

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“EFECTO DE SUSTRATOS Y FERTILIZANTES EN LA
OPTIMIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Pinus
tecunumanii* (Schw.) EN CONDICIONES DE VIVERO”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

JUNIOR JUAN LÓPEZ FERNÁNDEZ

LIMA-PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“EFECTO DE SUSTRATOS Y FERTILIZANTES EN LA
OPTIMIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Pinus
tecunumanii* (Schw.) EN CONDICIONES DE VIVERO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL
JUNIOR JUAN LÓPEZ FERNÁNDEZ**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Víctor Manuel Barrera Arroyo, Mg. Sc.

Presidente

.....
Ing. Carlos Fernando Bulnes Soriano

Miembro

.....
Ing. Rosa María Hermoza Espezúa

Miembro

.....
Ing. Ignacio Rómulo Lombardi Indacochea

Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, Juan y Hilda.

A mis hermanos Harold y Axel.

A mi tía Gladys.

A mis familiares en general.

A todos los que contribuyeron para realizar el presente trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

Al Ing. Guillermo Gorbitz Dupuy por brindarme todas las facilidades para la realización de la fase de campo en fundo “El Pino” en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa. Así mismo, por confiar y ser el principal financista de este trabajo de tesis.

Al Ing. Ignacio Rómulo Lombardi Indacochea por aceptar la dirección del presente trabajo de tesis como mi asesor, quien con su valioso aporte permite que este sea una realidad.

Al técnico viverista Bach. Lino Ríos Perez por su valioso apoyo durante la fase de campo del presente trabajo de tesis, así como por compartir sus conocimientos en el manejo técnico de un vivero forestal.

A la Ing. Rosa María Hermoza Espezúa por sus valiosos consejos y recomendaciones para el presente trabajo de tesis y a lo largo de mi formación como Ing. Forestal.

Al Ing. Carlos Augusto Reynel Rodríguez, por su valioso apoyo con la identificación de las muestras dendrológicas del presente trabajo de tesis, así como por sus consejos y recomendaciones.

A mi madre, Hilda, por ser mi apoyo incondicional, estando siempre a mi lado.

A mis hermanos, Harold y Axel, que siempre me apoyan y animan a seguir.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE:	3
2.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	3
2.1.2. CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE LA ESPECIE	5
2.2. NUTRICIÓN VEGETAL, NUTRICIÓN MINERAL Y ELEMENTOS ESENCIALES	5
2.2.1. POR SUS RAÍCES	6
2.2.2. POR SUS ÓRGANOS VERDES AÉREOS	6
2.2.3. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES MINERALES	7
2.2.4. FERTILIZACIÓN FOLIAR	10
2.2.5. ABSORCIÓN FOLIAR DE LOS FERTILIZANTES	11
2.3. FERTILIZANTES	12
2.3.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS PREVIOS	12
2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS FERTILIZANTES A UTILIZAR	12
2.4. CONTENEDORES	13
2.5. SUSTRATOS	14
2.5.1. TIPOS DE SUSTRATOS	14
2.5.2. PROPIEDADES DE UN SUSTRATO ÓPTIMO PARA EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS EN CONDICIONES DE VIVERO	16
2.6. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ÍNDICES DE CALIDAD DE LAS PLANTAS	18
2.6.1. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS	18
2.6.2. ÍNDICES DE CALIDAD	19
2.7. VIABILIDAD ECONÓMICA	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO	23
3.1.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	23
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	23
3.1.3. ACCESIBILIDAD	24
3.1.4. CLIMA	24
3.1.5. FISIOGRAFÍA	26
3.1.6. ZONA DE VIDA	26
3.1.7. SUELO	26
3.2. MATERIALES	27
3.3. METODOLOGÍA	28
3.3.1. DEFINICIÓN E INSTALACIÓN DEL VIVERO TEMPORAL	28
3.3.2. PREPARACIÓN DE LOS TIPOS DE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN	29
3.3.3. TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO	31
3.3.4. SIEMBRA	31
3.3.5. GERMINACIÓN	32
3.3.6. APLICACIÓN DE LOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN	32

3.3.7.	ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS	33
3.3.8.	ÍNDICES DE CALIDAD.....	36
3.3.9.	ANÁLISIS DE LOS SUSTRATOS	37
3.3.10.	DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
3.3.11.	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1.	PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOCEDASTICIDAD	43
4.2.	CONTRASTE DE CONTROL VERSUS TRATAMIENTOS	45
4.3.	ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS.....	46
4.3.1.	ALTURA	46
4.3.2.	DIÁMETRO	49
4.3.3.	BIOMASA SECA AÉREA (BSA).....	52
4.3.4.	BIOMASA SECA RADICULAR (BSR).....	53
4.4.	ÍNDICES DE CALIDAD.....	55
4.4.1.	ÍNDICE DE ROBUSTEZ (IR)	55
4.4.2.	RELACIÓN BIOMASA SECA AÉREA Y BIOMASA SECA RADICULAR (RELACIÓN BSA/BSR).....	56
4.4.3.	ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON (ICD).....	58
4.5.	ANÁLISIS DE LOS SUSTRATOS.....	60
4.6.	VIABILIDAD ECONÓMICA	62
V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES.....	67
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
VIII.	ANEXOS.....	75

Índice de tablas

	Página
Tabla 1: Función de los elementos nutritivos de las plantas	9
Tabla 2: Velocidad de absorción foliar de los principales elementos nutritivos de las plantas	10
Tabla 3: Intervalos de calidad para atributos morfológicos	21
Tabla 4: Ubicación de estación meteorológica	25
Tabla 5: Materiales, insumos, herramientas y equipos.....	27
Tabla 6: Tipos de sustratos	29
Tabla 7: Tipos de fertilización.....	31
Tabla 8: Dosis de cada fertilizante y bioestimulante	33
Tabla 9: Cronograma de aplicación de los tipos de fertilización aplicados.....	33
Tabla 10: Descripción de los tratamientos.....	39
Tabla 11: Media de tratamientos según atributo morfológico T1 – T8	46
Tabla 12: Media de tratamientos según atributo morfológico T9 – T16	46
Tabla 13: Características de la turba Klamix 45M	61

Índice de figuras

Página

Figura 1: Mapa de ubicación del vivero temporal dentro del área de las plantaciones de fundo “El Pino”	24
Figura 2: Climograma del distrito de Huancabamba.....	25
Figura 3: Vista satelital de ubicación de estación meteorológica y vivero forestal.....	26
Figura 4: Distribución de las parcelas con los tubetes al interior del vivero (lado izquierdo y lado derecho)	30
Figura 5: Croquis de distribución de las parcelas con los tubetes al interior del vivero	30
Figura 6: Flujograma de actividades realizadas en la fase de campo	34
Figura 7: Secuencia fotográfica de las actividades realizadas en la fase de campo	35
Figura 8: Actividades realizadas en la fase de gabinete	36
Figura 9: Normal Q-Q plot para la variable diámetro	44
Figura 10: Residuos vs predichos para la variable diámetro	45
Figura 11: Altura en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	47
Figura 12: Incremento de la altura promedio por número de evaluación para el tratamiento que presentó el mayor incremento promedio	48
Figura 13: Incremento de la altura promedio por número de evaluación para el tratamiento que presentó el menor incremento promedio	49
Figura 14: Diámetro en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	50
Figura 15: Incremento del diámetro promedio por número de evaluación para el tratamiento que presentó el mayor incremento promedio	51
Figura 16: Incremento del diámetro promedio por número de evaluación para el tratamiento que presentó el menor incremento promedio	52
Figura 17: BSA en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	53
Figura 18: BSR en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	54
Figura 19: Índice de Robustez en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	55
Figura 20: Relación BSA/BSR en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	57
Figura 21: Índice de Calidad de Dickson en plántulas de <i>Pinus tecunumanii</i> por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)	59
Figura 22: Costo total en cada tratamiento	63
Figura 23: Costo total por plántula en cada tratamiento.....	63

Índice de anexos

	Página
Anexo 1. Gráficas normal Q-Q plot para las variables de respuesta.....	75
Anexo 2. Gráficas de homogeneidad de varianza para las variables de respuesta	78
Anexo 3. Resumen de medidas estadísticas por tratamiento.....	81
Anexo 4. Resultados del anova y tukey para las variables de respuesta.....	84
Anexo 5. Contraste de control versus tratamientos para cada tipo de sustrato	89
Anexo 6. Contraste de control versus tratamientos para cada tipo de fertilización.....	90
Anexo 7. Medidas estadísticas por tratamiento y número de evaluación	91
Anexo 8. Registro de temperatura y humedad de la estación meteorológica Oxapampa	96
Anexo 9. Costo total por tratamiento y por plántula	100
Anexo 10. Análisis de caracterización de suelo del área de estudio	101
Anexo 11. Muestras botánicas.....	102
Anexo 12. Constancia de determinación botánica.....	103
Anexo 13. Bomba aspersora de 2 l y balanza digital de 2 kg.....	104

RESUMEN

Pinus tecunumanii es una especie exótica que, desde su introducción en el país, se convirtió en la especie forestal más utilizada para reforestación en Selva Central, dado su favorable desarrollo y adaptación a las condiciones presentes, y su rápido crecimiento. Para tener plantaciones exitosas de pino se requiere de plántulas con una calidad adecuada para su trasplante en campo definitivo, y esto se logra manejando la especie desde su etapa en vivero. La investigación se desarrolló en un vivero temporal en el campamento de Fundo “El Pino” sede Huancabamba, Oxapampa. El objetivo fue determinar el efecto de dos tipos de fertilizantes foliares (FF): QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS junto al bioestimulante AGROSTEMIN GL, en plántulas de 2 semanas de edad de la especie durante su crecimiento en vivero, en 4 tipos de sustratos: S1 (tierra), S2 (tierra y turba), S3 (tierra y arena) y S4 (tierra, turba y arena); en contenedores de polipropileno de 115 cm³. Las dosis de cada FF fueron 0,005 kg (P), 0,05 kg (N) y 0,10 kg (bioestimulante) en 2 L de agua cada 10 días. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial donde el primer factor corresponde al tipo de sustrato y el segundo al tipo de fertilización, siendo en total 16 tratamientos, con 10 repeticiones por cada uno. Las variables evaluadas corresponden a atributos morfológicos (altura y diámetro) e índices de calidad (índice de robustez, relación biomasa seca aérea/radicular e índice de Dickson). Los resultados muestran que los tratamientos con la aplicación del FF con fósforo y el bioestimulante, destacando el tratamiento 6 (F2+S2), fue donde se obtuvieron plántulas con una mejora tanto en los atributos morfológicos como en los índices de calidad en comparación a los demás tratamientos.

