en la determinación de la calidad de la planta y proporcionan una comprensión más intuitiva por parte del viverista (Sáenz *et al.*, 2010).

Los parámetros morfológicos se han usado como estimadores de calidad de planta, que incluye la altura de planta, el diámetro del tallo o de collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical; siendo criterios morfológicos de clasificación utilizados con más frecuencia para estimar la supervivencia y el crecimiento de plantas (Morales, 2013).

Ritchie *et al.*, (s.f.), Los atributos morfológicos son fáciles de observar y medir, además de que no cambian rápidamente después de que las plantas son cosechadas y almacenadas, muchas de las características pueden medirse (altura, diámetro del tallo, biomasa), y la proporción de esas características se pueden fusionar (índices morfológicos), son las cualidades morfológicas más frecuentemente medidas y son los criterios de clasificación más comúnmente utilizados (Rojas, 2002).

2.6.1.1. Altura

Prieto *et al.*, (1999), mencionado por Díaz (2013), la definen como un indicador de la superficie fotosintética, así como de su área de transpiración que está en función de la especie y de la zona de cultivo, sin embargo si la planta es muy alta y el tallo no está lignificado tendrá problemas con el viento y la lluvia.

Rodríguez (2008), indica que en la evaluación de la altura de la planta un individuo demasiado alto está desequilibrado y es susceptible a daños por vientos; pero una planta demasiado chica está expuesta a daños por pisoteo.

Para la altura de la planta se deberá considerar el sitio de plantación ya que está en función de la vegetación herbácea o arbustiva con la que deberá de competir, pero se considera aceptable para coníferas un rango entre 15 y 25 cm (Castillo, 2006).

2.6.1.2. Diámetro

Nos da una aproximación de la resistencia mecánica y se asocia al desarrollo del sistema radical. Un diámetro superior indica mayor transporte de agua, nutrimentos y de sustancias derivadas de la fotosíntesis (Díaz, 2013).

El diámetro a la altura de cuello es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta (Quiroz *et al.*, 2009).

Perez y Rodríguez (s.f.), el diámetro al nivel del cuello es la característica de calidad más importante para 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.

El diámetro permite predecir en gran medida la supervivencia de la planta en campo, especialmente cuando se incluye una estimación de la biomasa de la raíz, aparentemente el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz. En diferentes estudios se ha encontrado que los brinzales con diámetro mayor tienen tasas de supervivencia más altas y se indica que ésta aumenta de 5 a 7% por cada milímetro de incremento en el diámetro de los mismos. Una supervivencia alta (> 80%), se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (Mexal y Landis, 1990 mencionado por Sáenz *et al.*, 2010).

2.6.1.3. Volumen radicular

Cuando se presenta un sistema radical de volumen mayor, se puede relacionar con la supervivencia y el vigor de las plantas tras la plantación ya que es un indicador del estado fisiológico actual y además se optimiza la capacidad de absorber agua y nutrimentos (Ritchie, *et al.*, s.f.).

El volumen de raíz está dado fundamentalmente por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Un mayor número de raíces laterales y mayor longitud de estas y de la raíz principal puede significar un aumento en la

estabilidad de la planta y una mejor capacidad exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico (Quiroz *et al.*, 2001).

2.6.1.4. Materia seca

Schlegel *et al.*, (2000), señalan que en plantas forestales la materia seca se define como la masa total de los componentes de un árbol que se encuentran en un momento dado, tanto por encima como por debajo de la superficie del suelo.

El peso seco del tallo (PST) es un indicador de la biomasa aérea, plantines con un elevado valor normalmente son plantas grandes con tallos gruesos y abundante follaje, un plantín con elevado nivel de peso seco contiene importante cantidad de reservas orgánicas, que le permitirá sobrevivir mejor a las condiciones de cultivo a campo, por otra parte el peso seco de la raíz (PSR) indica la biomasa acumulada en este órgano, un elevado valor habla de un plantín con un sistema radicular fuerte y con mayores capacidades de nutrirse y de sobrevivir al estrés del trasplante (Martínez *et al.*, 2012).

2.6.2. Índices de calidad

Un índice de calidad es una combinación de dos o más parámetros morfológicos. Ellos son generalmente diseñados para servir a dos propósitos, el primero es para describir un atributo abstracto de una planta, tal como balance y/o vigorosidad, el segundo es para determinar la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos, son índices que expresan estrechamente el funcionamiento en terreno de algún parámetro individual (Thompson, 1985 citado por Krüger, 2007).

Los distintos índices morfológicos reúnen las variables que miden la capacidad de respuesta o desarrollo de las plantas bajo determinadas condiciones ambientales, como la resistencia a las heladas y al estrés hídrico (Sánchez y Murillo, 2004).

La evaluación de la supervivencia a través de variables morfológicas independientes, como algunas de las mencionadas en párrafos anteriores, no ofrecen por sí solas la confiabilidad suficiente para predecir el comportamiento en campo de un lote de plantación, por ello la utilización de índices que involucran una combinación de varias

características morfológicas, genera un indicador conveniente del comportamiento en campo a largo plazo.

Los índices de calidad más utilizados para ayudar a describir las plantas son: relación tallo/raíz, cociente de esbeltez y el índice de calidad de Dickson, estos índices entregan más información que las variables aisladas, usarlos a solas no entrega una idea del tamaño de la planta (González, 1993 citado por Krüger, 2007).

2.6.2.1. Índice de robustez

Junto con la altura y el diámetro del cuello de la raíz, la robustez se considera como una característica que influye en el desempeño temprano de la plantación, bajo condiciones favorables la planta de mayor tamaño generalmente crece mejor que la planta más pequeña; sin embargo plantas más grandes no sobreviven tan bien como la de menor tamaño (Whigtman y Cruz, 2003).

$$IR = \frac{\text{altura del plantín (cm)}}{\text{diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

Esta relación entre la altura de la plántula (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) debe ser menor a 6 y es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento y del crecimiento potencial en sitios secos, el menor valor indica que se trata de arbolitos más bajos y gruesos aptos para sitios con limitación de humedad, así mismo valores más bajos de 4 están asociados a una mejor calidad de la planta e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos a 6 indican una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2009).

Ritchie *et al.*, (s.f.), indican que la altura del tallo y el diámetro del cuello de la raíz son las cualidades morfológicas más frecuentemente medidas, y son los criterios de clasificación más comúnmente utilizados. La altura inicial del tallo tiende a estar

correlacionada con el crecimiento en altura después de la plantación, mientras que el diámetro inicial del tallo está mejor correlacionado con la supervivencia.

González (1993), afirma que las plantas con una relación tallo/raíz más alta sobrevivirán mejor, sin embargo no siempre una relación alta será un buen indicador de supervivencia para un sitio determinado, ya que la parte transpirante de la planta no estará ajustada a la capacidad de absorción. Según Oliet (2000), valores inferiores de tallo/raíz indican una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo, a menor valor de tallo/raíz más favorecida está en la absorción de agua, lo cual es una condición favorable para zonas de baja pluviometría.

2.6.2.2. Índice de biomasa

Es la relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular cedido por la ecuación:

$$IB = \frac{\text{peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{peso seco del sistema radicular (g)}}$$

Conocido también como la relación tallo/raíz, que se expresa con base en el peso seco de ambas partes y establece el balance entre el consumo de agua por el follaje y la capacidad de absorción por parte de la raíz. La relación es buena cuando fluctúa de 1,5 a 2, una relación media va desde 2 a 2,5 ya que valores mayores indican desproporción, la existencia de un sistema radical insuficiente influye en la provisión de energía a la parte aérea de la planta, cuando la relación llega a ser mayor a 2,5 frecuentemente es por la falta de riego o si es en condiciones naturales de la escasa precipitación en el sitio de plantación (Thompson, 1985 citado por Sáenz *et al.*, 2010).

El IB tiene una perspectiva de balance hídrico, es decir cierta cantidad de área foliar necesita cierta cantidad de raíces para obtener agua del suelo y así compensar la transpiración (Bernier *et al.*, 1997 citado por Díaz, 2013).

2.6.2.3. Índice de calidad de Dickson

Rueda *et al.*, (2010), expresa que el índice de calidad de Dickson (ICD) reúne varios atributos morfológicos en un solo valor y se usa como índice de calidad: el mayor valor del índice resultará una mejor calidad de planta.

$$\text{ICD} = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{peso seco parte aérea (g)}}{\text{peso seco raíz (g)}}}$$

En estudios realizados por Sáenz *et al.*, (2010), sobre calidad de plantas en vivero se calificó al Índice de Dickson de acuerdo a rangos específicos, los valores menores a 0,2 son considerados de calidad baja, valores entre 0,2 y 0,5 pertenecen a la calidad media y valores mayores a 0,5 de calidad alta.

El Índice de Dickson evalúa mejor las diferencias morfológicas entre las plantas y predecir su comportamiento en campo (González, 1993). Este índice es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura y menor vigor (Sáenz *et al.*, 2010).

El ICD se ha empleado en especies latifoliadas, como en *Hibiscus elatus* donde se obtuvieron valores hasta de 0,01 y también de 0,09 a 0,6 empleando el sustrato conformado con turba de musgo (25%), humus de lombriz (30%), estiércol de caballo (20%) y compost (25%) y aplicando dos riegos diarios en la especie estudiada sin fertilización (Cobas, 2001). En *Eucalyptus*, los ICD que reflejaron mayores valores correspondieron con los mejores resultados en plantación (mayor al 86%), observándose una relación directa entre la supervivencia y el ICD (Leyva, 2008).

2.7. Análisis de costos de producción

2.7.1. Costos de producción

Los costos de Producción son el gasto o desembolso de dinero que hace en la adquisición de los insumos para producir bienes o servicios; Sin embargo el término costo es más amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado (Perrin, 1979).

2.7.2. Costo fijo

Son aquellos costos que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de una empresa, como ser: renta del local, sueldos administrativos, servicios públicos, amortizaciones. Se mantienen más o menos constantes y generalmente no cambian en proporción directa con las ventas o unidades producidas (Jiménez 2010).

2.7.3. Costo variable

Es aquel que se modifica en función del valor que tome la variable independiente. Varían en función del volumen de producción; necesariamente debe crecer cuando la producción aumenta, ejemplo materia prima, mano de obra directa, fuerza motriz energía combustible (CIMMYT, 1998).

2.7.4. Relación beneficio/costo

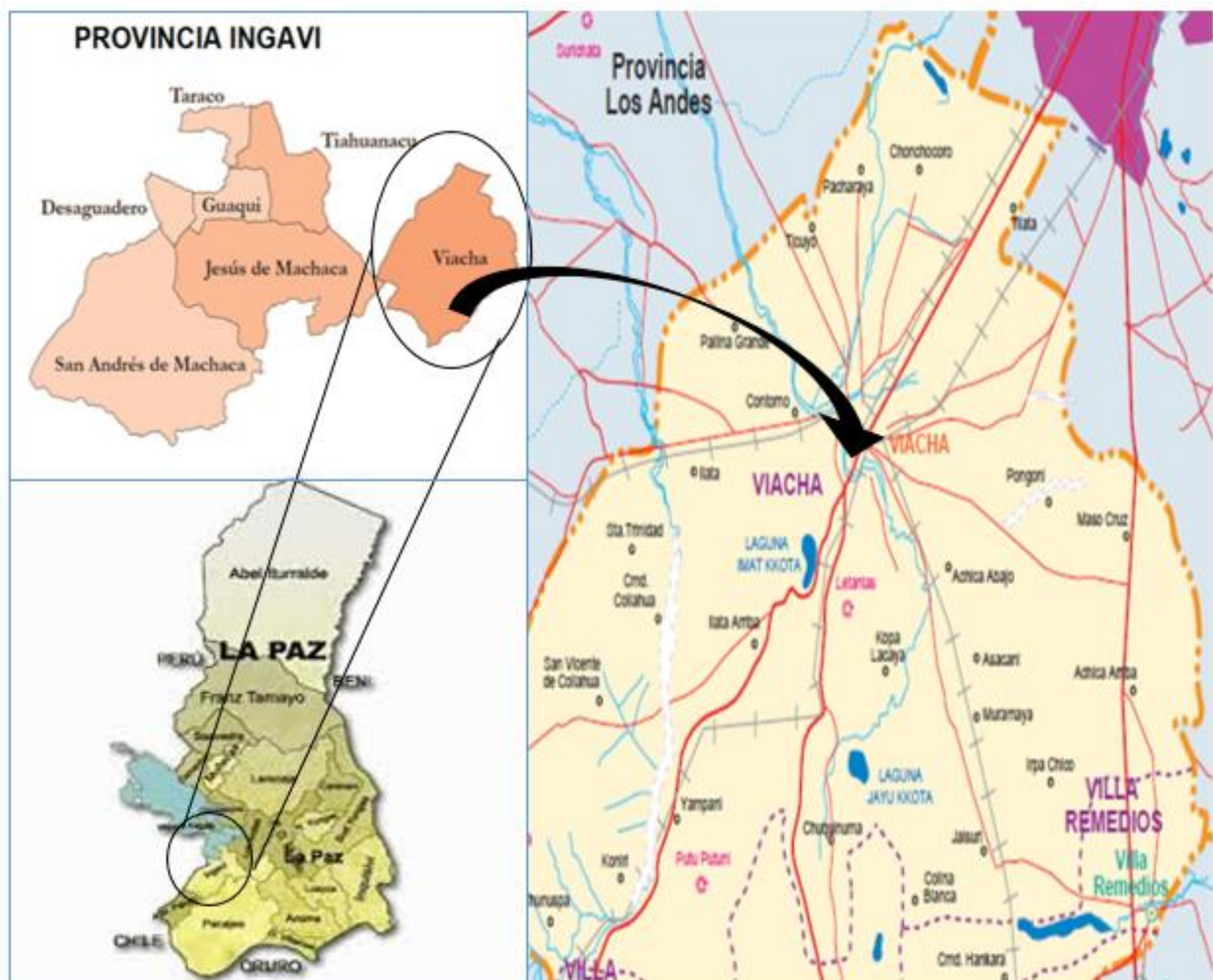
Coronel (2007), indica que si la relación Beneficio/Costo es menor a unidad no existe beneficio económico, por tanto el cultivo no es rentable, cuando la relación B/C es igual a la unidad nos demuestra que los ingresos logran cubrir solo los costos de producción y el cultivo tampoco es rentable; si la relación B/C es mayor a la unidad, indica que los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción y por tanto el cultivo es rentable.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en el Municipio de Viacha de la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz.