Palabras clave: Fertilización foliar, contenedores de polipropileno, atributos morfológicos, índices de calidad.

ABSTRACT

Pinus tecunumanii is an exotic species that, since its first arrival in the country, has become the forestry species most used in the reforestation of the Central Jungle. This is due to its favorable development and adaptation to current conditions and a fast growth. In order to have successful pine plantations it is required the use of seedlings with the quality appropriate for the transplant in definitive field. Furthermore, this is achieved by handling the species since nursery phase. The present research was developed in a temporary nursery in the Fundo El Pino in Huancabamba, Oxapampa. The objective was to determine the effect of two types of foliar fertilizers (FF): QUIMIFOL P680 PLUS and QUIMIFOL N510 PLUS, along with the biostimulant AGROSTEMIN GL in 2 weeks old seedlings during its development in nursery, in 4 types of substrates: S1 (ground), S2 (ground and peat), S3 (ground and sand) and S4 (ground, peat and sand); in polypropylene containers of 115 cm³. The dose to every FF was 0,005 kg (P), 0,05 kg (N) and 0,10 kg (biostimulant) in 2 L of water every ten days. The experimental design used was completely random with factorial arrangement, where the first factor corresponds to the type of substrate and the second one to type of fertilization, leaving a total of 16 treatments, with 10 repetitions each. The evaluated variables correspond to morphological attributes (height and diameter) and quality indexes (robustness index, ratio and Dickson's quality index). The results show that the treatments with application of FF with phosphorous and biostimulant, highlighting the treatment 6 (F2+S2), were where we obtained seedlings with an improvement in both morphological attributes and quality indexes in comparison to the other treatments.

Key words: Foliar fertilization, polypropylene containers, morphological attributes, quality indexes.

I. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales comerciales a nivel mundial han aumentado en área de manera acelerada en las últimas décadas (Guariguata *et al.* 2017), y según FAO (2014) representan aproximadamente el 10 % de la superficie forestal mundial (estimada en 4 mil millones de hectáreas). Además, que según Cubbage (2014) las plantaciones forestales comerciales a nivel mundial proveen un poco más de un tercio de la madera rolliza destinada al uso industrial.

Según Guariguata *et al.* (2017) en América Latina, los países que más han contribuido con esta expansión de las plantaciones forestales comerciales son Brasil y Chile, mientras la participación del Perú en el mercado mundial de productos forestales es muy baja (menos del 1 %) a comparación de estos países, pese a que nuestro país posee la segunda mayor extensión forestal en América Latina, esto debido en parte a que la mayor producción forestal maderable del Perú proviene fundamentalmente de bosques naturales, es decir bosques sin prácticas silviculturales, sin manejo de semillas de calidad y con escasa aplicación de técnicas de mejoramiento de suelos.

Con respecto a la nutrición de las plantas Smith *et al.* (1994), indica que actualmente lo que preocupa es la cantidad necesaria de cada elemento, es decir, las proporciones de nutrientes minerales en los tejidos, para un crecimiento intacto. La opinión general es que existen grandes diferencias entre especies y genotipos. Esto no es sorprendente teniendo en cuenta la enorme variedad de condiciones climáticas y edáficas en las que crecen los árboles. Además, las diferencias morfológicas y fenológicas entre árboles o plantas en general se toman como evidencia de grandes variaciones de especies en la demanda de nutrientes.

Comerford *et al.* (1994), menciona que la producción de madera se está volviendo cada vez más especializada en el manejo de las condiciones para el crecimiento y los genotipos utilizados para elaborar productos de madera específicos.

Al ser la principal meta la obtención de madera aserrada de buena calidad, para el abastecimiento del mercado nacional, que actualmente se encuentra escaso de este recurso y cada vez viene siendo más difícil conseguir madera proveniente de bosques naturales con

especies nativas, destaca la importancia de obtener madera proveniente de plantaciones forestales.

La especie exótica *Pinus tecunumanii*, al ser una especie forestal con desarrollo favorable y rápido crecimiento, que se viene promoviendo sus plantaciones en nuestro país, principalmente en Selva Central, tiene un rol muy importante para promover el sector forestal actual.

En las plantaciones forestales de fundo “El Pino” establecidas hace más de 20 años, en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa, en el departamento de Pasco; se viene realizando el aprovechamiento forestal de la especie *Pinus tecunumanii*, para la obtención de madera rolliza.

Ante la necesidad del fundo de generar nuevas plántulas de la especie, para volver a replantar en las áreas aprovechadas, utilizando los recursos propios del fundo, tanto las semillas provenientes de árboles plus seleccionados así como la tierra propia del área donde se vienen desarrollando las plantaciones actualmente; es por lo que se propone establecer relaciones entre sustratos y fertilizantes a nivel de vivero, para producir plántulas de calidad previo a su establecimiento en campo definitivo que aseguren un correcto desarrollo y un futuro aprovechamiento a largo plazo.

El presente estudio se realizó en un vivero temporal, habilitado al lado del campamento del fundo, entre los meses de abril y julio de 2018. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos tipos de fertilizante de aplicación foliar (QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS), junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL, en la mejora de la calidad de las plántulas de la especie *Pinus tecunumanii* durante su desarrollo en la etapa de vivero. De manera específica, se buscó evaluar el efecto de los diferentes tratamientos aplicados a dichas plántulas a través de los atributos morfológicos (altura, diámetro, biomasa seca aérea y radicular) e índices de calidad (relación biomasa seca aérea y radicular, índice de robustez e índice de calidad de Dickson), es decir determinar la mejor combinación entre sustratos y fertilizantes; además de determinar la viabilidad económica de cada uno de ellos, para así determinar el mejor tratamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE:

2.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El Missouri Botanical Garden (2018) describe a esta especie de la siguiente manera:

Familia: Pinaceae

Especie: *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. Ex Eguiluz & J.P. Perry

Nombre común: Pinabete (Honduras), Pino ocote (Guatemala), Pino rojo (Nicaragua)

Sinonimia: *Pinus patula subsp. tecunumanii* (F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry) Styles;
Pinus oocarpa var. ochoteranae (Martínez).

Descripción botánica (CATIE, 2000):

Forma: Árbol exótico perennifolio con alturas de 40 - 55 m y diámetros de 50 - 120 cm.

Tronco / Ramas: Fuste recto, libre de ramas hasta un 40 - 60 % de su altura. Ramas verticiladas, normalmente delgadas, cortas, extendidas y con escamas decurrentes de color café canela a verdosas

Copa / Hojas: Copa piramidal y rala. Las hojas son acículas de color verde brillante, a veces amarillo-verdosas; en fascículos de cuatro acículas, algunas veces 3 o 5, de 14 - 21 cm de largo y de 0,5-0,8 mm de grueso, flexible, triangulares, con vaina persistente, de 12 - 23 mm de largo, con estomas en las tres caras.

Corteza: La corteza es café rojizo en la base, con placas pequeñas separadas por fisuras poco profundas, de 2 - 5 cm de espesor a la altura del pecho, tornándose lisa, decidua y de tonalidad rojo naranja después de los 3 - 4 m de la base.

Frutos: Conos café claro, solitarios en pares de manera general, ocasionalmente en racimos de 2 o 3, duros, estrechamente conoidales, poco brillantes, de 4 - 9 cm de largo y 3 - 6 cm de

ancho, con péndulo delgado de hasta 2 cm de largo, persistente, escamas angostas con apófisis alzados.

Semillas: Color café claro, jaspeadas y puntiagudas, de 4,5 - 6,5 mm de largo y 2,4 - 3,3 mm de ancho con ala articulada, color café claro con rayas oscuras, membranosa y muy quebradiza, de 7,5 - 12,5 mm de largo y 4,5 - 6 mm de ancho.

Distribución geográfica: Según Dvorak *et al.* (2001), su distribución abarca desde las tierras altas del centro de Chiapas (17° 02' N), en México, hasta la parte central de Nicaragua (12° 42' N), con una distancia aproximada de 1 000 km. Además, los autores mencionan que la procedencia de esta puede dividirse en general en dos grupos en su ambiente original. Dos subpoblaciones grandes basadas en sutiles diferencias morfológicas de adaptabilidad: Las procedencias de altitudes elevadas, las que se dan aproximadamente entre los 1 500 y 2 900 m de altura; mientras que las procedencias de altitudes bajas se encuentran entre los 450 y los 1 500 m de altitud.

Germinación: La germinación es de tipo epigeo y se inicia a los ocho días de la siembra, finalizando de 15 a 17 días después. Se recomiendan sustratos moderadamente ácidos (pH 5,5 - 6,0) y proporcionar sombra durante los primeros días después del trasplante o de la germinación. Según Llanos (2006) la germinación se da entre 8 a 15 días en cajas de germinación.

Ecología: Parece estar determinada por la geología y la precipitación, alcanzando una altura óptima para el sembrado en 4 meses con ocurrencia en sitios de suelos moderadamente fértiles y profundos, ligeramente ácidos a neutros (pH 4,8 - 7) y bien drenados, con precipitaciones de 790 a 2 200 mm y temperaturas de 14 a 25 °C. Puede crecer tanto en áreas donde llueve a lo largo de todo el año como en sitios con estaciones secas de hasta seis meses. Se le encuentra frecuentemente en los valles fértiles o cañones de los ríos, formando pequeños rodales puros o en mezcla con *Pinus oocarpa*; en tierras más altas tiende a fusionarse con *Pinus maximinoi* y bosques de latifoliadas. En sitios más bajos puede encontrarse en mezcla con *Pinus caribaea* menores a 700 msnm.

2.1.2. CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE LA ESPECIE

Según CATIE (2000) en lo que respecta a:

Tratamiento pre-germinativo: Para lograr una germinación uniforme se recomienda sumergir las semillas en agua limpia 12 horas antes de la siembra.

Sustrato: Para el mejor desarrollo de la especie requiere sustratos moderadamente ácido (pH de 5,5 a 6,0). Es fundamental inocular el sustrato con micorrizas, ya que de lo contrario las plántulas no desarrollarán bien y se volverán amarillentas y débiles.

Siembra: Las semillas se pueden sembrar en cajas de arena para trasplante posterior o siembra directa en bolsas.

Riego: Se debe mantener el sustrato húmedo durante la germinación, sin exceso o deficiencia de agua, utilizando implementos de gota muy fina o nebulización para que no se destape la semilla.

Luz: Es importante proporcionar sombra durante los primeros días después de la germinación.