El Municipio de Viacha está situado a los $16^{\circ} 54' 44''$ de latitud sur y $68^{\circ} 22' 72''$ de longitud oeste y a una altura de 3540 m.s.n.m. (PTDI Viacha, 2016).



Fuente: Elaborado en base al PTDI Viacha (2016).

Figura 1. Localización del Municipio de Viacha

3.2. Características climáticas

La zona de estudio presenta una temperatura media anual de 8 °C, con heladas muy frecuentes a partir del mes de abril a agosto. Presenta una precipitación pluvial de 500 mm a 700 mm por año siendo las más marcadas durante el verano, pero en las demás estaciones la sequedad es casi absoluta de mayo a agosto, la estación seca es interrumpida entre septiembre y noviembre por algunos periodos lluviosos de corta duración (SENAMHI, 2010).

3.3. Fisiografía

La fisiografía de la región, está dada aproximadamente en un 21% por serranías y 79% de planicies que constituye la cuenca lechera y forrajera, la vegetación corresponde a bosque húmedo montano subtropical; las especies más representativas que componen la comunidad vegetal son de tipo herbáceo y algunos de tipo arbustivas (Mamani y Céspedes, 2012).

3.4. Suelos

Según el Instituto de Ecológico de la UMSA los suelos de Viacha presentan una textura franca arcillo arenoso, con un pH ligeramente básico con contenido de materia orgánica moderado, con una relación de nitrógeno total baja y alta en cuanto al fósforo y potasio (Orihuela, 2008).

3.5. Hidrografía

Los principales ríos que lo atraviesan son: el río Katari que atraviesa la parte Oeste del municipio de sur a norte, el río Jach´a Jahuira, el mismo que divide en dos al municipio de Viacha, este río en su cauce por el territorio municipal cambia de nombre a río Pallina. Por otra parte, Viacha cuenta también con otros ríos como: Wia Vinto, Achicala, Kollpa Jahuira, Collana. (PDM Viacha, 2012).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Los materiales utilizados en el presente trabajo se detallan a continuación:

4.1.1. Material biológico

El material biológico utilizado para el ensayo, corresponde a estacas de ligustro, que se adquirió del jardín de la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, ubicada en el Municipio de Viacha de la ciudad de La Paz.

4.1.2. Materiales y herramientas de trabajo

- ✓ Tijera de podar
- ✓ Repicador
- ✓ Regadora
- ✓ Pala
- ✓ Rastrillo
- ✓ Carretilla
- ✓ Tamizador
- ✓ Flexo
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Malla semi sombra (75%)
- ✓ Venestas
- ✓ Látex
- ✓ Nylon
- ✓ Maderas de construcción
- ✓ Termómetro

4.1.3. Insumos

- ✓ Formol al 40%
- ✓ Tierra del lugar

- ✓ Arena
- ✓ Estiércol ovino
- ✓ Turba

4.1.4. Material de laboratorio

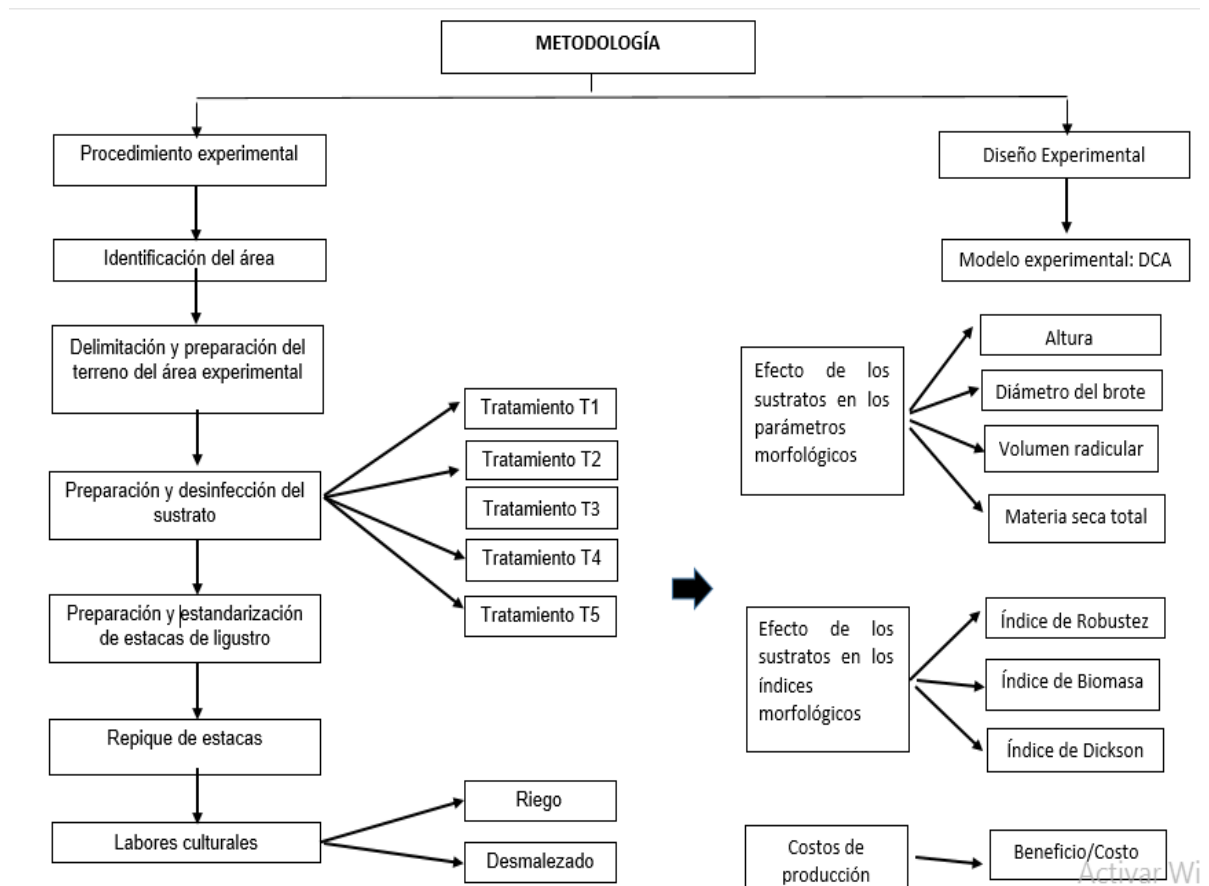
- ✓ Mufla
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Vaso de precipitado de 250 ml
- ✓ Probeta de 100 ml
- ✓ Vernier
- ✓ Regla metálica 30 cm y 60 cm
- ✓ Jeringa de 10 ml

4.1.5. Material de gabinete

- ✓ Hojas bond
- ✓ Libreta de registro
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora

4.2. Metodología

En la Figura 2, se presenta la metodología que se llevó a cabo para concretar el experimento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Metodología empleada en el trabajo de investigación

4.3. Métodos

4.3.1. Procedimiento experimental

4.3.1.1. Instalación de la investigación

La presente investigación se instaló en el vivero forestal de la Carrera Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, procediendo con la habilitación de diferentes platabandas dando como inicio con la limpieza, nivelación de terreno,

desinfección del área con hipoclorito de sodio al 5% y acondicionamiento de lugar de trabajo.



Figura 3. Vivero forestal: Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria (Mamani, 2017).

En una primera etapa se habilitó una superficie de un ambiente con malla semisombra con dimensiones de 40 metros cuadrados, en una platabanda con dimensiones de 4 metros de largo por 1 metro de ancho, (área donde se acomodaron a los plantines) por un lapso de 60 días para favorecer al enraizado de las estacas, posterior al enraizado de los platines se trasladaros a otro invernadero para captar mayor radiación solar en beneficio del desarrollo de la planta.

4.3.1.2. Preparación del sustrato

Como principal factor del trabajo de investigación es el sustrato (Anexo 12-16), se empleó tierra del lugar, material de origen inorgánico (arena) y de origen orgánico (turba y estiércol ovino). Se preparó cinco tipos de sustratos en diferentes proporciones:

Tratamiento 1, compuesto por tierra al 100%, el cual se extrajo del lugar de trabajo, el mismo cumple la función de testigo.

Tratamiento 2, compuesto por tierra del lugar 50%, arena 25%, turba 25%, mezcla donde se incorpora tierra del lugar en mayor cantidad.

Tratamiento 3, compuesto por tierra del lugar 30%, arena 30%, turba 40%, en la cual se empleó los mismos componentes del tratamiento 2, con la diferencia en los niveles de tierra del lugar y turba.

Tratamiento 4, compuesto por tierra del lugar 25%, arena 25%, turba 25%, estiércol ovino 25%, a diferencia de los anteriores sustratos en la mezcla se incorpora estiércol de ovino.

Tratamiento 5, compuesto por tierra del lugar 15%, arena 15% turba 40%, estiércol ovino 30%, en la cual se empleó los mismos componentes del tratamiento 4, con la diferencia en los porcentajes de turba y estiércol de ovino.

La variación de los diferentes componentes tiene el fin de encontrar el sustrato adecuado para el plantín, cabe mencionar que antes de proceder al mezclado del sustrato se eliminaron las impurezas, en el caso particular de la tierra del lugar se procedió a cernir para separar los elementos pedregosos de gran tamaño, posteriormente se preparó a una mezcla homogenizada de los componentes de cada sustrato.

4.3.1.3. Preparación de estacas

Se procedió a seleccionar estacas con presencia de callosidades para asegurar un mayor número de prendimiento de plantines en el experimento, también se tomó en cuenta que las estacas tengan un diámetro similar entre todos con aproximados de 2 mm a 3 mm y con un largo de 10 cm a 15 cm.

4.3.1.4. Embolsado

Para realizar esta actividad de una manera técnica se utilizó los materiales: sustrato combinado para cada tratamiento y las bolsas de polietileno de color negro de 12 cm de diámetro por 22 cm de largo, las mismas fueron perforadas en la parte inferior para permitir el drenaje adecuado de riego, luego se procedió al llenado del sustrato siempre tratando de no causar compactación dejando 1 - 2 cm de espacio para el agua que se aplicará en el riego, posteriormente las bolsas con sustrato fueron distribuidas de acuerdo al diseño experimental en el lugar del ensayo.



Figura 4. Llenado del sustrato para el repique de estacas de ligustro (Mamani, 2017).

4.3.1.5. Repique de estacas

La plantación de estacas con callosidades, se introdujo a 7 cm de profundidad de la bolsa con la ayuda de un repicador, una vez terminado el repiqué se procedió al riego de las estacas trasplantadas.



Figura 5. Repique de estacas de ligustro (Mamani, 2017).

4.3.1.6. Labores culturales

Se realizó deshierbes de malezas de forma manual. La presencia de malezas fue mínima, el tiempo que se dedicó a esta labor no fue significativa.

4.3.1.7. Riego

La fase más importante es el enraizamiento de estacas para lo cual se realizó un riego constante en horas de la mañana, para mantener turgentes las células de los tejidos foliares. Durante 30 días y posteriormente cada 3 días.

4.3.2. Aspectos climáticos

4.3.2.1. Registro de la temperatura dentro de la carpa solar

La temperatura tiene mucha importancia en el desarrollo de las plantas, afecta a la intensidad y velocidad de los procesos fisiológicos, actúa en forma directa en la morfología vegetal y la calidad del plantín (Cuisance, 1988).

Cuadro 3. Temperaturas registradas dentro de la carpa solar desde el mes de agosto de la gestión 2017 hasta el mes de febrero de la gestión 2018

	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
T. Mínima	-3	-2	4	3	3	2	2
T. Máxima	28	31	25	40	37	29	35
T. Media	13	15	15	22	20	16	19

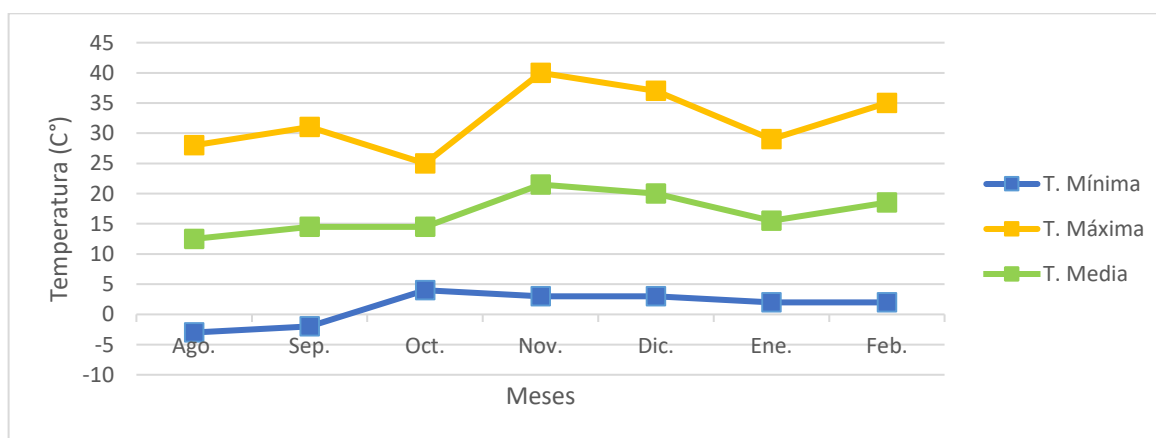


Figura 6. Variación de temperaturas en el interior de la carpa solar

4.3.2.2. Variación de temperaturas al interior de la carpa solar

En la Figura 6, se observa las temperaturas máximas y mínimas registradas durante el ensayo, en el cual el mes de agosto la temperatura máxima alcanzo 40 °C y en el mes de febrero se registró una mínima de -3 °C, a esto se le atribuye que las temperaturas cambian bruscamente; sin embargo no influye en gran magnitud al desarrollo de la planta.

La temperatura al interior del ambiente protegido, depende en gran medida de la radiación solar que llega a la cobertura y por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento, la radiación atrapada calienta el interior del ambiente protegido (Hartman y Kester, 1986).

4.3.3. Diseño experimental

El trabajo de investigación se desarrolló con el diseño completamente al azar (DCA), se estudiaron cinco tratamientos con tres repeticiones y 18 plantines por unidad experimental de las cuales se seleccionaron cuatro plantines para la medición de las variables, bajo el modelo lineal aditivo (Ochoa, 2016).

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

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

τ_i = Efecto fijo del i-ésimo sustrato

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio de residuales o error experimental

4.3.4. Análisis estadístico

El proceso estadístico consistió en un análisis de varianza para las variables que se refieren a las características morfológicas (altura de brote principal, diámetro de brote principal, volumen radicular, materia seca total), también se realizó la comparación de medias según la prueba Duncan con una sensibilidad del 5 %.

4.3.4.1. Formulación de tratamientos

Cuadro 4. composición de sustratos empleados para cinco tratamientos

No. Sustrato	Tierra del lugar	Arena	Turba	Estiércol ovino
T1	100%			
T2	50%	25%	25%	
T3	30%	30%	40%	
T4	25%	25%	25%	25%
T5	15%	15%	40%	30%

4.3.4.2. Croquis del experimento

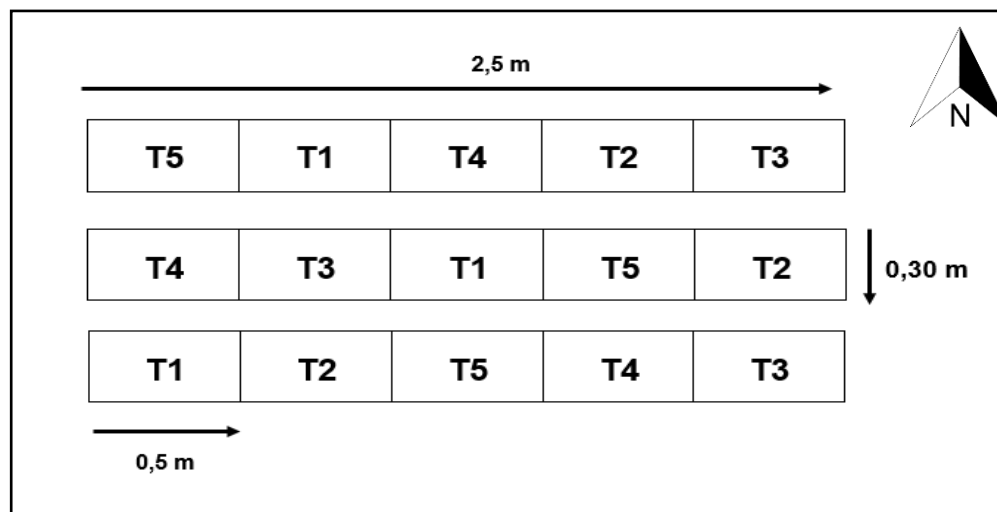


Figura 7. Croquis del área experimental

4.3.4.3. Características del área experimental

El área de estudio presenta las siguientes características de acuerdo al diseño experimental planteado para la investigación, como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características del área experimental

Detalle	valor	Unidad
Número de plantas	300.00	unidad
Número de tratamientos	5.00	unidad
Número de repeticiones por tratamiento	3.00	unidad
Número de plantas por unidad experimental	18.00	unidad
Largo de las unidades experimentales	0.50	m
Ancho de las unidades experimentales	0.30	m
Área de las unidades experimentales	0.15	m ²
Área total del ensayo	3.80	m ²

4.3.5. Variables de respuesta

4.3.5.1. Altura de brote principal (cm)

Es el indicador de la superficie fotosintética así como de su área de transpiración. Para esta variable, se evaluó desde el momento inicial del experimento, con mediciones periódicas de 15 días desde la base del brote principal hasta el ápice o guía principal. se tomó cuatro plantas al azar de cada unidad experimental, considerando los efectos de borde; proceso realizado durante todo el curso de la investigación.

4.3.5.2. Diámetro de brote principal (mm)

Es la zona donde se produce una clara diferenciación de color entre el tallo y la raíz, para lo cual se tomó medidas de la base del tallo con la ayuda de un vernier, en los mismos plantines seleccionados para la medición de la variable de altura de planta; el registro se lo realizo al inicio y al finalizar el trabajo de investigación.

4.3.5.3. Volumen radicular (ml)

La raíz es el órgano de absorción y soporte físico de las plantas. Para esta variable se registró al final del ensayo, para lo cual se utilizó un vaso de precipitado de 250 ml, la cantidad de agua que llego a sobresalir una vez introducida la raíz fue retirada y medida por una jeringa de 10 ml; proceso realizado al final del ensayo.

4.3.5.4. Materia seca total (g)

Parte que se resta del material vegetal tras extraer toda el agua para determinar la cantidad de nutrientes presentes en el vegetal. Para esto se tomaron en cuenta las mismas muestras que se utilizaron para evaluar las anteriores variables, estas fueron seccionadas y divididas a nivel del cuello, en tallo y raíz, liberando las impurezas mediante lavado con abundante agua; posteriormente se obtuvo el peso seco en la mufla a 75°C por un tiempo de 72 horas. Una vez herborizada se realizó el pesaje para lo cual se utilizó una balanza de precisión de dos dígitos.

4.3.5.5. Índice de robustez (IR)

Es la relación que existe entre la altura de planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) de cada uno de los tratamientos.

$$IR = \frac{\text{altura del plantín (cm)}}{\text{diámetro del cuello de la raíz (mm)}}$$

Cuadro 6. Parámetros establecidos para calificar el IR del plantín

Variable	Calidad y rango		
	Alta	Media	Baja
Altura del plantín / Diámetro del cuello de la raíz	<4	4-6	> 6

Fuente: Prieto *et al.*, (2009).

4.3.5.6. Índice de biomasa (IB)

Es el grado de equilibrio entre la biomasa de la parte transpiraste y absorbente. Para determinar la variable se procedió a relacionar datos del peso seco (g) de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular (g) dado por la ecuación:

$$IB = \frac{\text{peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{peso seco del sistema radicular (g)}}$$

Cuadro 7. Parámetros establecidos para calificar el IB del plantín

Variable	Calidad y rango		
	Alta	Media	Baja
Relación biomasa seca aéreo / Biomasa seca raíz	<2	2-2,5	> 2,5

Fuente. Thompson (1985), citado por Sáenz *et al.*, (2010).

4.3.5.7. Índice de calidad de Dickson (ICD)

Implica la interacción del peso seco total con el Índice de Robustez y la relación de la parte aérea y raíz. Este índice se calculó con los datos obtenidos de cada uno de los tratamientos bajo la siguiente ecuación:

$$ICD = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{peso seco parte aérea (g)}}{\text{peso seco raíz (g)}}}$$

Cuadro 8. Parámetros establecidos para calificar el IDC del plantín

Variable	Calidad y rango		
	Alta	Media	Baja
Índice de calidad de Dickson	>0,5	0,2-0,5	<0,2

Fuente. Sáenz *et al.*, (2010).

4.3.6. Análisis económico

4.3.6.1. Ingreso bruto

CYMMYT (1998), el beneficio bruto se calcula multiplicando el precio de mercado (P) por el rendimiento ajustado (R).

$$IB = R * P$$

Dónde:

IB = Ingreso Bruto

R = Rendimiento

P = Precio en el mercado

4.3.6.2. Ingreso neto

CYMMYT (1998), se calcula restando el total de los costos de producción (CP) del ingreso bruto (IB).

$$IN = IB - CP$$

Dónde:

IN = Ingreso Neto

IB = Ingreso Bruto

CP = Costos de Producción

4.3.6.3. Relación beneficio/costo

Comparación sistemática entre el beneficio y el costo de realizar una actividad (Coronel, 2007).

$$B / C = IB / CP$$

Dónde:

B / C = Relación del beneficio y costo

IB = ingreso bruto

CP = Costos de producción

Cuando:

B/C > 1: Los ingresos económicos son mayores a los costos de producción, por tanto la producción es rentable.

B/C = 1: Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción, por tanto la producción no es rentable.

B/C < 1: No existen beneficios económicos, por tanto la producción no es rentable

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de brote principal (cm)

El análisis de varianza (Cuadro 9), muestra que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.01$), para la altura de brote principal en respuesta a diferentes combinaciones de sustrato. Los datos obtenidos son caracterizados como confiables demostrando un adecuado manejo en campo con un coeficiente de variación de 8,14%.

Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de brote principal (cm) de plantines de ligustro en respuesta a los diferentes sustratos a los 180 días

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	SIG.
Tratamiento	4	301,78	75,44	18,35	0,0001	**
Error	10	41,12	4,11			
Total	14	342,90				
CV	8,14%					

FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, F (f calculado), p-valor = Niveles de probabilidad, NS=No Significativo, *=Significativo, **= altamente significativo, CV=Coefficiente de variación.

Para establecer diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias según Duncan con un nivel de significancia de 5%.