Problemas fitosanitarios en vivero: En los viveros son comunes los hongos que causan el mal del talluelo (damping off). Además, algunos insectos se alimentan de las plántulas jóvenes, tal es el caso de la mariposa *Rhyacionia spp.* que causa daño a las yemas terminales.

Tiempo en vivero: Las plántulas están listas para ser plantadas en el sitio definitivo una vez que alcancen de 25 a 30 cm de altura, lo que tarda de 5 a 6 meses (150 a 180 días).

Porcentaje de Germinación: En suelos ligeramente ácidos con pH de 4,5 a 5,5; con temperatura de 12 a 22 °C y una precipitación de 1 800 a 2 400 mm al año; el porcentaje de germinación es de 60 - 90 %.

2.2. NUTRICIÓN VEGETAL, NUTRICIÓN MINERAL Y ELEMENTOS ESENCIALES

Las plantas obtienen el carbono (C), el oxígeno (O) y el hidrógeno (H) que necesitan del agua y del aire mediante su función clorofílica y los procesos de respiración y transpiración; el resto de los elementos minerales que precisan son absorbidos del suelo a través de su sistema

radicular, por lo cual es necesario mantener en él, un contenido suficiente de estos elementos en las cantidades correspondientes (Gil-Albert, 2012).

2.2.1. POR SUS RAÍCES

Las raíces hacen mucho por las plantas. Proporcionan soporte físico, absorben el agua y los nutrientes, almacenan carbohidratos durante estaciones frías o secas y producen hormonas. Las raíces más gruesas cercanas al tronco del árbol, llamadas raíces proximales, ayudan a fijar la planta y poseen tejidos de transporte; mientras que las raíces finas toman el agua y los nutrientes (Noordwijk *et al.* 1994).

Pritchett (1990) citado por Llanos (2006) refiere que las raíces de las plantas constituyen el nexo entre la planta y el suelo. Las raíces constituyen el sistema de fijación para los árboles y efectúan las funciones vitales de la absorción y transporte del agua y sus sustancias nutritivas. Ejercen una influencia significativa sobre el desarrollo del perfil del suelo y, al morir, las raíces enriquecen la materia orgánica del suelo.

2.2.2. POR SUS ÓRGANOS VERDES AÉREOS

Según Llanos (2006) no solo las raíces son capaces de absorber los elementos nutritivos. Las hojas y los restantes órganos aéreos (corteza de los árboles) pueden también absorber directamente estos elementos a través de sus tejidos superficiales. En la práctica se utiliza esta facultad haciendo pulverizaciones nutritivas muy diluidas en el curso de la vegetación.

Los estudios agronómicos indican que las hojas pueden actuar como superficies para la absorción de fertilizantes foliares y muchos otros productos sistémicos. La efectividad varía con la especie y las sustancias involucradas, y la duración del proceso de absorción fluctúa en un amplio rango. Contrario a la mayoría de las suposiciones, el grosor de la cutícula no parece ser el factor determinante de la permeabilidad de las hojas, ni parece estar relacionado con el régimen hídrico del ambiente. Los resultados más bien indican que la composición química de la cutícula es otra variable determinante de la absorción foliar de agua y de solutos (Meléndez *et al.*, 2002).

Según Sanz *et al.* (1995), la superficie de la hoja en los vegetales está cubierta por una capa fina, extracelular y predominantemente lipídica denominada genéticamente cutícula, cuya principal función es proteger e impermeabilizar la hoja. Estructuralmente los lípidos en la cutícula se pueden separar en dos grandes grupos o clases: polímeros de elevado peso

molecular (llamados “lípidos”) y moléculas solubles de cadena larga (llamadas “ceras epicuticulares”). Estas ceras de estructura cristalina, que se encuentran en contacto directo con la atmosfera, tienen vital importancia en algunos procesos fisiológicos (Baker, 1982 citado por Sanz *et al.*, 1995), especialmente en los que implican intercambios gaseosos y cualquier tipo de control hídrico en el que interviene la parte aérea de árbol.

2.2.3. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES MINERALES

Según Balta *et al.* (2015), en la planta, la absorción puede darse vía activa con gasto energético a través de la respiración o por vía pasiva sin gasto energético, la misma que no depende de la actividad fisiológica del vegetal. El contenido mineral de las plantas también depende con la edad del tejido. Las plantas y los tejidos más jóvenes contienen más N, P y K.

El N, P, K y el agua son considerados como los principales factores limitantes del crecimiento, el desarrollo, y finalmente del rendimiento económico de los cultivos. El Nitrógeno (N) puede absorberse como NO_3^- (nitrato) y como NH_4^+ (amonio), dependiendo de la preferencia de la planta. Mas del 50 % del N de la planta se halla en proteínas y ácidos nucleicos, el resto en moléculas solubles orgánicas como aminoácidos, amidas y aminas; con distintas funciones como coenzimas, osmolitos, etc.; o inorgánicas como nitrato y amonio (Parry *et al.* citado por Barrera *et al.*, 2010).

El nitrógeno es uno de los constituyentes de mayor importancia en la planta, encontrándose contenido en tejidos vegetales de 2 - 4 % de materia seca; el resto 80 - 85 % corresponde a las proteínas y 10 % a los ácidos nucleicos. Se usa ampliamente en la síntesis de proteínas, pero estructuralmente es una parte de la molécula de clorofila, muchas proteínas son enzimas y por lo tanto el papel del nitrógeno puede ser considerado tanto estructural como metabólico. Su deficiencia se manifiesta en clorosis de hojas y necrosis prematura y su exceso en un aumento de follaje y disminución de frutos y del desarrollo de la raíz (Tisdale, 1991 citado por Berrios, 2007).

El fosforo (P) se toma del suelo como ion fosfato, preferentemente como H_2PO_4^- en suelos acidos y en su forma divalente $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ en suelos básicos. Permanece como fosfato formando esterres en los ácidos nucleicos o en moléculas estructurales como los fosfolípidos y como nucleótido, ATP, UDP, GTP, siendo clave en todo el metabolismo. La deficiencia provoca enanismo y retraso en la madurez. En exceso provoca un gran desarrollo radicular (Kovacic *et al.* y Xiang-wen citados por Barrera *et al.*, 2010).

La deficiencia de fósforo al igual que el nitrógeno, por ser un elemento que participa prácticamente en todos los procesos importantes del metabolismo de la planta, tiene una fuerte influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los síntomas más característicos de la deficiencia de este elemento son la coloración anormal de las hojas presentando un tono oscuro azul verdoso con tintes bronceados o purpúreos visibles. En consecuencia, de la reducción de la síntesis de proteínas, con el incremento relativo de azúcares que favorecen la síntesis de antocianina en las hojas; además se observa una acusada reducción del desarrollo, especialmente en el crecimiento que se hace lento y con maduración más tardía. En casos más graves se marchita la planta (Domínguez, 1997 citado por Berrios, 2007).

El Potasio (K) se toma en forma catiónica. Es el catión más abundante de la vacuola y el principal osmolito de la planta. Además, es activador de más de 50 sistemas enzimáticos (oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasa, quinasas, etc.) en los que interviene en el cambio conformacional de la apoenzima. Su deficiencia se traduce en debilidad del tallo, mayor sensibilidad al ataque por patógenos y retraso del crecimiento por pérdida de turgencia. Su exceso puede interferir en la absorción y disponibilidad de otros cationes como el Ca^{2+} o el Mg^{2+} . El N, estimula el crecimiento de tallos y hojas además de la producción de proteínas en frutas y granos, y ayuda a que la planta utilice otros nutrientes como P y K. El P, promueve el desarrollo de raíces y ayuda a desarrollar resistencia a enfermedades. El K fomenta la fotosíntesis mediante la activación de numerosas enzimas, mejora la eficiencia en el consumo de agua, translocación de carbohidratos y síntesis de proteínas (Kovacik *et al.* y Xiang-wen citados por Barrera *et al.*, 2010).

Salas (2002) citado por Balta *et al.* (2015), sostiene que, para cada nutrimento, el patrón de distribución, la proporción y extensión del reciclaje y removilización varía enormemente con el nutrimento, las condiciones ambientales, el estado nutricional de la planta, la especie y el estado de desarrollo.

Tabla 1: Función de los elementos nutritivos de las plantas

Elementos	Símbolo	Iones absorbidos por la planta	Funciones fisiológicas principales	Concentración mediana en la planta (ppm/kg de hojas secas)
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	Es componente de aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, clorofilas y muchas hormonas de la planta.	15 000
Fosforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ⁻²	Para la transferencia de energía, componente de ácido nucleico, de nucleoproteínas, de fosfolípido y el azúcar fosfórico.	2 000
Potasio	K	K ⁺	Es el catión más importante en la célula. Indispensable durante la síntesis de la proteína, necesario para mantener la organización celular y mantenimiento de la hidratación	10 000
Calcio	Ca	Ca ⁺	Para la composición de lamela y la partición primaria. La activación de algunas enzimas.	5 000
Magnesio	Mg	Mg ⁺²	Es componente de clorofila, activador de la enzima de la fotosíntesis y para la síntesis de aminoácido. Esencialmente para el mantenimiento de la organización y funcionamiento de los ribosomas	2 000
Azufre	S	SO ₄ ⁻²	Es componente de algunas proteínas y enzimas	1 000
Hierro	Fe	Fe ⁺² Fe ⁺³	No es un componente de clorofila, pero es esencial para su síntesis. Es un componente de citocromo y metaloproteínasa (la enzima). Presente en la ferredoxina, una sustancia importante para la fotosíntesis.	100
Manganeso	Mn	Mn ⁺²	Es activador de la oxidación de enzima indispensable para la síntesis de la clorofila. La deficiencia afecta la estructura de cloroplastos.	50
Zinc	Zn	Zn ⁺²	La síntesis para un precursor de auxina, activador para algún traslado de la enzima de fosfato y muy importante para la síntesis de la proteína.	20
Cobre	Cu	Cu ⁺ Cu ⁺²	Es componente de la oxidación de las enzimas para la reducción de oxígeno, requisito para la síntesis de la clorofila y durante la fotosíntesis	6
Boro	B	BO ₃ ⁻² B ₄ O ₇ ⁻²	Para a síntesis de Uracilo (el componente de ARN), influencia en la concentración de regulador de crecimiento y traslocación de azúcar.	20
Cloro	Cl	Cl ⁻	Necesario para la evolución de oxígeno en el proceso de la fotosíntesis	100
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ⁻²	Cumple una función importante en la transformación del nitrato.	0,1

Fuente: Adaptado de Thivierge y Seito (2005) citado por Terán (2018)

2.2.4. FERTILIZACIÓN FOLIAR

Según Meléndez y Molina (2002) las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en agua, de una manera más rápida que por el método de aplicación al suelo. Los nutrimentos penetran en las hojas a través de las estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos.

Los nutrimentos se absorben por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50 % de lo aplicado penetre en la planta. Los demás elementos requieren tiempos diferentes y se destaca el fósforo por su lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50 % sea absorbido (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Velocidad de absorción foliar de los principales elementos nutritivos de las plantas

Elemento	Símbolo	Tiempo para que se absorba el 50 % del producto (minutos)
Nitrógeno	N	30 – 120
Fosforo	P	7 200 – 14 400
Potasio	K	600 – 1 440
Calcio	Ca	1 440 – 2 880
Magnesio	Mg	120 – 300
Azufre	S	11 520
Manganeso	Mn	1 440 – 2 880
Zinc	Zn	1 440 – 2 880
Molibdeno	Mo	14 400 – 28 800
Hierro	Fe	14 401 – 28 800

Fuente: Adaptado de Bertsch (1995) citado por Meléndez y Molina (2002)

Una vez que se ha realizado la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando varias vías tales como la corriente de transpiración vía xilema, las paredes celulares, el floema y los espacios intercelulares. La principal vía de translocación de nutrimentos aplicados al follaje es el floema. El movimiento de célula a célula ocurre a través del protoplasma, por las paredes o espacios intercelulares. El movimiento por el floema se inicia desde la hoja donde se absorben y sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares donde se utilizan o almacenan dichos compuestos.

En consecuencia, las soluciones aplicadas al follaje no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta tanto no se produzca movimiento de sustancias orgánicas producto de la fotosíntesis.

2.2.5. ABSORCIÓN FOLIAR DE LOS FERTILIZANTES

La penetración de nutrimentos en la superficie de las hojas y demás partes aéreas de las plantas está regulada por las células epidermales de las paredes externas de las hojas. Estas paredes están cubiertas por una capa de ceras, pectinas, hemicelulosa y celulosa que protegen a la hoja de una excesiva pérdida de solutos orgánicos e inorgánicos por la lluvia. Esta capa cuticular actúa como un débil intercambiador catiónico producto de la carga negativa atribuida a las sustancias péctidas y a los polímeros de cutina no esterificados. Una gradiente de carga se produce en esta capa cuticular de la parte externa hacia el interior de pared, permitiendo la penetración de iones a lo largo de la gradiente, favoreciendo la efectividad de aplicación foliar y controlando las pérdidas por lixiviación (Yamada *et al.* 1964 citado por Meléndez y Molina, 2002).

La penetración de nutrimentos a través de la hoja es afectada por factores externos tales como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. Así como también, por factores internos como la actividad metabólica. El grosor de la capa cuticular varía enormemente entre especies de plantas y es también afectado por factores ambientales, tal es el caso de comparar plantas que crecen a la sombra con aquellas a plena luz (Takeoka *et al.* 1983 citado por Maschner 1995 citados por Meléndez y Molina, 2002).

Meléndez y Molina (2002) también mencionan que la proporción de penetración de un nutrimento a través de la hoja también depende del estado nutricional de la planta. Además, la capacidad de absorción por la hoja disminuye con la edad de esta, debido a una disminución en la actividad metabólica, a un incremento en la permeabilidad de la membrana y a un aumento en el grosor de la cutícula. La toma de nutrimentos por la hoja es también afectada por la luz; durante el día, conforme aumenta la temperatura ambiente se produce una disminución en la humedad relativa lo que produce una evaporación más rápida del agua y el secado de la solución que se aplica foliarmente.

2.3. FERTILIZANTES

2.3.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS PREVIOS

Llanos (2006) realizó un estudio en campo durante 6 meses para la especie *Pinus tecunumanii* utilizando fertilizantes no tradicionales, destacando el AGriphos Ca y los enraizadores a base de compuestos orgánicos con los que consiguió un significativo aumento en el diámetro, la altura y una mayor acumulación de biomasa foliar y radicular que el tratamiento control. Además de un aumento en la disponibilidad de los diferentes nutrientes como P, así como los cationes cambiabiles como K, Ca y Mg mejorando de manera significativa la fertilidad de la capa arable del suelo.

Terán (2018) trabajó con la misma especie pero a nivel de vivero, utilizando fertilizantes de liberación controlada aplicados directamente al sustrato en el que se desarrollaban las plántulas de la especie, en la que destaco al fertilizante Plantacote Plus 6M ya que presenta en la mayoría de los atributos morfológicos (altura y diámetro del cuello de la plantas) e índices de calidad (índice de robustez, relación BSA/BSR, e índice de Dickson) mejores promedios frente a las fertilizadas con Basacote Plus 6M en ambos tipos de contenedores (bolsa y tubete) con los que trabajó. Ambos fertilizantes tienen una formulación de N - P - K con el agregado de S y Mg más micronutrientes; Basacote (16 - 8 - 12) y Plantacote (14 - 9 - 15).

2.3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS FERTILIZANTES A UTILIZAR

a. QUIMIFOL P680 PLUS

Según Química Suiza (*s.f.*) es un fertilizante foliar en polvo totalmente soluble, con un alto contenido en fósforo, hierro, cobre y vitamina B. Es indicado para todas las plantas durante el crecimiento vegetativo, durante la prefloración y hasta el engrosamiento de los frutos (mezclado con boro).

También ayuda al desarrollo radicular; además de rebalancear el crecimiento de la planta después de un tratamiento excesivo con nitrógeno. Asimismo, se ha notado que produce efectos positivos en la preservación de los frutos.

La vitamina B, es un cofactor enzimático que activa las enzimas dormantes (apoenzimas), que promueven una mejora de todos los procesos fisiológicos internos (fotosíntesis, respiración, translocación, síntesis de proteínas, lípidos carbohidratos, ácidos nucleicos, etc.), formando a su vez grupos reductores que disminuyen los agentes oxidantes que dañan los tejidos internos

de la planta. Esta vitamina activa también, el crecimiento y/o renovación del sistema radicular, lo que permite un mejor aprovechamiento del agua y de los nutrientes disponibles en el suelo, mejorando el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Recomendación de uso: En las fases iniciales del cultivo (plantas tiernas) y en plantas cercanas a la floración para favorecer la fecundación.

b. QUIMIFOL N510 PLUS

Según Química Suiza (*s.f.*) es un fertilizante foliar en polvo totalmente soluble, con un alto contenido de nitrógeno, zinc y vitamina B. Puede ser usado en altas dosis sin incurrir en efectos colaterales tóxicos debido a que el 31 % del nitrógeno es ureico, el cual posee un bajo balance biurético (0,2 %) en su fórmula.

También contiene vitamina B, señalado líneas arriba en la descripción de QUIMIFOL P680 PLUS.

Recomendación de uso: En los primeros estadios del crecimiento vegetativo o en los estadios pre-vegetativos. Cuando la planta sufre estrés debido a bajas temperaturas o para neutralizar los efectos negativos de un uso incorrecto de herbicidas. En la fase de mayor crecimiento vegetativo en todos los cultivos.

c. AGROSTEMIN – GL

Es un extracto natural de algas frescas *Ascophyllum nodosum* que no contiene ningún aditivo artificial (100 % natural). Contiene protohormonas naturales encapsuladas en proteínas específicas (protohormonas glycosilicadas) que promueven, dentro de la planta, la liberación natural de auxinas, giberelinas y citoquininas en forma balanceada, permitiendo una eficiente autorregulación en la disponibilidad de hormonas y corrigiendo cualquier deficiencia que afecta los diferentes procesos fisiológicos de diferenciación (Química Suiza, *s.f.*).

2.4. CONTENEDORES

Según Buamscha *et al.* (2012), la elección del contenedor es una de las consideraciones más importantes al establecer un vivero o empezar a producir una especie nueva. El tipo y tamaño de contenedor no solo determina la cantidad de agua y nutrientes minerales que están disponibles para el crecimiento de una planta, sino que también afecta otros aspectos operativos del vivero.

El volumen del contenedor controla la cantidad de raíces que la planta puede producir, lo cual, a su vez, determina que tan largo puede producirse el tallo en un tiempo determinado. De forma adicional, el tamaño de la “cavidad” del contenedor limita la humedad y las reservas de nutrientes minerales que posteriormente serán tomados en el sitio de plantación (Ritchie *et al.* 2010).

En general el contenedor adecuado para los trabajos en vivero es aquel que permite producir planta al menor costo, en el menor tiempo posible y que las características morfológicas y fisiológicas de la planta le permitan perdurar en el sitio de plantación (Prieto *et al.* citado por Sánchez, 2014).

2.5. SUSTRATOS

La mayoría de los sustratos que existen, son una mezcla de uno o varios componentes, pero las propiedades físicas y químicas del medio resultante no siempre son iguales a la suma de las partes. Las funciones del sustrato en una producción de plantas en vivero cumplen varias funciones; entre ellas se destacan: proporcionar agua, suministrar nutrimentos, permitir el intercambio de gases desde y hacia las raíces y proporcionar soporte a las plantas. Algunos materiales en forma individual pueden proveer las cuatro funciones antes indicadas, pero no el nivel apropiado de cada una de ellas. La arena, por ejemplo, permite un adecuado soporte e intercambio de gases, pero presenta insuficiente retención de humedad y nutrimentos (Meléndez y Molina, 2002).

2.5.1. TIPOS DE SUSTRATOS

Picón (2013) citado por Alonzo (2018) indica que de acuerdo a sus propiedades los sustratos se dividen en:

- Sustratos químicamente inertes: Son los que actúan como soporte de la planta y no intervienen en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Son sustratos químicamente inertes la Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- Sustratos químicamente activos: Sirven de soporte a la planta, pero actúan a su vez como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal. Son sustratos

químicamente activos las Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Y de acuerdo a el origen de sus materiales, los sustratos se pueden clasificar en:

- Materiales orgánicos:
 - De origen natural: Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
 - De síntesis: Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
 - Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales y otros (INFOAGRO, s.f. citado por Alonzo, 2018).

- Materiales inorgánicos o 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. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica y otros (INFOAGRO, s.f. citado por Alonzo, 2018).
 - Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida y otros (INFOAGRO, s.f. citado por Alonzo, 2018).
 - Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón y otros) (INFOAGRO, s.f. citado por Alonzo, 2018).