Cuadro 10. Comparación de medias según Duncan para la altura de brote principal de plantines de ligustro en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamiento	Tipo de sustrato	Medias	Duncan (5%)
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	31,10	a
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	27,07	b
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	26,50	b
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	21,67	c
T1	(100% Tierra del lugar)	18,23	c

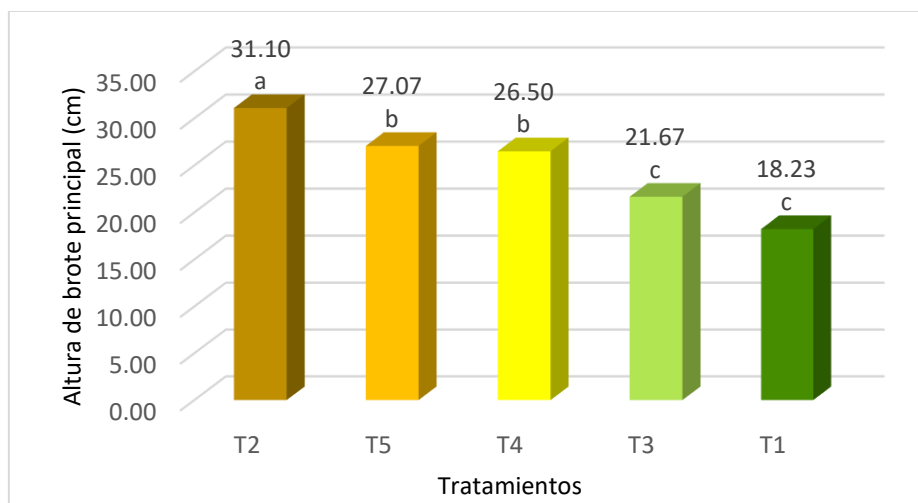


Figura 8. Altura de brote principal (cm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

El tratamiento T2 alcanzó la mayor altura de brote principal con 31,10 cm, se atribuye a los componentes del sustrato (tierra del lugar, arena y turba) que le dieron condiciones necesarias para llegar en menor tiempo a un mayor crecimiento, a medida que desarrolla la planta la evaporación aumenta por ello es necesario que el sustrato proporcione elementos nutritivos, agua y aireación suficiente (Burés, 1999). El resultado corrobora los criterios de Cruz (2017), quien obtuvo 47 cm de altura en plantas de sauce con la misma composición de sustrato, por la cual la mezcla del presente tratamiento ha sido beneficioso, no solamente para los plantines de ligustro sino también para otras especies.

Los tratamientos T5 con 27,07 cm y el T4 con 26,50 cm también muestran resultados favorables, se considera que este efecto es por el alto contenido de nitrógeno presente en la turba y estiércol (Cuadro 1 y 2), componente importante para el desarrollo de la planta (Rondo, 2004). En la evaluación en altura de plantas de *Cedrela odorata* por Mollinedo (2015), en base a sustrato (40% tierra, 20% arena, 40% turba) obtuvo 21,90 cm de altura indicando que el contenido de nitrógeno presente en la turba permite mayor desarrollo de la planta.

En significancia los tratamientos T4 y T5 muestran resultados afines, es decir es indiferente usar uno u otro sustrato por que el crecimiento en altura del plantín es regular entre ambos frente al tratamiento T2, como se observa en la Figura 8.

El T3 con 21,67 cm registra un valor menor, que al igual que el T2 integra los mismos componentes (tierra del lugar, arena y turba) la diferencia radica en los porcentajes, los cuales no fueron adecuadas para un buen desarrollo de altura de brote principal. El tratamiento T1 (tierra del lugar al 100%) registra una altura de 18,23 cm, también presenta un valor inferior respecto a los demás tratamientos. Cruz (2017), en la producción de sauce bajo efecto de sustrato (tierra al 100%), evaluó el crecimiento en altura obteniendo valores inferiores, reflejando que la tierra del lugar por sí sola no presenta las condiciones adecuadas para un buen desarrollo del plantín.

La presente investigación documenta una altura de 31,10 cm, esta se encuentra superior al experimento realizado por Cayllante (2017), en *Ligustrum variegada* donde determina una altura de 25,37 cm. El desarrollo y crecimiento de la planta no solo depende del material genético, sino también de factores como la temperatura, cantidad de luz, agua, y nutrientes minerales presentes en el sustrato (Hardman y Kester, 1986).

5.1.1. Velocidad de crecimiento

La regresión lineal de la velocidad de crecimiento de brote principal en función al tiempo para los cinco tratamientos muestra coeficientes de regresión positiva.

Cuadro 11. Análisis de regresión y correlación en función al tiempo y altura de brote principal de plantines de ligustro

Tratamiento	Altura de brote principal (cm)	Coefficiente de correlación
T1	$y = 0,073x + 4,92$	0,99
T2	$y = 0,129x + 5,85$	0,95
T3	$y = 0,087x + 5,79$	0,99
T4	$y = 0,111x + 5,72$	0,99
T5	$y = 0,117x + 4,66$	0,96

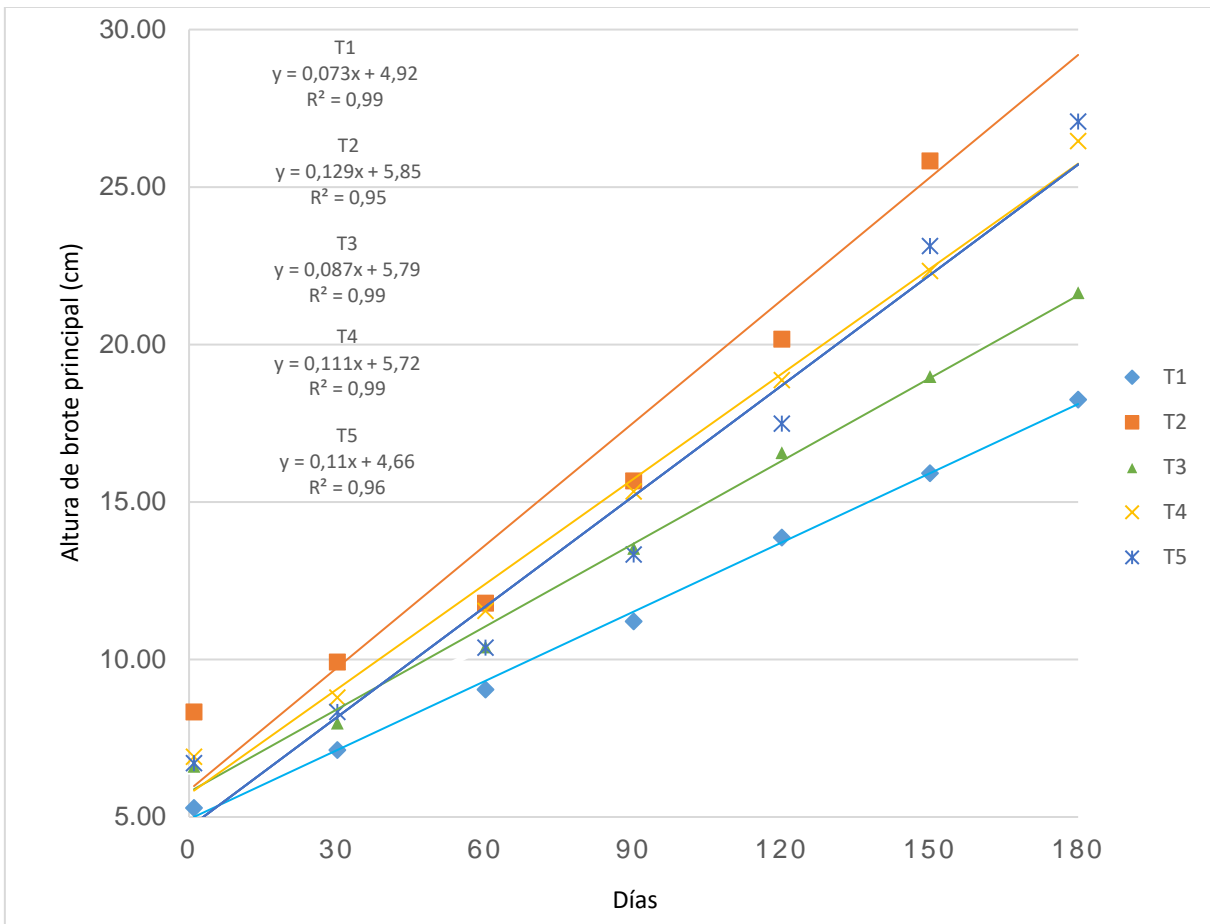


Figura 9. Regresión lineal del crecimiento de altura de brote principal (cm) en función al tiempo (días) en respuesta a cinco tipos de sustrato

De forma general todos los tratamientos se ajustan a la tendencia lineal de acuerdo a los coeficientes de determinación. El tratamiento T2 con un coeficiente de correlación de 0,95 presenta el mayor incremento de crecimiento con 0,129 cm por día, en tanto el menor incremento lo presenta el tratamiento T1 con un coeficiente de correlación de 0,99 presenta 0,073 cm de crecimiento por día.

5.2. Diámetro del brote principal (mm)

En el análisis de varianza (Cuadro 12), se observa que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.01$), para el diámetro del brote principal de la planta. Los datos obtenidos son caracterizados como confiables demostrando un adecuado manejo en campo con un coeficiente de variación de 9,98%.

Cuadro 12. Análisis de varianza para diámetro de brote principal (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	SIG.
Tratamiento	4	30,23	7,56	21,55	0,0001	**
Error	10	3,51	0,35			
Total	14	33,73				
CV 9,98%						

FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, F (f calculado), p-valor = Niveles de probabilidad, NS=No Significativo, *=Significativo, **= altamente significativo, CV=Coeficiente de variación.

Para establecer diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias según Duncan con un nivel de significancia de 5%.

Cuadro 13. Comparación de medias según Duncan para diámetro (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamiento	Tipo de sustrato	Medias	Duncan (5%)
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	7,70	a
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	7,50	a
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	6,10	b
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	5,47	b
T1	(100% Tierra del lugar)	4,10	c

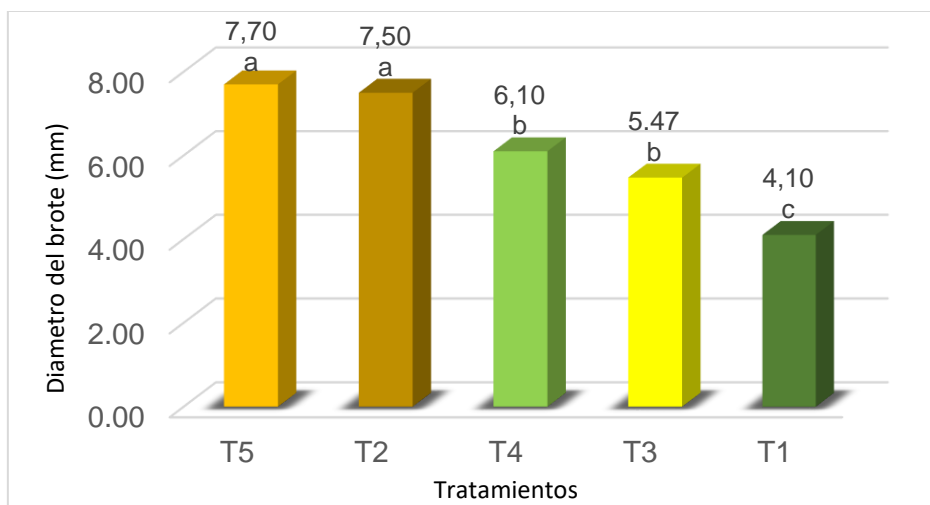


Figura 10. Diámetro de brote principal (mm) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

De acuerdo a la comparación de medias según Duncan del Cuadro 13 y la Figura 10, los tratamientos T5 y T2 son estadísticamente superior a los tratamientos T4, T3 y T1 alcanzando un diámetro de 7,70 mm y 7,50 mm ambos tratamientos están compuestos por turba el cual presenta en su composición química 1,67 % nitrógeno, 0,12 % P₂O₅ y 0,03 % K₂O (Rojas, 2004), al incorporar turba al sustrato permite mayor desarrollo de la planta.

El T4 con 6,10 mm compuesto por los mismos componentes del T5 con la diferencia de porcentajes en cada uno, no supera el diámetro del mismo, al igual que el T3 con 5,47 mm integrada por los mismos componentes del T2 en diferentes porcentajes, al evaluar el efecto del sustrato en la calidad de las plantas se deben al tipo y proporción de los sustratos y a las propiedades físico-químicas y biológicas del mismo (Poblete, 2007).

El T1 con 4,10 mm presenta el promedio más bajo y que además está en relación a su tamaño alcanzado según la recomendación técnica (FAO, 1986), no está habilitado para su trasplante, esto se debe a que la tierra del lugar tiene una textura altamente arcillosa, que al efecto del riego frecuente tiende a compactarse con rapidez cerrando todo su espacio poroso disponible, logrando una sofocación para la planta.

A diferencia de lo que se muestra en la Figura 14, Cayllante (2017), obtuvo mayor desarrollo en diámetro con 11,00 mm en la variedad de ligustro verde arbóreo (*Ligustrum lucidum L*), bajo el efecto de sustrato compuesto por: tierra del lugar, cascarilla de arroz y turba, las diferencias en el desarrollo de la planta depende no solo del material genético, sino también de factores como la temperatura, la cantidad de luz, agua, gases y nutrientes minerales presentes en el sustrato (Hardman y Kester, 1986).