2.5.2. PROPIEDADES DE UN SUSTRATO ÓPTIMO PARA EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS EN CONDICIONES DE VIVERO

Burés (2002) menciona que no existe un sustrato ideal universal, sino más bien el sustrato ideal particular, es decir que depende de cada usuario ajustar el sustrato de acuerdo a sus necesidades; en general el mejor sustrato sería el que proporcione la máxima cantidad de agua, el mayor volumen de aire, los elementos nutritivos necesario, el anclaje adecuado para las raíces y que, además, no contenga ningún componente que frene el crecimiento de la planta.

Según García (2006) citado por Picón (2013) indica que el principal factor que determina el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y que la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, y a bajo costo.

Alonzo (2018) adaptado de Picón (2013) indica que, para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del sustrato:

a. Propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes según Alonzo (2018) adaptado de Picón (2013) son:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción.

Según Burés (2002) las propiedades físicas más importantes de los sustratos para su utilización en el cultivo en contenedor: por una parte, una elevada capacidad de retención de agua, y de forma simultánea, una elevada capacidad de aireación.

b. Propiedades químicas

Las propiedades químicas más importantes según Alonzo (2018) adaptado de Picón (2013) son:

- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

Para Burés (2002) en la práctica comercial se suelen utilizar el pH y la salinidad como indicadores de calidad de un sustrato, además de la conductividad eléctrica que indica de una manera aproximada la concentración de sales en la solución del sustrato.

Según Gallo y Viana, (2005) citados por Picón (2013); en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 6,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

Picón (2013) menciona que el efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz.

c. Otras propiedades

Alonzo (2018) adaptado de Picón (2013) indica que otras propiedades importantes en un sustrato son:

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos, otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.

- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

Para Burés (2002) las propiedades biológicas, que provienen mayormente de la presencia de materia orgánica, también son importantes en un sustrato, ya que la materia orgánica en un sustrato actúa como un reservorio dosificador de nutrientes, además de presentar múltiples características beneficiosas para el cultivo.

2.6. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E ÍNDICES DE CALIDAD DE LAS PLANTAS

2.6.1. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

Según Sáenz (2010) los atributos o caracteres morfológicos cuantitativos que se han utilizado comúnmente para predecir el desempeño en campo de los plántones ha sido la altura, el diámetro del tallo (en el cuello de la raíz) y la biomasa aérea y radicular de la planta.

a. Altura

Es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no para la supervivencia; este parámetro se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real (Mexal y Landis, citados por Sáenz, 2010).

b. Diámetro

Numerosos estudios han demostrado la importancia del diámetro del cuello de los plántones para predecir su supervivencia en plantación, independientemente del sistema de producción: bolsas de polietileno, raíz desnuda o contenedores. Sin embargo, bajo circunstancias inusuales, si los plántones se mantienen demasiado tiempo en el envase, tendrán grandes diámetros, pero con raíces muy compactadas y enredadas. Este hecho puede reducir la supervivencia, así como el crecimiento durante el primer año (Hines y Long, South *et al.* citado por Mexal, 2012 citados por Sáenz *et al.*, 2010).

c. Biomasa seca aérea y radicular (BSA y BSR)

El peso seco de la biomasa aérea y radicular de la planta tiene una alta correlación con la supervivencia en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo o cuello de la raíz. También, el diámetro está fuertemente correlacionado con el peso de la parte aérea y del sistema radicular. El peso seco es un indicador efectivo cuando se relaciona el peso seco de la

parte aérea con el peso seco del sistema radicular (Thompson, Vera, Mexal y Landis, citados por Terán, 2018).

Cobas (2001) citado por Sáenz *et al.* (2010) indica que el factor determinante para la supervivencia de las plantas en campo definitivo es el peso seco radicular, más que el peso seco de la parte aérea, ya que este atributo predice mucho mejor la supervivencia.

El exceso o deficiencia de agua en el suelo limitan el crecimiento y funcionamiento de las raíces, pero si la deficiencia hídrica es prolongada y el contenido de agua en el suelo se aproxima al porcentaje de agotamiento permanente, se interrumpe el crecimiento de las raíces (Kramer, 1989).

2.6.2. ÍNDICES DE CALIDAD

a. Índice de robustez (IR)

Relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm), es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. Su valor debe ser menor a 6. Un valor inferior indica una mejor calidad de la planta, arboles más robustos, bajos y gruesos es son más aptos para sitios con limitación de humedad; valores superiores a 6 sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados; describen ejemplares más vulnerables a daños por viento, sequía y heladas (Prieto *et al.* y Rodríguez citados por Sáenz, 2010).

b. Relación biomasa seca aérea y radicular (Relación BSA/BSR)

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una relación BSA/BSR igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez citado por Sáenz *et al.* 2010). Sin embargo, comúnmente la relación es mayor a 1, dado que el tamaño del tallo con frecuencia supera al sistema radicular (Ritchie *et al.* 2010).

Una buena relación BSA/BSR debe fluctuar entre 1,5 - 2,5, pues el cociente de esta relación no debe ser mayor a este último valor, en particular cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema

radicular insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Thompson citado por Sáenz *et al.* 2010).

c. **Índice de calidad de Dickson (ICD)**

Se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Birchler *et al.* 1998). Según García citado por Sáenz *et al.* (2010) es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor. Sin embargo, para Mexal (2010) citado por Terán (2018) no hay una mejora en la predicción de calidad, por lo que recomienda aplicar mejor el índice de robustez, como relación que predice mejor la supervivencia y el buen crecimiento cualquiera sea el ambiente de plantación.

En abeto y pino, se determinó que un ICD inferior a 0,15 podría significar problemas en el establecimiento en campo y se recomienda un valor de ICD de 0,2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones (García citado por Sáenz *et al.* 2010)

Rueda *et al.* (2011) citado por Terán (2018) clasificó la calidad de los plantones producidos para 8 viveros en la región de Jalisco en México de acuerdo a los estándares sugeridos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2009) adaptado por Sáenz *et al.* (2010) con aportaciones de Santiago *et al.* (2007) para especies forestales de coníferas y latifoliadas.

Estos estándares fueron modificados por Sáenz *et al.* en el 2013 citado por Terán (2018) para las evaluaciones realizadas en coníferas no cespitosa, tales como *Pinus pseudostrobus*, *Pinus greggii* y *Pinus michoacana*, en lo que respecta a los intervalos para la calificación de la calidad de la altura: 15 - 25 cm (calidad alta), 10 - 14,9 cm (calidad media) y < 10 cm (calidad baja). Dichos estándares con esta última modificación realizada el 2013 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Intervalos de calidad para atributos morfológicos

Variable	Tipo de planta	Calidad		
		Baja	Media	Alta
Altura (cm)	Conífera no cespitosa	< 10	10 - 14,9	15 - 25
	Conífera cespitosa	< 4	4 - 4,9	≥ 5
	Latifoliada	< 12	12,0 - 14,9	≥ 15
Diámetro (mm)	Conífera no cespitosa	< 2,5	2,5 - 3,9	≥ 4
	Conífera cespitosa	< 4,5	4,5 - 5,9	≥ 6
	Latifoliada	< 2,5	2,5 - 4,9	≥ 5
Índice de robustez (IR)	Conífera no cespitosa	≥ 8	7,9 - 6	< 6
	Conífera cespitosa	≥ 6	-	< 6
	Latifoliada	≥ 8	7,9 - 6	< 6
Relación BSA/BSR	Todas	≥ 2,5	2,4 - 2	< 2
Índice de calidad Dickson (ICD)	Todas	< 0,2	0,2 - 0,4	≥ 0,5

Fuente: Adaptado de Sáenz et al. (2013) con aportaciones de Santiago et al. (2007) y CONAFOR (2009); BSA (Biomasa seca aérea), BSR (Biomasa seca radicular) citados por Terán (2018).

2.7. VIABILIDAD ECONÓMICA

Según Sobrero (2019) la viabilidad indica lo que puede concretarse, aquello que puede salvar los riesgos, esperables o no, en el recorrido necesario para materializarse. El mismo autor menciona que para el caso de proyectos de inversión la viabilidad se entiende como la capacidad de un proyecto de asimilarse al medio intervenido y transformarlo, en forma sostenible.

En pocas palabras, estudiar la viabilidad económica de un proyecto nos permitirá conocer si este realmente aportara los beneficios que se esperan del mismo, para así determinar si el proyecto es viable o no; siendo una importante herramienta para la toma de decisiones.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó entre los meses de abril de 2018 a julio de 2018 en un vivero temporal habilitado dentro del área de las plantaciones forestales de fundo “El Pino”. Dicha plantación está formada por árboles de la especie *Pinus tecunumanii*, cuyos plantones fueron producidos en Oxapampa, como parte del programa nacional de FONDEBOSQUE, es decir que proceden de los ensayos experimentales con diferentes pinos realizados en el Perú durante los años 1980 a 1982 con el apoyo del Gobierno Alemán (Bockor, 1986 citado por Llanos, 2006), de los que se obtuvo los mejores resultados con la especie *Pinus tecunumanii* (Palomino et al. 1991 citado por Llanos, 2006) por su desarrollo favorable en la zona y su rápido crecimiento en comparación a las especies nativas.

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE ESTUDIO

3.1.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El vivero temporal se estableció al lado del campamento del fundo, cercano a la única carretera no pavimentada de la zona, ubicado en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco (Ver Figura 1).