Los plantines con diámetro superior a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran el daño causado por plagas y fauna nociva, mientras mayor diámetro alcance la planta en vivero mayor será la supervivencia en terreno (Rodríguez, 2008). Los plantines obtenidos en el experimento registran un diámetro promedio de 7,70 mm, de manera que satisfacen las medidas requeridas para considerarlas plantas de calidad y ser llevadas al sitio definitivo de la plantación.

5.3. Volumen radicular (ml)

En el análisis de varianza (Cuadro 14), se observa que existe diferencia significativa para el volumen radicular en respuesta a las diferentes combinaciones de sustrato. Los datos obtenidos son caracterizados como confiables demostrando un adecuado manejo en campo con un coeficiente de variación de 15,77%.

Cuadro 14. Análisis de varianza para volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	SIG.
Tratamiento	4	6,14	1,54	11,34	0,020	*
Error	10	1,35	0,14			
Total	14	7,49				

CV 15,77 %

FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, F (f calculado), p-valor = Niveles de probabilidad, NS=No Significativo, *=Significativo, **= altamente significativo, CV=Coeficiente de variación.

Para establecer diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias según Duncan con un nivel de significancia de 5%.

Cuadro 15. Comparación de medias según Duncan para volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamiento	Tipo de sustrato	Medias	Duncan (5%)
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	3,10	a
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	2,93	a b
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25%Estiércol ovino)	2,40	b c
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	1,80	c d
T1	(100% Tierra del lugar)	1,43	d

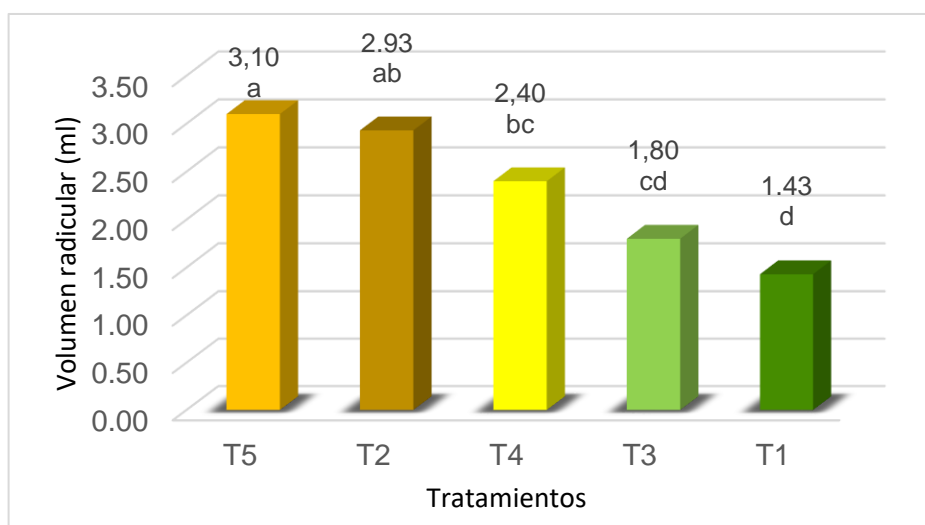


Figura 11. Volumen radicular (ml) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

En la comparación de medias según Duncan del Cuadro 15 y la Figura 11, el tratamiento T5 con 3,10 ml es superior a las demás, el mismo permitió mayor desarrollo del sistema radicular de los plantines, a esto se le atribuye el alto contenido de materia orgánica mejorando la estructura del espacio poroso (Peñuelas 1999). Choque (2006), en la producción de plantines de: *Ligustro vulgare*. obtiene un resultado similar en esquejes de corte de 15 cm de longitud registra un volumen radicular de 3,20 ml.

El tratamiento T2 presenta un volumen radicular de 2,93 ml, Mamani (2017), en esquejes de *Ligustro ovalifolium* de corte intermedio con un promedio de 10 ppm de ácido naftalenacético, obtiene un volumen radicular de 2,90 ml resultado próximo al mismo. El consumo absorción y asimilación de nutrientes por parte de las plantas depende de la habilidad de las raíces para absorberlos, de la capacidad del sustrato para suministrarlo y de la accesibilidad de los mismos, lo que es reflejado en el tamaño, volumen y la formación del sistema radical (Ramírez y Rodríguez, 2004).

El T4 con 2,40 ml, hace referencia a que los componentes del sustrato no fueron completamente favorables, ya que presenta un volumen radicular inferior a los tratamientos T5 y T2.

No todos los tratamientos han tenido condiciones necesarias para un buen desarrollo de la raíz, existiendo carencia del mismo en el tratamiento T3 con 1,80 ml quien presenta promedio inferior respecto a los demás.

El T1 con 1,43 ml presenta el valor más bajo reflejando un desarrollo radicular limitado, esto se debe a que el sustrato compuesto solo por tierra del lugar no contiene espacios aéreos en el suelo y por ende las raíces no desarrollaron satisfactoriamente.

Las propiedades de la raíz dada su estrecha relación con la capacidad absorbente de la planta, es la más adecuada para pronosticar la supervivencia en plantación que los atributos de la parte aérea, la obtención de plantas con sistemas radicales con mayor volumen puede constituir una garantía en zonas de plantación con condiciones adversas (Oliet, 2000), esto explica que inmediatamente después de ser establecidas las plantas en el terreno, dependen de las características y función de sus raíces para la absorción de agua y nutrientes.

5.4. Materia seca total (g)

El análisis de varianza (Cuadro 16), muestra que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.01$), para materia seca total en respuesta a las diferentes combinaciones de sustrato.

Los datos obtenidos son caracterizados como confiables demostrando un adecuado manejo en campo con un coeficiente de variación de 14,22%.

Cuadro 16. Análisis de varianza para materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	SIG.
Tratamiento	4	26,22	7,39	11,47	0,0009	**
Error	10	6,43	0,64			
Total	14	36,00				

CV 14,22

FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, F (f calculado), p-valor = Niveles de probabilidad, NS=No Significativo, *=Significativo, **= altamente significativo, CV=Coeficiente de variación.

Para establecer diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias según Duncan con un nivel de significancia de 5%.

Cuadro 17. Comparación de medias según Duncan para materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamiento	Tipo de sustrato	Medias	Duncan (5%)
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	7,47	a
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	6,70	a b
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	5,47	b
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	5,20	b
T1	(100% Tierra del lugar)	3,37	c

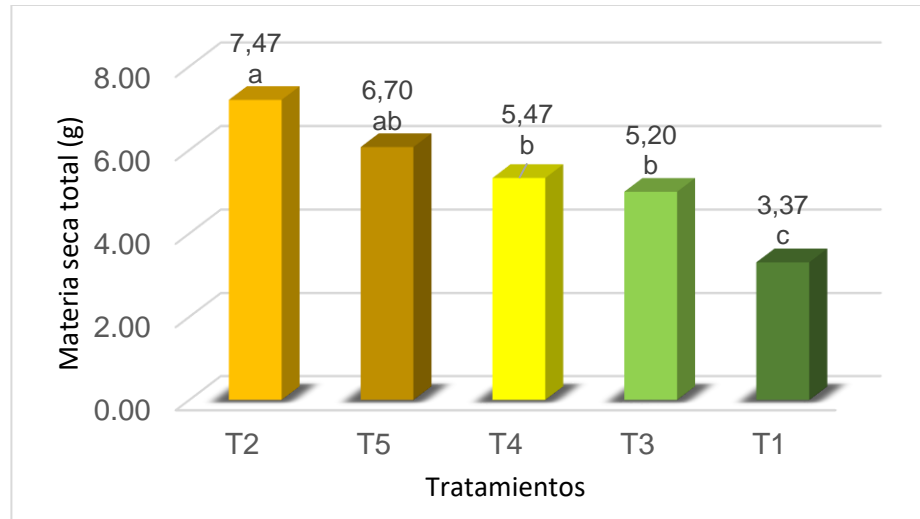


Figura 12. Materia seca total (g) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

La comparación de medias según Duncan del Cuadro 17 y Figura 12, muestra que el sustrato T2 seguido del T5 estadísticamente son superiores al T4 y T3 y estas a su vez son superiores al tratamiento T1.

El tratamiento T2 con 7,20 g presenta mayor contenido de materia seca respecto a los demás, lo cual se debe en gran parte al desarrollo radicular y foliar de la planta. Castillo (2006), menciona que la altura del plantín está correlacionada positivamente con la superficie foliar, la fotosíntesis y la transpiración, dichos plantines fueron evaluados anteriormente en otros parámetros (altura, diámetro y volumen radicular) donde registran valores altos y son los mismos, que presentan mayor peso seco.

El tratamiento T5 también presentó mayor producción de materia seca registrando 6,07 g esto se debe a que los mismos alcanzaron un diámetro y volumen radicular mayor, que se refleja en el contenido de materia seca.

Las proporciones del sustrato T4 con 5,33 g y del T3 con 5,00 g no han sido suficientemente beneficiosos para obtener plantas con un buen potencial, esto se verifica en las anteriores variables ya que al no obtener un buen desarrollo radicular y área foliar, se tiene bajo contenido en materia seca.

El tratamiento T1 con 3,31 g compuesta en su totalidad por tierra del lugar, muestra el resultado más bajo, esto se debe a que el sustrato no tiene la capacidad de retención de humedad, lo que llega a compactarse provocando el bajo desarrollo radicular afectando deficientemente en la formación del área foliar (FAO, 1986).

En referencia a la materia seca de plantines en etapa de vivero, Reyes *et al.*, (2017), sobre la producción de plantines de *Gmelina arborea* bajo el efecto de sustrato (50% tierra de monte, 50% estiércol de ganado) obtuvo 4.14 g de materia seca. Prieto *et al.*, (2003), señalan que la materia seca de plantas tiene una fuerte correlación con la supervivencia en campo y sugieren que para mayor consistencia en los resultados se deben manejar los valores de peso seco, debido a que el peso en verde tiene gran variación de agua en los tejidos dentro de una misma especie. La materia seca también es un indicador efectivo cuando se relaciona la parte aérea con el sistema radicular.

5.5. Índice de robustez (IR)

El Cuadro 18, muestra resultados y clasificación obtenidos de acuerdo a los rangos establecidos por (Prieto *et al.*, 2009).

Cuadro 18. Relación de altura de planta/diámetro del cuello de raíz (IR) de los plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamientos	Tipo de sustrato	Índice de robustez (IR)	Calidad
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	3,53	alta
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	4,13	media
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	4,14	media
T1	(100% Tierra del lugar)	4,47	media
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	5,20	media

El tratamiento T5 presenta un índice de 3,53 encontrándose entre los rangos de 1 y 4 por lo que son catalogados como plantines de calidad alta, reflejando equilibrio en

proporción entre la parte aérea con el diámetro de la planta, característica que les otorga resistencia mecánica (Prieto *et al.*, 2009), el autor también asevera que mientras menor valor se obtenga en las relaciones altura/diámetro existirá más vigor en la planta.

Los tratamientos T3, T2, T1 y T4 poseen valores superiores a 4, por lo que son catalogados como plantines de calidad media encontrándose entre los rangos de 4 y 6, dicha relación no alcanza completamente a ser una planta de calidad ideal, Tinoco *et al.*, (2014), señalan que en etapa de vivero es normal encontrar este fenómeno, de modo que las plantas desarrollan más en altura que en diámetro, por el hecho de encontrarse agrupadas son obligadas a competir por luz solar, acelerando su crecimiento en altura y reprimiendo su desarrollo en diámetro.

Cruz (2018), evaluó el índice de robustez de plantines de sauce (*Salix viminalis L. mimbrera*) en estacas basales bajo el efecto de sustrato (40 partes de tierra de lugar, 20 turba, 20 arena, 20 estiércol) del cual obtuvo un índice de 1,00 señalando que existe un equilibrio excelente, sin embargo en plantines con sustrato compuesto en su totalidad por tierra del lugar obtiene plantines con un índice mayor a 6 indicando que presentan sensibilidad a los daños por viento y heladas.

Las plantas con índices menores a 6 se asocia con plantas más robustas y potencialmente resistentes al estrés provocado por el trasplante, en consecuencia, si los valores son superiores serán sensibles a los daños ocasionados por: viento, sequía y heladas, en este entendido los tratamientos que catalogan como calidad media, según el autor también son consideradas como calidad alta, siempre y cuando se encuentre por debajo del valor de 6 (Thompson, 1985 citado por Juan de Dios, 2015).

A la hora de elegir un lote de plantas, es conveniente elegir plantas con índices de robustez intermedios por que presentan mayor crecimiento en campo, y no así los que presentan índices de esbeltez bajos y altos (Villar *et al.*, 2003).

5.6. Índice de biomasa (IB)

Cuadro 19. Relación de biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (IB) de los plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamientos	Tipo de sustrato	Índice de biomasa (IB)	Calidad
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	2,20	media
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	2,53	media
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	2,54	media
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	3,03	baja
T1	(100% Tierra del lugar)	3,17	baja

El T5 con un índice de 2,20, el T2 con 2,53 y el T3 con 2,54 son catalogados como plantas de calidad media, por encontrándose entre los rangos de 2 a 2,5 reflejando un cierto balance entre la parte transpirante y la parte absorbente de la humedad (Thompson, 1985). Se recomienda para sitios con precipitación escasa, el cociente del plantín no debe superar a 2 (Prieto *et al.*, 2003). Aquéllas con cifras mayores deberían introducirse con preferencia en sitios con condiciones ambientales favorables o donde exista la posibilidad de aplicar riegos durante la fase de establecimiento (Reyes *et al.*, s.f.), lo que sería ideal para las plantas del presente tratamiento.

Mamani (2017), al evaluar el índice de biomasa del ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk) obtiene plantines de calidad alta con un índice de 1,20 indicando un buen sistema radical que pueda proveer agua y nutrientes a la parte aérea de la planta. El crecimiento de hojas jóvenes depende de las sustancias que les envían las hojas adultas, la yema terminal y las raíces a su vez depende en gran medida de las hojas, por ello el crecimiento de una planta en su conjunto se debe a la interacción del crecimiento de los diferentes órganos, cualidades que reflejan el contenido de materia seca en cada órgano vegetal de la planta (Vázquez y Torres, 1996).

Los tratamientos T1 y T4 con un índice de 3,17 y 3,03 se encuentran en la categoría de calidad baja, esto se evidencia en el Cuadro 19, como plantas que presentan una desproporción del sistema radical en relación a la parte aérea, siendo el peso seco aéreo superior al peso seco de raíz. De acuerdo con Rueda *et al.*, (2010), las plantas con una desproporción importante en cuánto al tallo/raíz puede presentar problemas de supervivencia, con ciertas limitantes para sobrevivir y crecer adecuadamente en campo.

5.7. Índice de calidad de Dickson (ICD)

El Cuadro 20, muestra los resultados obtenidos para el índice de Dickson obtenida de acuerdo a los parámetros de clasificación de (Sáenz *et al.*, 2010).

Cuadro 20. Índice de calidad de Dickson (ICD) de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamientos	Tipo de sustrato	Índice de calidad de Dickson (ICD)	Calidad
T5	(15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino)	1,14	alta
T2	(50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba)	1,12	alta
T3	(30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba)	0,81	alta
T4	(25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino)	0,63	alta
T1	(100% Tierra del lugar)	0,44	media

Los tratamientos T5 con un índice de 1,14, el T2 con un índice de 1,12 seguido del T3 con 0,81 y el T4 con 0,63, son catalogados como plantas de calidad alta, por presentar valores superiores a 0,5 esto muestra que la combinación de diferentes sustratos tiene efectos positivos en el desarrollo del plantín, teniendo como resultado un buen balance entre la parte aérea y radical, además de una buena producción de biomasa (Juan de Dios, 2015).

el T1 con un índice de 0,42 son catalogadas como plantas de calidad media, por encontrarse debajo del valor 0,5 según indica el Cuadro 8 de clasificación (Sáenz *et al.*, 2010), el resultado se debe a que el sustrato compuesto por tierra del lugar al 100% provoca que exista poca porosidad y humedad, lo que repercute de manera negativa en el desarrollo del sistema radicular y en el crecimiento de la parte aérea, por tal razón las plantas correspondientes a este tratamiento pueden tener inconveniente al momento de ser trasplantados en el sitio definitivo.

Flores (2014), en la producción de diferentes especies de pino, evaluó el ICD para *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* con la utilización del sustrato: Sunshine PreMix #8 x MecPlant 3C, con valores de 0,797 y 0,739, expresando que este es el índice de calidad más superior y completo, incluye atributos como la altura, el diámetro y la biomasa que siendo evaluados de forma aislada no contribuirían a predecir la calidad de la planta.

5.8. Análisis económico

Para el análisis económico se realizó el cálculo de costos de producción de cada tratamiento (Anexo 1-5).

Cuadro 21. Análisis económico de la producción de plantines de ligustro obtenidos en respuesta a los diferentes sustratos

Tratamientos	Costos de producción (Bs)	Ingreso neto (Bs)	Ingreso bruto (Bs)	B/C (Bs)
T1	3597,50	2402,50	6000	1,67
T2	4336,26	1663,74	6000	1,38
T3	4737,30	1262,70	6000	1,27
T4	5175,76	824,24	6000	1,16
T5	4789,37	1210,63	6000	1,25

Para todos los tratamientos se estimó a 1000 plantines en producción para la venta.

De acuerdo al costo de producción obtenido, se asume el precio de venta por cada plantín a un costo de Bs 6 con el que se calculó los beneficios brutos, beneficios netos y la relación beneficio/costo, para cada tratamiento de estudio.

El cuadro 21 muestra que el tratamiento T1 tiene un beneficio costo igual a Bs 1,67 lo que significa que por Bs 1 invertido se obtiene una ganancia Bs 0, 67; no obstante los plantines del mismo presentan un menor desarrollo morfológico y en cuanto a índices de calidad son catalogadas como plantines de calidad media y baja.

El tratamiento T2 presenta un beneficio costo igual a Bs 1,38 lo que significa que por cada Bs 1 invertido se recupera Bs 0,38, convirtiéndose en una opción rentable para el productor viverista.

El tratamiento T3 expresa un beneficio costo de Bs 1,27 lo que significa que por Bs 1 invertido se recupera Bs 0,27 seguido del T5 con un beneficio costo de Bs 1,25 indicando que por cada Bs 1 invertido se recupera Bs 0,25; en contraparte se encuentra el tratamiento T4 con un beneficio costo de Bs 1,16 que expresa la más baja rentabilidad ante las demás.

6. CONCLUSIONES

La altura del brote principal tiene como promedios al tratamiento T2 (50% Tierra del lugar, 25% Arena y 25% Turba) con 31,10 cm, seguidos del T5 (15% Tierra del lugar, 15% Arena, 40% Turba y 30% Estiércol ovino) con 27,07 cm, del T4 (25% Tierra del lugar, 25% Arena, 25% Turba y 25% Estiércol ovino) con 26,50 cm, del T3 (30% Tierra del lugar, 30% Arena y 40% Turba) con 21,67 cm y el T1 (100% Tierra del lugar) con 18,23 cm.

El diámetro del brote principal, de acuerdo a la prueba de medias según Duncan presenta al tratamiento T5 con 7,70 mm al T2 con 7,50 mm, seguidos de los T3 con 6,10 mm, del T4 con 5,47 mm y el T1 con 4,10 mm.

El volumen radicular presenta al tratamiento T5 con 3,10 ml seguido por el T2 con 2,93 ml, el T4 con 2,40 ml, el T3 con 1,80 ml y el T1 con 1,43 ml.

La materia seca total (raíz, tallo, hojas) expresa que los tratamientos T2 y T5 con 7,47 g y 6,70 g se destacan estadísticamente, seguidos del T4 con 5,47 g, del T3 con 5,20 g y del T1 con 3,37 g.

El índice de robustez expresa que el tratamiento T5 alcanza una calificación de 3,53 catalogada como calidad alta, en tanto los tratamientos T3 con un índice de 4,13 seguido del T2 con 4,14 el T1 con 4,47 y el T4 con 5,20 son catalogados como calidad media.

El índice de biomasa expresa que los tratamientos T5 con un índice de 2,20 seguido del T2 con 2,53 y el T3 con 2,54 son catalogadas como plantines de calidad media, en tanto que el T4 con un índice de 3,03 y el T1 con 3,17 son catalogadas como plantines de calidad baja.

El Índice de calidad de Dickson expresa que los tratamientos T5 con un índice de 1,14, el T2 con 1,12 seguido del T3 con 0,81 y el T4 con 0,63 presentan plantas de calidad alta, en relación a los plantines del T1 con un índice de 0,44 catalogadas como calidad media.

El análisis económico concluye que la relación beneficio/costo para los cinco tratamientos son aceptables llegando a considerarse como una actividad rentable, el T1 presenta un B/C de Bs 1,67 seguido del T2 con Bs 1,38, del T3 con Bs 1,27, del T5 con Bs 1,25 y el T4 con un B/C de Bs 1,16.

Los estándares de calidad generados en el presente trabajo pretenden ser alternativas en la elección de sustratos para la producción de ligustro, donde se muestra que la mejor respuesta obtuvo el tratamiento T5 presentando plantines de calidad alta y media en las variables evaluadas, en tal sentido las plantas presentan una proporción equilibrada entre diferentes órganos de la planta, seguido del tratamiento T2 que al igual presenta atributos morfológicos aceptables, ambos presentan un B/C rentable, por el contrario el T1 resulta ser el sustrato más deficiente ya que presenta atributos morfológicos de calidad media y baja, si bien presenta un alto B/C no es recomendable porque no podrían adecuarse completamente en el sitio de plantación.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidos en el presente trabajo de investigación se realiza las siguientes recomendaciones:

Se sugiere experimentar en futuros estudios la utilización de diferentes tamaños de macetas de polietileno lo que puede beneficiar a un mayor desarrollo radicular y por ende un mayor crecimiento de la parte aérea de la planta.

Realizar más estudios en base al sustrato del tratamiento T5 (15% de tierra del lugar, 15% de arena, 40% de turba, 30% de estiércol ovino) ya que en el mismo se obtuvo plantines de calidad alta y calidad media.

Es deseable que todas las evaluaciones de calidad de plantines se realicen no solamente en el vivero, sino que se continúen una vez llevadas a plantación en campo definitivo, lo cual permitirá obtener datos más precisos sobre el efecto de los sustratos utilizados.

8. BIBLIOGRAFIA

- ALIGUTRE DEL JAPON, 2005. (en línea) consultado el 11 nov. 2018. disponible en <http://www.infojardin.com/fichas/arboles/ligustrum-japonicum-aligustre-del-japon>.
- ALVARADO, M. A. y SOLANO, J. A. 2002. Producción de sustratos para viveros. Organismo internacional regional de anidad agropecuaria-OIRSA. Costa Rica. 25-29 p.
- AGUIRRE, A. 1988. Propagación de especies forestales de la Región Andina del Perú. Ed. E.I.R.L. Concejo Nacional de Ciencia y ecología. Lima- Perú. 80 p.
- ARCHILA, M. P. 2011. Manual de creación de viveros forestales dirigido a estudiantes del ciclo de educación complementario de la Escuela Rural Mixta Las Brisas de Chixoy, de Cobán, Alta Verapaz de viveros forestales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 61 p.
- BARCELÓ, W. s.f. Producción de plantas en vivero. Instituto Agrotécnico Margarita O Farrell de Maguire. tesis. Santa Lucía, Buenos Aires. 23 p.
- BOBY, F. y VALDIVIA, M. 2005. Evaluación de comportamiento de tres especies forestales a nivel de vivero en el municipio de Telica, Departamento de León. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua. 74 p.
- BOHM, C. 1989. Enciclopedia de la jardinería. Martin: Impreso en Checoslovaquia por. TSNP.
- BUCKMAN, H y BRADY, Y. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducido al inglés por R. Salord. 6ta edición, Editorial AEDOS. Barcelona, España. 560-562 p.
- BURÉS, S. 1999. Manejo de sustratos. Curso de gestión de viveros Forestales. 41 p.

- CABRERA, R. 2014. Propiedades de uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta Serie de Horticultura, volumen (1). 3-4 p.
- CASTILLO, I. 2006. Efectos de diferentes sustratos y de endurecimiento por riego en la calidad de las plantas de *Eucaliptus grandis Hil ex Miden* en contenedores en Pinar del Rio. Cuba.
- CAYLLANTE, M. 2017. Evaluación de tres tipos de sustratos para la propagación vegetativa de dos variedades de ligustro en la estación experimental de Patacamaya. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 70 p.
- CHOQUE, E. F. 2006. Obtención de plantines de Ligustro (*Ligustrum vulgare L.*) utilizando esquejes con tres longitudes de corte en carpa solar en el Vivero Municipal de el Alto. Universidad Mayor De San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 96 p.
- CIMMYT, 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Manual metodológico de la evaluación económica. Edición completamente revisada. México D. F., 86 p.
- CRUZ, H. 2018. enraizamiento de esquejes de sauce mimbre (*salix viminalis L. mimbrera*) utilizando tres tipos de estaca apical, intermedia y basal en el vivero experimental CIPYCA. Viacha, Departamento de La Paz. Universidad Mayor De San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 91-92 p.
- JUANA, J. I. 2006. El género *Ligustrum*. Y su dilema perrottetii. Ed. Ikerketak. 52-56 p.
- DÍAZ, N. 2013. Efecto de contenedor en la calidad de planta de *Pinus hartwegii lindl.*, para reforestación en el Parque Nacional Nevado de Colima. Universidad de Guadalajara Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tesis. Zapopan, Jalisco. 19 p.