3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

Se encuentra ubicado en la jurisdicción del distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa, en el departamento de Pasco. El distrito de Huancabamba se encuentra en las siguientes coordenadas:

- Latitud: 10° 35' 39"
- Longitud: 75° 23' 3"
- Altitud: 1 850 msnm

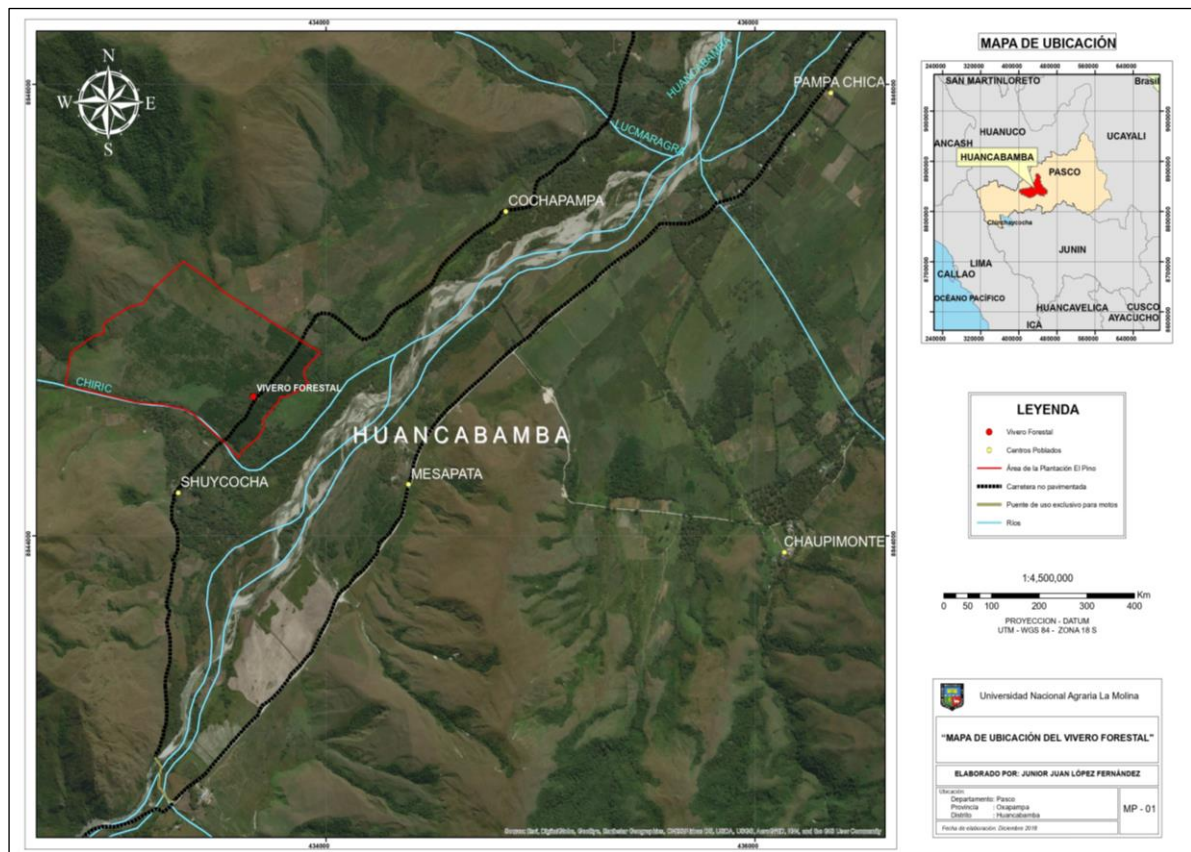


Figura 1: Mapa de ubicación del vivero temporal dentro del área de las plantaciones de fundo “El Pino”

3.1.3. ACCESIBILIDAD

Para acceder al lugar donde se realizó el estudio se llega por vía terrestre en vehículo automotor aproximadamente a una hora y 20 minutos desde el terminal terrestre “Pampón verde” cercano a la plaza de armas del distrito de Oxapampa.

3.1.4. CLIMA

El área donde se realizó el estudio presenta las siguientes características: La temperatura oscila entre 7 °C como mínima y 27,6 como máximo. La humedad relativa fluctúa entre 80 % y 100 % (Senamhi, 2016).

Las lluvias son caracterizadas por tener dos estaciones bien marcadas: húmeda y seca; la época húmeda ocurre en el periodo de octubre a abril, y tiene un promedio de 1 086 mm de precipitación, mientras en la época seca que es de mayo a septiembre con un promedio de 256 mm. La neblina y la nubosidad son constantes (Brack, 1984).

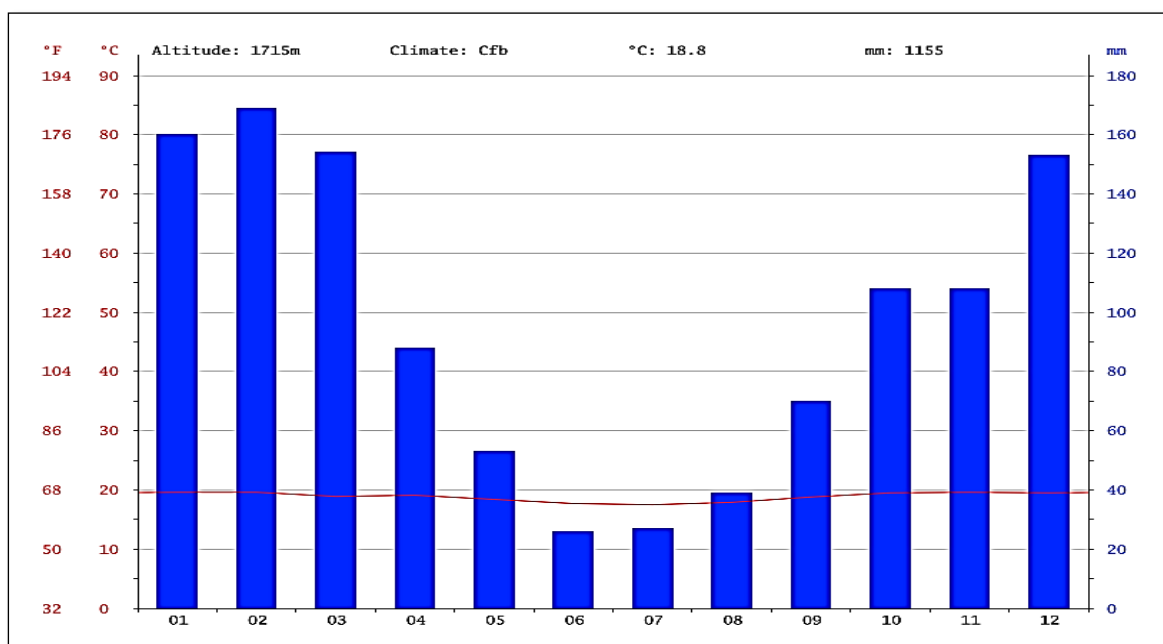


Figura 2: Climograma del distrito de Huancabamba

Fuente: CLIMATE-DATA.ORG

En el climograma se puede apreciar que la época con mayor precipitación inicia a principios de diciembre y termina a finales de marzo. La época con menor precipitación, es decir la época seca, se da entre los meses de mayo a septiembre. El mes más seco es junio, con 26 mm de precipitación. La mayor precipitación se da en febrero. El mes de enero es el más caluroso del año con un promedio de 19,6 °C y el mes de julio tiene la temperatura promedio más baja del año con un promedio de 17,5 ° C. En general, el clima en Huancabamba es cálido y templado.

La “Estación Meteorológica Oxapampa”, situada a 29 km del vivero, cuya ubicación se detalla en la Tabla 4, además en la Figura 3, se aprecia la distribución espacial de la estación. Siendo la estación meteorológica más cercana al lugar de estudio.

Tabla 4: Ubicación de estación meteorológica

Estación	Coordenadas UTM (WGS-84)		Altitud (msnm)
	Norte	Este	
Oxapampa	8 828 867	457 975	1 850

Fuente: SENAMHI (2019)

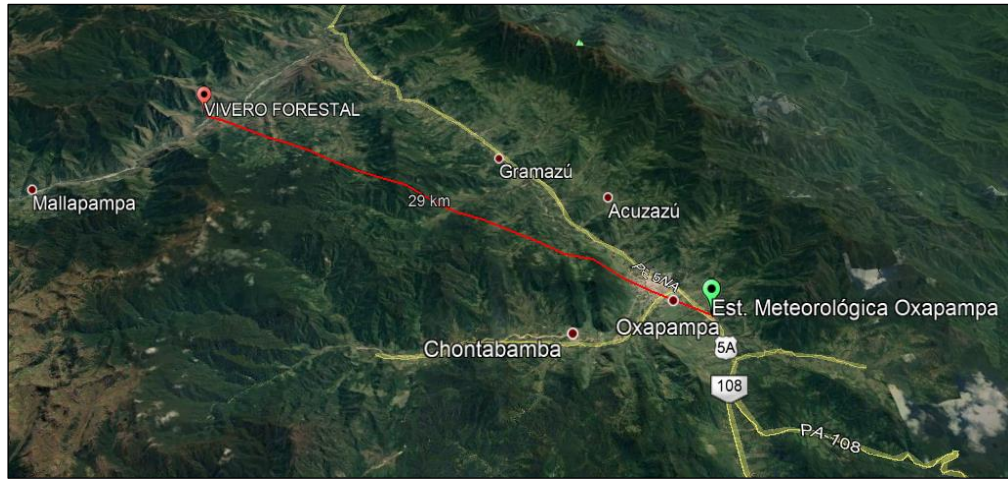


Figura 3: Vista satelital de ubicación de estación meteorológica y vivero forestal

Fuente: SENAMHI (2019)

El presente estudio se realizó entre los meses de abril 2018 a julio 2018, las variables climáticas registrados durante este período y bajo las cuales se desarrollaron las plántulas se pueden ver a detalle en el Anexo 8.

3.1.5. FISIOGRAFÍA

Se encuentran desde laderas de pendientes mayores al 75 % hasta áreas de fondos de valle y terrazas altas (Gálvez, 2003 citado por Llanos, 2006).

3.1.6. ZONA DE VIDA

Según Brack (1984) esta localidad pertenece a la zona de vida de bosque húmedo montañoso. A lo largo de los distritos de Oxapampa, Chontabamba, Huancabamba y Pozuzo (entre los 1 800 a 2 000 msnm), encontramos las zonas de vida: bosque húmedo montano bajo tropical y bosque muy húmedo montano bajo tropical (Municipalidad Provincial de Oxapampa, 2009).

3.1.7. SUELO

En Oxapampa la mayoría de los suelos son profundos, sin embargo, algunas áreas presentan suelos superficiales. La capa arable de la mayoría de las laderas exhibe aceptables propiedades físicas y en algunos casos alto nivel de materia orgánica, pero predominan los suelos de fertilidad natural baja (Gálvez, 2003 citado por Llanos, 2006).

3.2. MATERIALES

Los materiales, insumos, herramientas y equipos que se utilizaron en las diferentes etapas del presente estudio se describen en la Tabla 5.

Tabla 5: Materiales, insumos, herramientas y equipos

I. ETAPA DE CAMPO

a. Insumos y materiales para la elaboración de los sustratos

Turba Klamix 45M (Bolsa por 1 kg)
Tierra natural del área de estudio (Bolsa por 7 kg)
Arena blanca (Bolsa por 7 kg)
Cernidor o zaranda
Costales

b. Materiales y herramientas para la elaboración del vivero

Pala redonda
Pico punta y pala
Rastrillo (120 cm)
Cinta métrica (30 m)
Clavos de 2 pulgadas (1 kg)
Malla ratchel 35 % de sombra (1 m)
Alambre galvanizado
Martillo
Carretilla (20 L)
Escoba de plástico
Viga madera Pino americano 2" x 3" x 16'

c. Materiales y herramientas para el acondicionamiento de las semillas previo al sembrado

Malla en rejillas (1 m)
Grapas de 2 pulgadas (1 kg)
Tubetes de polipropileno 115 cm³ o 115 ml (Paquete de 100 unidades)
Clavos de 2 pulgadas (1 kg)
Bomba aspersora (2 L)
Semillas de Pino (1 kg)

d. Materiales y herramientas utilizados para la aplicación de los tratamientos

AGROSTEMIN GL (frasco de 1 L)
QUIMIFOL P680 (bolsa de 1 kg)
QUIMIFOL N510 (bolsa de 1 kg)
Balanza digital de 2 kg
Par de guantes

e. Herramientas utilizadas para la evaluación de las plántulas

Libreta de campo
Pie de rey o vernier (6 pulgadas)
Regla de 30 cm (12 pulgadas)

f. Herramientas y materiales utilizadas para la recolección de la muestra de suelo y traslado de las plántulas a Lima

Bolsa Ziploc (Pack de 25 bolsas)

Pala recta

Bolsas de papel (Pack de 100 bolsas)

II. ETAPA DE GABINETE

Laptop

Cámara fotográfica de 12 megapíxeles

USB

Útiles de escritorio

Calculadora científica

Estufa de secado

3.3. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación es del tipo experimental. Para el presente estudio se realizaron las siguientes actividades:

3.3.1. DEFINICIÓN E INSTALACIÓN DEL VIVERO TEMPORAL

Para establecer el vivero temporal, se despejó un espacio aledaño al campamento, el cual se dejó libre de todo tipo de maleza, residuos sólidos o hojarasca; habilitando un espacio donde se procedió a la instalación del vivero. Los materiales utilizados para la instalación fueron obtenidos del lugar con excepción de la malla ratchel de 35 %, los clavos y las grapas que se compraron en un punto de ventas en la ciudad de Oxapampa.

En esta etapa también se habilitó las mallas en rejillas, un armazón rígido para sostener los tubetes, y con una altura que facilitó el riego.

Antes de continuar con la siguiente etapa se determinó el número total de plántulas a producirse según el diseño estadístico, que para el presente trabajo de investigación al ser: 4 tipos de sustratos (S1 o Testigo, S2, S3 y S4) y 4 tipos de fertilización (F1, F2, F3 y F4 o Testigo); que al combinarse implicó que sean en total 16 tratamientos y al ser 10 repeticiones por tratamiento se necesitaron un total de 160 plántulas para el estudio.

Para la obtención de las plántulas se realizaron las siguientes actividades que se detallan a continuación.

3.3.2. PREPARACIÓN DE LOS TIPOS DE SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN

La preparación de los diferentes tipos de sustratos (S1, S2, S3 y S4) se realizó con insumos obtenidos en el área de estudio como la tierra propia del lugar y la arena; la excepción fue la turba Klamix 45M, de la empresa Maruplast, que se compró en Lima. Con estos tres insumos, después de un zarandeo, se prepararon los cuatro tipos de sustratos para el presente estudio.

Los diferentes insumos utilizados para la preparación de cada uno de los tipos de sustratos se definieron en base a las propiedades que confieren cada uno de ellos. La turba Klamix 45M fue elegida tanto por sus características (Ver Tabla 13), como por recomendación propia de fundo “El Pino”. Las proporciones de los insumos en cada tipo de sustrato se definieron en base a estudios previos en la especie y otros trabajos con especies forestales en condiciones de vivero.

Los tipos de sustratos que fueron utilizados para el presente estudio se describen en la Tabla 6. Cabe señalar que el sustrato 1 es en el que se vienen desarrollando las plantaciones del fundo “El Pino” actualmente.

Tabla 6: Tipos de sustratos

Sustrato	Descripción
S1	Sustrato conformado por 100 % de tierra propia del área de estudio. (Testigo)
S2	Sustrato conformado por 50 % de tierra propia del área de estudio y 50 % de turba.
S3	Sustrato conformado por 50 % de tierra propia del área de estudio y 50 % de arena.
S4	Sustrato conformado por 50 % de tierra propia del área de estudio, 25 % de turba y 25 % de arena.

Una vez obtenidos los diferentes tipos de sustratos se procedió al acondicionamiento de los tubetes, mediante la desinfección con lejía para eliminar cualquier tipo de impureza o patógeno que pudiera interferir con el correcto desarrollo de las plántulas. Se utilizaron tubetes de polipropileno de 115 cm³.

Se llenaron diez tubetes con cada tipo de sustrato (S1, S2, S3 y S4), es decir 40 tubetes contenían un tipo de sustrato, siendo un total de 160 tubetes, Adicionalmente, en cada tubete se colocó una marca distintiva (S1, S2, S3 Y S4) para poder diferenciar el tipo de sustrato que contenía.

Los tubetes se distribuyeron según croquis de distribución (Ver Figura 4 y 5) en las diferentes parcelas en las que se aplicaron un determinado tipo de fertilización (F1, F2, F3 y F4); hasta esperar la siembra de las semillas.



Figura 4: Distribución de las parcelas con los tubetes al interior del vivero (lado izquierdo y lado derecho)

PARCELA 3: Fertilización 3 (QUIMIFOL N + Agrostemin)								PARCELA 4: Fertilización 4 (Testigo)							
38	31	28	21	18	11	8	1	38	31	28	21	18	11	8	1
39	32	29	22	19	12	9	2	39	32	29	22	19	12	9	2
40	33	30	23	20	13	10	3	40	33	30	23	20	13	10	3
	34		24		14		4		34		24		14		4
	35		25		15		5		35		25		15		5
	36		26		16		6		36		26		16		6
	37		27		17		7		37		27		17		7

PARCELA 2: Fertilización 2 (QUIMIFOL P + Agrostemin)								PARCELA 1: Fertilización 1 (QUIMIFOL N y P + Agrostemin)							
38	31	28	21	18	11	8	1	38	31	28	21	18	11	8	1
39	32	29	22	19	12	9	2	39	32	29	22	19	12	9	2
40	33	30	23	20	13	10	3	40	33	30	23	20	13	10	3
	34		24		14		4		34		24		14		4
	35		25		15		5		35		25		15		5
	36		26		16		6		36		26		16		6
	37		27		17		7		37		27		17		7

Sustrato	Color	Descripción
1		Tierra propia del área de estudio 100 %
2		Tierra propia del área de estudio 50% y turba 50%
3		Tierra propia del área de estudio 50% y arena 50%
4		Tierra propia del área 50%, Turba 25% y Arena 25%

ENTRADA

Figura 5: Croquis de distribución de las parcelas con los tubetes al interior del vivero

Los tipos de fertilizaciones que fueron utilizados para el presente estudio se describen en la Tabla 7.

Tabla 7: Tipos de fertilización

Fertilización	Descripción
F1	Se aplicaron los fertilizantes foliares: QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.
F2	Se aplicó el fertilizante foliar: QUIMIFOL P680 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.
F3	Se aplicó el fertilizante foliar: QUIMIFOL N510 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados con agua.
F4	No se aplicó ningún tipo de fertilizante foliar o bioestimulante. Este tipo de fertilización es el testigo, en el cual solo se aplicó el agua.

3.3.3. TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO

Las semillas de *Pinus tecunumanii* se obtuvieron de árboles seleccionados dentro de la plantación, los cuales presentaron las mejores características con respecto a las variables de altura y diámetro, así como su estado fitosanitario; ya que el propósito del presente trabajo de investigación fue trabajar con material vegetativo propio del área de estudio. Dichos árboles eran de 15 años de edad a más, ya que según el CONAFOR (2009) citado por Sáenz *et al.* (2010) la mayor producción de semillas de esta especie se da en árboles de 15 a 20 años de edad, y son de los que se obtienen las mejores semillas.

El tratamiento pre-germinativo aplicado a las semillas, previo a la siembra, fue el de sumersión en agua durante 12 horas según CATIE (2000).

3.3.4. SIEMBRA

Las semillas se sembraron a una profundidad de 2 - 3 cm, tres semillas por tubete, ya que según CATIE (2000) el porcentaje de germinación de esta especie en condiciones similares es de 60 - 90 %, esto para asegurar que se tengan las 160 plántulas germinadas en el tiempo establecido.

Además, con la finalidad de determinar que se estuvo trabajando con semillas procedentes de la especie *Pinus tecunumanii* se recolectaron dos muestras botánicas, una de cada árbol plus de los que se recolectaron las semillas para el presente estudio. Dichas muestras, una vez fueron secadas y montadas (Ver Anexo 11) fueron evaluadas en el Laboratorio de dendrología y Herbario de la facultad de Ciencias Forestales (MOL) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) cuya constancia de determinación botánica se muestra en el Anexo 12.

Con respecto al riego, durante este tiempo de espera hasta la germinación, se realizó un riego pulverizado, del tipo neblina, con ayuda de la bomba aspersora (Ver Anexo 13). El riego fue de manera diaria con las siguientes excepciones:

- En caso se presentó una fuerte lluvia a lo largo del día, es decir por más de una hora, el riego no se realizó para evitar la sobresaturación del agua.
- Para el caso contrario en los días que se presentó fuerte radiación solar junto a la ausencia de lluvia a lo largo del día, el riego se realizó dos veces por día, un riego en la mañana y otro en la tarde, para evitar la escasez del agua en las plántulas.

En ambos casos siempre se verificó la humedad, tanto en el sustrato con turba y el sustrato con arena, ya que en estos sustratos fue más fácil detectar el nivel de humedad.

En términos generales las plántulas se mantuvieron en condiciones adecuadas de humedad a lo largo de todo el presente estudio.

3.3.5. GERMINACIÓN

La germinación finalizó entre los 15 a 17 días después de la siembra. En los casos en que se obtuvo más de una plántula en el mismo tubete se realizó la extracción, ya que solo debía haber una plántula por tubete.

Con respecto al riego, pasado el tiempo de la germinación, el riego fue interdiario, pero con las excepciones anteriormente mencionadas.

3.3.6. APLICACIÓN DE LOS TIPOS DE FERTILIZACIÓN

Una vez se obtuvieron las 160 plántulas, necesarias para la continuación del presente estudio, según el diseño estadístico. Se empezó con la aplicación de los 4 tipos de fertilización (F1, F2, F3 y F4) tal como se indica en el croquis de distribución (Ver Figura 5), en el cual también se muestra la distribución de los tubetes con cada tipo de sustrato (S1, S2, S3 y S4).