- DIMITRI, J. y OLIVERI, C. 1980. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires.
- FLORES, B.C. 2014. Crecimiento, sobrevivencia y calidad de plántula de *brosimum lactescens*, en diferentes sustratos, Vivero - ciefor puerto almendras, Perú. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Forestal. Tesis Ing. Forestal. Perú. 47 p.
- FAO (FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION). 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín N° 9 Roma Italia.
- GAYOSSO, S; BORGES, L; VILLANUEVA, E; ESTRADA, M. y GARRUÑA, R. 2016. Sustratos para producción de flores. Instituto Tecnológico de Conkal. 14-13 p.
- GUTIERREZ, M. 2013. Evaluación del Efecto de dos Enraizadores naturales en la propagación asexual de esquejes de ligustro verde (*Ligustrum lucidum*) para la producción de plantines en Cota Cota. Universidad Mayor De San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 25 p.
- HARTMAN, H. y KESTER, D. 1986. Propagación de plantas, principios y prácticas. Trad. Marino, A. Compañía editorial Continental, S.A. de C.V México.
- HERNANDEZ, C. G. 2015. Definición y alcance de la reproducción de plantas cultivadas. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 18 p.
- HUANCA, W. s.f. Métodos de reproducción asexual y su aplicación. Ciencias Agrarias UNA-PUNO. Perú. 16 p.
- JUAN DE DIOS C.E. 2015. Efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oocarpa Schiede ex Schlttdl. y pinus tecunumanii f. schwerdtf. ex Eguluz & j. p. Perry* en condiciones de vivero – San Ramón – Chanchamayo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis Ing. Forestal y Ambiental. Perú. 82 p.

- KRÜGER, F. R. 2007. Producción de plantas de *Pinus ponderosa* 1:1 en viveros de Valdivia y Cochrane. Universidad Austral de Chile. Tesis Ing. Forestal. Chile. 15-16 p.
- LEYVA, R. F. ROSELL P. R. RAMÍREZ, R. A. y ROMERO, R. I. 2008. Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus* sp. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba. 14 p.
- LEMUS, A. M. 2010. Evaluación de diferentes sustratos y tratamientos pregerminativos en la producción de plantines de eucalipto (*Eucalyptus globulus labill*) en carpa solar en el centro experimental de Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia 38 p.
- MAMANI, R. 2017. Efecto de la aplicación de niveles de ácido alfa naftalenacético en el enraizamiento de esquejes de ligustro (*Ligustrum ovalifolium Hassk*) bajo ambiente protegido en Viacha. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 93 p.
- MAMANI, F. y CESPEDES, R. 2012. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Revista en imágenes, Estación Experimental Choquenaira. D. L.: CF-G608, La Paz, Bolivia. 32 p.
- MARTINEZ, A. 2013. Producción de plantas y tepes en vivero. Ed. Síntesis, S. A. Madrid, España. 8 p.
- MARTÍNEZ, M. L. DÍAZ, A. y VARGAS, O. 2012. Protocolo de propagación de plantas hidrófilas y manejo de viveros para la rehabilitación ecológica de los parques ecológicos distritales de humedal. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, Colombia. 184 p.
- MOLINA, A. 2016. El Jardín Botánico Arturo E. Ragonese (JBAER): miradas a través del tiempo, realidad y prospectiva. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 318 p.

- MORALES, E. 2013. Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Maestría. 2 p.
- NAPOLEÓN, J. y CRUZ, M. A. 2005. Guía Técnica de semilleros y viveros frutales. Programa nacional de frutas el Salvador. Primera edición. Ed. Frutal es. El Salvador. 11 p.
- NOVARA, L. 1994. Aportes Botánicos de Salta – Ser. Flora. Universidad Nacional de Salta. Ed. Flora del valle de Lerma. vol. (2). Buenos Aires, Argentina. 14 p.
- OLIVA, M. F. PÉREZ, D. y TUCTO, A. 2014. Manual de Vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas - Perú. Organización Internacional De Las Madera Tropicales. Ed. ITTO. Perú. 13 p.
- OLIET, J. A. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- OLIVAN PALACIN, N. (1914). Química agrícola. Barcelona. FELIO Y SUSANNA.
- ORIHUELA, S. 2008. Control de la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta*) con extractos naturales en la localidad de Quipaquipani-provincia Ingavi. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis de grado Ing. Agr. La Paz, Bolivia. 31-32 p.
- PASTOR, N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Ed. Tierra Latinoamericana, vol. (17). Chapingo, México 231-235 p.
- PEREZ, V. y RODRÍGUEZ, H. s.f. Producción de plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl. Sistemas Agrícolas de Producción Intensivos. Universidad Nacional de Córdoba 45 p.

- PERRÍN, R; WINKELMANN, D; MOSCARDI, E. y ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: manual de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México D.F. 54 p.
- PLAN TERRITORIAL DE DESARROLLO INTEGRAL 2016 – 2020. Gobierno Autónomo Municipal de Viacha Primera Sección – Provincia Ingavi. 19 p.
- POUZET, F. 1901. Establecimiento de Arboricultura y Floricultura. Madrid: DIALNET.
- PRIETO, J. Á; GARCIA, J. L; MEJÍA, J. M; HUCHÍN, S. y AGUILAR, J. L. 2009. producción de planta del genero *pinus* en vivero en clima templado frio. Centro de investigación regional norte centro campo experimental Valle del Guadiana. Primera ed. Durango, México. 53 p.
- QUIROZ M, I; FLORES M., L; PINCHEIRA B. M. y VILLARROEL M. A. 2001. Manual de viverización y plantación de especies nativas. Centro Tecnológico de la Planta Forestal. Ed. INFOR Sede Bio-Bio. Chile. 17 p.
- QUIROZ, I; GARCIA, E; GONZALEZ, M. P. y SOTO, H. 2009. Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. potencia alimentaria y forestal. Centro Tecnológico de la Planta Forestal. Ed. INFOR Sede Bio-Bio. Chile. 45 p.
- REYES, J; RODRÍGUEZ, J.A; FUENTES, M.A. y PALOMEQUE, E. 2018. Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. Producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. Universidad Autónoma de Chiapas. México.20 p.
- REYES, J; RODRÍGUEZ J. A; FUENTES M. A. y PALOMEQUE, E. 2017. Calidad de planta de *Gmelina arborea* Roxb. Producida con diferentes mezclas de sustratos en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. México 18 p.
- RITCHIE, G; LANDIS, T; DUMROESE, K. y HAASE, D. s.f. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor: Evaluación de la Calidad de la Planta. Vol. (7). 15 p.

- RODRIGUEZ, D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. México: MP.
- RODRIGUEZ, R. 2010. Manual de Practicas de Viveros Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Agropecuarias Área Académica de Ingeniería Forestal. Primera Edición. México. 41 p.
- RODRIGUEZ, G. 1992. El cultivo de cacao. San Jose, Costa: EUNED.
- ROJAS, S. GARCÍA, J. y ALARCÓN, M. 2004. Propagación Asexual de Plantas. Colombia. Ministerio de Agricultura Y Desarrollo Rural. Ed. Produmedios. Bogotá, Colombia. 41 p.
- ROJAS, F. 2002. Metodología para la evaluación de la calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica mill.*) en vivero. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. vol. 8. Chapingo, México. 75-81 p.
- RUEDA, A; BENAVIDES, J; PRIETO, J; SAENZ, T. y OROZCO, G. 2010. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco y Nayarit. instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias, centro de investigación regional del pacífico centro campo experimental centro altos de Jalisco. Ed. Inifap. México. 66 p.
- SÁENZ, J; VILLASEÑOR, F; MUÑOZ, H; RUEDA, A. y PRIETO, J. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de Clima Templado En Michoacán. Instituto Nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. México. 44 p.
- SÁNCHEZ, S. y MURILLO, O. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). Agronomía Costarricense. Costa Rica. 9 p.
- SEDAGRO. 2007. Manual de producción de planta forestal. Gobierno del Estado de México Secretaría de Desarrollo Agropecuario Protectora de Bosques. México. 51 p.

- SISARO, D. y HAGIWARA, J. C. 2016. Propagación Vegetativa por medio de estacas de tallo. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 15 p.
- TICONA, O. 2012. Evaluación del eucalipto (*Eucalyptus globulus*), bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres sustratos en la comunidad de Chumisa (Tacacoma - La Paz). Universidad Mayor de San Andrés. Tesis ing. Agr. La Paz, Bolivia. 113 p.
- TUT, M. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de Palo Blanco (*Tabebuia donnell-smithii* rose). Universidad Rafael Landívar. Tesis. Ing. Forestal. Guatemala. 77 p.
- VILLAR, P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. Restauración de Ecosistemas Mediterráneos. Universidad de Alcalá. España. 20 p.
- WIGHTMAN, K. y CRUZ, B. S. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas Foresta Veracruzana. Xalapa, México. 36 p.

ANEXOS

Anexo 1.

Costos de producción para plantines de ligustro (T1)

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	P/U (Bs)	Total (Bs)
MATERIALES				
Bolsines de polietileno	1000	unidades	0,2	200
Malla semi sombra	18		15	270
Termómetro	1	pza.	45	45
Manguera	20	m	10	200
Nylon	15	m	2,5	37,5
TOTAL COSTOS FIJOS				752,5
HERRAMIENTAS				
Pala	2	unidad	90	180
Picota	2	unidad	100	200
Carretilla	1	unidad	300	300
Flexómetro	1	unidad	15	15
Tijera De Podar	1	unidad	70	70
Repicador	1	unidad	5	5
INSUMOS				
Tierra del lugar	2960	Kg	0	0
Estacas	1000	unidad	0,2	200
MANO DE OBRA				
Recolección, corte y preparación de estacas	3	jornal	100	300
Transporte	0,5	jornal	100	50
Limpieza y lavado	2	jornal	100	200
Preparación del sustrato	1	jornal	100	100
Desinfección del sustrato	1	jornal	100	100
Llenado de bolsines	2	jornal	100	200
Trasplante de estacas	2	jornal	100	200
Riego	50	horas	12,5	625
TOTAL COSTOS VARIABLES				2745
COSTOS DE PRODUCCION				3497,5
COSTOS DE NO PRODUCCION				100
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3597,5
INGRESO NETO				2402,5
RELACION BENEFICIO COSTO B/C				1,67
TOTAL DE PLANTINES				1000
INGRESO BRUTO				6000

Anexo 2.

Costos de producción para plantines de ligustro (T2)

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	P/U (Bs)	Total (Bs)
MATERIALES				
Bolsines de polietileno	1000	unidades	0,2	200
Malla semi sombra	18	m2	15	270
Termómetro	1	pza.	45	45
Manguera	20	m	10	200
Nylon	15	m	2,5	37,5
TOTAL COSTOS FIJOS				752,5
HERRAMIENTAS				
Pala	2	unidad	90	180
Picota	2	unidad	100	200
Carretilla	1	unidad	300	300
Flexómetro	1	unidad	15	15
Tijera De Podar	1	unidad	70	70
Repicador	1	unidad	5	5
INSUMOS				
Tierra del lugar	1472	kg	0	0
Arena	736	kg	0,16	117,76
Turba	621	kg	1	621
Estacas	1000	unidad	0,2	200
MANO DE OBRA				
Recolección, corte y preparación de estacas	3	jornal	100	300
Transporte	0,5	jornal	100	50
Limpieza y lavado	2	jornal	100	200
Preparación del sustrato	1	jornal	100	100
Desinfección del sustrato	1	jornal	100	100
Llenado de bolsines	2	jornal	100	200
Trasplante de estacas	2	jornal	100	200
Riego	50	horas	12,5	625
TOTAL COSTOS VARIABLES				3483,76
COSTOS DE PRODUCCION				4236,26
COSTOS DE NO PRODUCCION				100
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				4336,26
INGRESO NETO				1663,74
RELACION BENEFICIO COSTO B/C				1,38
TOTAL DE PLANTINES				1000
INGRESO BRUTO				6000

Anexo 3.

Costos de producción para plantines de ligustro (T3)

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	P/U (Bs)	Total (Bs)
MATERIALES				
Bolsines de polietileno	1000	unidades	0,2	200
Malla semi sombra	18	m2	15	270
Termómetro	1	pza.	45	45
Manguera	20	m	10	200
Nylon	15	m	2,5	37,5
TOTAL COSTOS FIJOS				752,5
HERRAMIENTAS				
Pala	2	unidad	90	180
Picota	2	unidad	100	200
Carretilla	1	unidad	300	300
Flexómetro	1	unidad	15	15
Tijera De Podar	1	unidad	70	70
Repicador	1	unidad	5	5
INSUMOS				
Tierra del lugar	880	kg	0	0
Arena	880	kg	0,16	140,8
Turba	999	kg	1	999
Estacas	1000	unidad	0,2	200
MANO DE OBRA				
Recolección, corte y preparación de estacas	3	jornal	100	300
Transporte	0,5	jornal	100	50
Limpieza y lavado	2	jornal	100	200
Preparación del sustrato	1	jornal	100	100
Desinfección del sustrato	1	jornal	100	100
Llenado de bolsines	2	jornal	100	200
Trasplante de estacas	2	jornal	100	200
Riego	50	horas	12,5	625
TOTAL COSTOS VARIABLES				3884,8
COSTOS DE PRODUCCION				4637,3
COSTOS DE NO PRODUCCION				100
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				4737,3
INGRESO NETO				1262,7
RELACION BENEFICIO COSTO B/C				1,27
TOTAL DE PLANTINES				1000
INGRESO BRUTO				6000

Anexo 4.**Costos de producción para plantines de ligustro (T4)**

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	P/U (Bs)	Total (Bs)
MATERIALES				
Bolsines de polietileno	1000	unidades	0,2	200
Malla semi sombra	18	m2	15	270
Termómetro	1	pza.	45	45
Manguera	20	m	10	200
Nylon	15	m	2,5	37,5
TOTAL COSTOS FIJOS				752,5
HERRAMIENTAS				
Pala	2	unidad	90	180
Picota	2	unidad	100	200
Carretilla	1	unidad	300	300
Flexómetro	1	unidad	15	15
Tijera De Podar	1	unidad	70	70
Repicador	1	unidad	5	5
INSUMOS				
Tierra del lugar	432	kg	0	0
Arena	432	kg	0,16	69,12
Turba	999	kg	1	999
Estiércol de ovino	412,5	kg	0,3	123,75
Estacas	1000	unidad	0,2	200
MANO DE OBRA				
Recolección, corte y preparación de estacas	3	jornal	100	300
Transporte	0,5	jornal	100	50
Limpieza y lavado	2	jornal	100	200
Preparación del sustrato	1	jornal	100	100
Desinfección del sustrato	1	jornal	100	100
Llenado de bolsines	2	jornal	100	200
Trasplante de estacas	2	jornal	100	200
Riego	50	horas	12,5	625
TOTAL COSTOS VARIABLES				3936,87
COSTOS DE PRODUCCION				4689,37
COSTOS DE NO PRODUCCION				100
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				4789,37
INGRESO NETO				1210,63
RELACION BENEFICIO COSTO B/C				1,25
TOTAL DE PLANTINES				1000
INGRESO BRUTO				6000

Anexo 5.

Costos de producción para plantines de ligustro (T5)

DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	P/U (Bs)	Total (Bs)
MATERIALES				
Bolsines de polietileno	1000	unidades	0,2	200
Malla semi sombra	18	m2	15	270
Termómetro	1	pza.	45	45
Manguera	20	m	10	200
Nylon	15	m	2,5	37,5
TOTAL COSTOS FIJOS				752,5
HERRAMIENTAS				
Pala	2	unidad	90	180
Picota	2	unidad	100	200
Carretilla	1	unidad	300	300
Flexómetro	1	unidad	15	15
Tijera De Podar	1	unidad	70	70
Repicador	1	unidad	5	5
INSUMOS				
Tierra del lugar	432	kg	0	0
Arena	432	kg	0,16	69,12
Turba	999	kg	1	999
Estiércol de ovino	412,5	kg	0,3	123,75
Estacas	1000	unidad	0,2	200
MANO DE OBRA				
Recolección, corte y preparación de estacas	3	jornal	100	300
Transporte	0,5	jornal	100	50
Limpieza y lavado	2	jornal	100	200
Preparación del sustrato	1	jornal	100	100
Desinfección del sustrato	1	jornal	100	100
Llenado de bolsines	2	jornal	100	200
Trasplante de estacas	2	jornal	100	200
Riego	50	horas	12,5	625
TOTAL COSTOS VARIABLES				3936,87
COSTOS DE PRODUCCION				4689,37
COSTOS DE NO PRODUCCION				100
COSTO TOTAL DE PRODUCCION				4789,37
INGRESO NETO				1210,63
RELACION BENEFICIO COSTO B/C				1,25
TOTAL DE PLANTINES				1000
INGRESO BRUTO				6000

Anexo 6.



Figura 13. Preparación y desinfección del sustrato



Figura 14. Ubicación de estacas de ligustro trasplantados según el diseño experimental

Anexo 7.



Figura 15. Primeros brotes y hojas de estacas de ligustro



Figura 16. Plantines en desarrollo en respuesta a los diferentes sustratos

Anexo 8.



Figura 17. Seguimiento del experimento y toma de datos



Figura 18. Comparación de altura del plantín en los diferentes sustratos

Anexo 9.



Figura 19. Toma de datos de altura de brote principal



Figura 20. Toma de datos de diámetro del brote principal

Anexo 10.



Figura 21. Comparación del crecimiento de raíz en los diferentes sustratos



Figura 22. Medición del volumen radicular de plantines de ligustro

Anexo 11. Síntesis de resultados de parámetros morfológicos de plantines de ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk)

ALTURA DEL BROTE PRINCIPAL (cm)				DIAMETRO DEL BROTE PRINCIPAL (mm)			
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	TRATAMIENTO	R1	R2	R3
T1	18,63	16,50	19,63	T1	4,00	4,50	3,75
T2	28,88	30,75	33,63	T2	7,50	7,00	8,00
T3	24,63	22,00	18,38	T3	5,00	5,00	5,75
T4	25,38	26,75	27,25	T4	5,00	4,25	6,00
T5	28,63	26,50	26,13	T5	7,00	7,75	8,25
VOLUMEN RADICULAR (ml)				MATERIA SECA TOTAL (g)			
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	TRATAMIENTO	R1	R2	R3
T1	0,75	0,70	0,95	T1	3,25	2,75	4,00
T2	1,75	2,30	2,30	T2	8,40	7,10	6,90
T3	1,80	1,30	1,50	T3	5,65	4,45	6,20
T4	1,10	1,45	1,30	T4	5,40	4,35	5,75
T5	2,20	2,15	1,75	T5	6,80	7,20	5,55

Síntesis de resultados de índices morfológicos de plantines de ligustro (*Ligustrum ovalifolium* Hassk)

INDICE DE ROBUSTEZ (IR)				INDICE DE BIOMASA (IB)			
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	TRATAMIENTO	R1	R2	R3
T1	4,66	3,67	5,23	T1	3,33	2,93	3,21
T2	3,85	4,39	4,20	T2	3,80	2,09	2,00
T3	4,93	4,40	3,20	T3	2,14	2,42	3,13
T4	5,08	6,29	4,54	T4	3,91	2,00	3,42
T5	4,09	3,42	3,17	T5	2,1	2,3	2,2

INDICE DE CALIDAD DE DICKSON (ICD)			
TRATAMIENTO	R1	R2	R3
T1	0,41	0,42	0,47
T2	1,10	1,10	1,11
T3	0,80	0,65	0,98
T4	0,60	0,52	0,72
T5	1,10	1,25	1,04

Anexo 12. Análisis físico químico de suelos (T1)



Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *GLADYS MAMANI NINA*
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ,*
Provincia : INGAVI
Municipio : VLACHA

NO SOLICITUD: *010/ 2019*
FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2019*
FECHA DE ENTREGA : *09/ Agosto / 2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : T1*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
008-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	46	%	Hidrómetro de Bouyoucos
008-02 /2019		ARCILLA	27	%	Hidrómetro de Bouyoucos
008-03 /2019		LIMO	27	%	Hidrómetro de Bouyoucos
008-04 /2019		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
008-05 /2019		GRAVA	7,8	%	Gravimetría
008-06 /2019	Potasio	4,67	meq/100g	Emisión Atómica	
008-07 /2019	Nitrógeno total	0,01	%	Kjeldahl	
008-08 /2019	Fósforo	34,81	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Francos FYL : Franco Arcilloso Limoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso


Enrique Maldonado Alfaro
DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
La Paz - Bolivia

 www.aben.gob.bo

Anexo 13. Análisis físico químico de suelos (T2)



Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *GLADYS MAMANI NINA*
 PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*
Provincia : INGAVI
Municipio : VIACHA

NO SOLICITUD: *010/2019*
 FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2019*
 FECHA DE ENTREGA : *09 / Agosto / 2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : T2*

Nº Lab.	PARAMETRO		Resultado	Unidades	Método
009-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	53	%	Hidrómetro de Bouyoucos
009-02 /2019		ARCILLA	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
009-03 /2019		LIMO	23	%	Hidrómetro de Bouyoucos
009-04 /2019		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
009-05 /2019		GRAVA	5,6	%	Gravimetría
009-06 /2019	Potasio		0,07	%	Emisión Atómica
009-07 /2019	Nitrógeno total		0,01	%	Kjeldahl
009-08 /2019	Fósforo		0,002	%	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso

Enrique Maldonado Alfaro
 DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
 Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
 La Paz - Bolivia

www.aben.gob.bo

Anexo 14. Análisis físico químico de suelos (T3)



ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *GLADYS MAMANI NINA*
 PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*
Provincia : INGAVI
Municipio : VIACHA

NO SOLICITUD: *010/2019*
 FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2019*
 FECHA DE ENTREGA : *09 / Agosto / 2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : T3*

Nº Lab.	PARAMETRO		Resultado	Unidades	Método
010-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	50	%	Hidrómetro de Bouyoucos
010-02 /2019		ARCILLA	23	%	Hidrómetro de Bouyoucos
010-03 /2019		LIMO	27	%	Hidrómetro de Bouyoucos
010-04 /2019		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
010-05 /2019		GRAVA	6,5	%	Gravimetría
010-06 /2019	Potasio		0,07	%	Emisión Atómica
010-07 /2019	Nitrógeno total		0,70	%	Kjeldahl
010-08 /2019	Fósforo		0,001	%	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso


 Enrique Maldonado Aljaro
 DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Anexo 15. Análisis físico químico de suelos (T4)



Agencia
Boliviana de
Energía
Nuclear

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *GLADYS MAMANI NINA*
 PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ,*
Provincia : MURILLO
Municipio : PALCA

NO SOLICITUD: *010/2019*
 FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2019*
 FECHA DE ENTREGA : *09 / Agosto / 2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : T4*

N° Lab.	PARAMETRO		Resultado	Unidades	Método
011-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	51	%	Hidrómetro de Bouyoucos
011-02 /2019		ARCILLA	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
011-03 /2019		LIMO	25	%	Hidrómetro de Bouyoucos
011-04 /2019		CLASE TEXTURAL	FYA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
011-05 /2019		GRAVA	4,8	%	Gravimetría
011-06 /2019	Potasio		0,26	%	Emisión Atómica
011-07 /2019	Nitrógeno total		0,76	%	Kjeldahl
011-08 /2019	Fósforo		0,006	%	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso

Enrique Maldonado Alfaro
 DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
 Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
 La Paz - Bolivia

www.aben.gov.bo

Anexo 16. Análisis físico químico de suelos (T5)



ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *GLADYS MAMANI NINA*
 PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*
Provincia : INGAVI
Municipio : VIACHA

NO SOLICITUD: *010/2019*
 FECHA DE RECEPCION : *10 / Julio / 2019*
 FECHA DE ENTREGA : *09 / Agosto / 2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : T5*

N° Lab.	PARAMETRO		Resultado	Unidades	Método
012-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	45	%	Hidrómetro de Bouyoucos
012-02 /2019		ARCILLA	25	%	Hidrómetro de Bouyoucos
012-03 /2019		LIMO	30	%	Hidrómetro de Bouyoucos
012-04 /2019		CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
012-05 /2019		GRAVA	4,0	%	Gravimetría
012-06 /2019	Potasio		0,35	%	Emisión Atómica
012-07 /2019	Nitrógeno total		1,07	%	Kjeldahl
012-08 /2019	Fósforo		0,002	%	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,-

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso

Enrique Maldonado Alfaro
 DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto
 Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754
 La Paz - Bolivia

www.aben.gob.bo