La aplicación de los tipos de fertilización (F1, F2, F3 y F4) inició el día 25 después de la siembra, ya que para este tiempo todas las plántulas ya contaban con sus dos primeros pares de hojas verdaderas; y se realizó con ayuda de una bomba aspersora de 2 L (Ver Anexo 13) cada 10 días, mediante riego pulverizado de tipo neblina, en la cual se combinaron los fertilizantes foliares y el bioestimulante con el agua de riego según dosis (Ver Tabla 8) y según

el tipo de fertilización (Tabla 7) que le correspondió. La cantidad de fertilizante aplicado según dosis se calculó con ayuda de una balanza digital de 2 kg (Ver Anexo 13).

A partir de esta etapa, el riego fue diario, pero con las excepciones anteriormente mencionadas.

Tabla 8: Dosis de cada fertilizante y bioestimulante

Fertilizante	Dosis
QUIMIFOL P680 PLUS	0,005 kg en 2 L de agua
QUIMIFOL N510 PLUS	0,05 kg en 2 L de agua
AGROSTEMIN GL	0,10 kg en 2 L de agua

Fuente: Adaptado de Química Suiza (s.f.).

Los momentos de aplicación de cada tipo de fertilización se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9: Cronograma de aplicación de los tipos de fertilización aplicados

Tipo de fertilización	Etapas del estudio								
	Siembra (Día 0)	Germinación (Día 15)	Ap. 1 (Día 25)	Ap. 2 (Día 35)	Ap. 3 (Día 45)	Ap. 4 (Día 55)	Ap. 5 (Día 65)	Ap. 6 (Día 75)	Fin (Día 80)
F1	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
F2	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
F3	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
F4	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X

Donde: Ap. = Aplicación / ✓ = Se aplicó / ✗ = No se aplicó

3.3.7. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

El día 25 después de la siembra, previo a la aplicación de los tipos de fertilización (F1, F2, F3 y F4), se inició con la evaluación de los atributos morfológicos (crecimiento en altura y crecimiento en diámetro) de todas las plántulas, de tal manera que se obtuvieron los primeros datos para el presente estudio.

Y así, cada diez días se continuó con la evaluación de los atributos anteriormente mencionados, siempre antes de la aplicación de su respectivo tipo de fertilización. Siendo en total seis evaluaciones a lo largo de todo el estudio.

Al finalizar todas las evaluaciones se procedió con la extracción de las plántulas completas, es decir: hojas, tallo y raíz, y una vez secadas a la intemperie fueron guardadas en bolsas ziploc de cierre hermético conservando sus condiciones, no siendo afectadas de manera drástica durante su traslado hacia Lima, donde se encontraba la estufa para el secado de las muestras.

Los atributos morfológicos evaluados fueron los siguientes:

a. Altura

En la fase de campo, este atributo morfológico se evaluó con ayuda de una regla de 30 cm graduada en milímetros, desde la base de la plántula a nivel del suelo hasta el ápice de esta.

b. Diámetro

En la fase de campo, este atributo morfológico se evaluó con ayuda de un vernier o pie de rey en milímetros a un centímetro del nivel del suelo.

Las actividades realizadas en campo para el presente estudio se resumen a continuación:

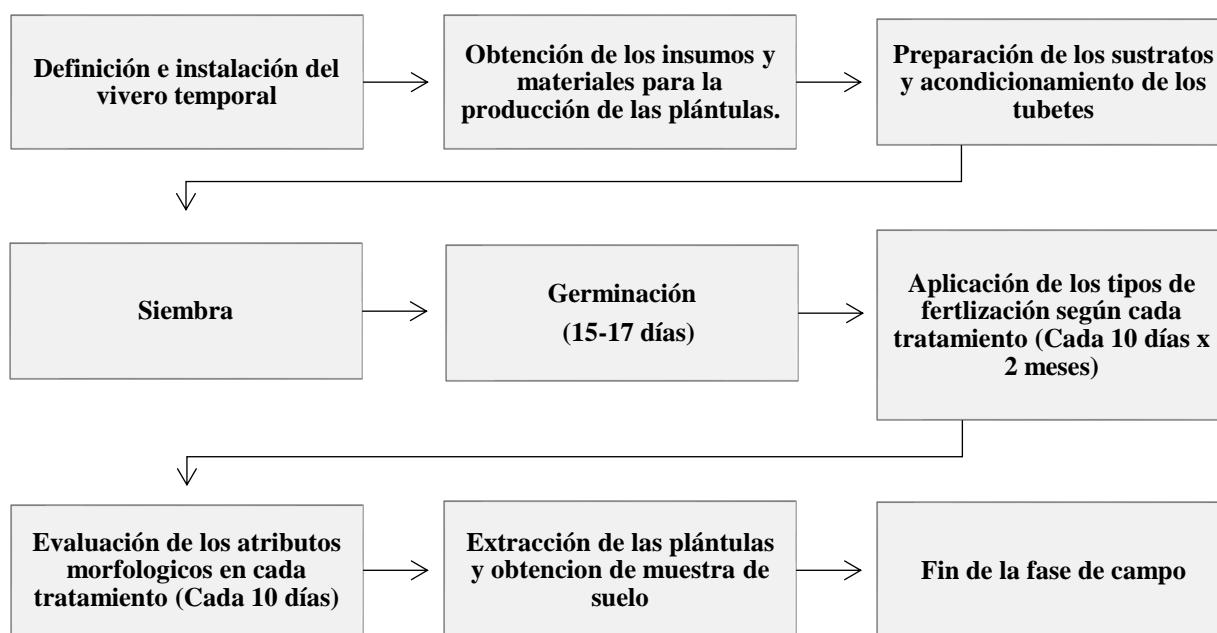


Figura 6: Flujograma de actividades realizadas en la fase de campo



Figura 7: Secuencia fotográfica de las actividades realizadas en la fase de campo

c. Biomasa seca aérea y radicular (BSA Y BSR)

En la fase de gabinete, se realizó el secado de las plántulas para la obtención de la biomasa seca aérea y radicular en el Laboratorio de Tecnología de Madera del Departamento de Industrias Forestales de la UNALM. Previamente se separó la parte aérea y radicular con un

corte a nivel del cuello de la raíz. La parte aérea, es decir el follaje de la plántula, fue colocado en bolsas de papel (kraf) codificadas por tratamientos. La parte radicular se limpió previamente del exceso de tierra adherida y se colocaron también en bolsas de papel codificados por tratamientos. Todas las muestras dentro de las bolsas de papel se colocaron en la estufa del laboratorio durante 24 horas a 75 ° C (Adaptado de Mondragón, 2016). Una vez obtenidas las muestras secas se procedió a pesar la biomasa aérea y radicular, esto con ayuda de la balanza analítica del Laboratorio de Silvicultura de la UNALM.



Figura 8: Actividades realizadas en la fase de gabinete

3.3.8. ÍNDICES DE CALIDAD

Los datos de índices morfológicos de las plantas se obtuvieron una vez se procesaron y digitaron todos los datos anteriores (diámetro, altura, biomasa seca total, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular).

Los índices de calidad de la planta se determinaron a partir de la relación de los atributos morfológicos según sus definiciones respectivas (Birchler *et al.*, 1998).

a. Índice de robustez (IR):

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

b. Relación biomasa seca aérea y radicular (Relación BSA/BSR):

$$\text{Relación BSA / BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radicular (g)}}$$

c. **Índice de calidad de Dickson (ICD):**

$$ICD = \frac{Biomasa\ seca\ total\ de\ la\ planta\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diámetro\ del\ cuello\ de\ raíz\ (mm)} + \frac{Biomasa\ seca\ aérea\ (g)}{Biomasa\ seca\ radicular\ (g)}}$$

3.3.9. ANÁLISIS DE LOS SUSTRATOS

Al finalizar la fase de campo, en simultáneo a la extracción de las plántulas, se extrajeron tres muestras de suelos, de manera aleatoria y a una profundidad de 15 cm del área de estudio donde se desarrollan actualmente las plantaciones de la especie *Pinus tecunumanii* del mismo lugar que se obtuvo el sustrato S1, es decir la tierra propia del lugar. Las tres muestras se combinaron de manera uniforme y se obtuvo una sola muestra de suelo final que fue trasladada dentro de una bolsa ziploc a Lima.

En la fase de gabinete, en el laboratorio de suelos de la UNALM se realizó un análisis de caracterización para la evaluación de los siguientes parámetros: textura, materia orgánica, pH, N, P, K, Ca, Mg, CIC, acidez, saturación de Al y saturación de bases. Se evaluó el sustrato S1 ya que es el sustrato testigo que nos sirvió como base para comparar con los demás sustratos en lo que se combinaron otros tipos de insumos (turba y arena).

El análisis se realizó utilizando metodologías modificadas en el manual de procedimientos de los análisis de suelos (Bazán, 2017). Los cuales son:

- Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método de hidrómetro.
- Salinidad: Medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua: 1:1.
- pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo; KCl N, relación 1:2:5.
- Calcáreo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
- Materia orgánica: Método de Walkley y Back, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = % Cx 1,724.
- Nitrógeno total: método del micro-Kjeldahl.

- Fósforo disponible: método de Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0,5 \text{ M}$; pH 8,5.
- Potasio disponible: extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3 - \text{COONH}_4$) N; pH 7,0.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3 - \text{COONH}_4$) N; pH 7,0. Cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
- $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$: método de Yuan. Extracción con KCl, N.

Para el caso de la turba Klamix 45M, tiene ficha técnica de la empresa Maruplast (2019) que se puede observar en la Tabla 13.

3.3.10. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El estudio se realizó con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, donde:

- El primer factor corresponde al tipo de sustrato utilizado:

Sustrato 1, Sustrato 2, Sustrato 3 y Sustrato 4.

- El segundo factor corresponde al tipo de fertilización aplicado en los 4 tratamientos:

Fertilización 1, Fertilización 2, Fertilización 3 y Fertilización 4.

Con diez repeticiones por tratamiento. Definiéndose como unidad experimental una planta.

En total fueron 16 tratamientos, que se describen en la Tabla 10.

Tabla 10: Descripción de los tratamientos.

Tratamiento (T)	Tipo de fertilización (F) + Tipo de sustrato (S)
T1	F1+S1
T2	F1+S2
T3	F1+S3
T4	F1+S4
T5	F2+S1
T6	F2+S2
T7	F2+S3
T8	F2+S4
T9	F3+S1
T10	F3+S2
T11	F3+S3
T12	F3+S4
T13 (Testigo)	F4+S1
T14	F4+S2
T15	F4+S3
T16	F4+S4

El diseño de campo se muestra en la Figura 5, en la cual se muestra la distribución de las parcelas con los tubetes al interior del vivero.

Antes de continuar se comprobaron los supuestos elementales mediante una prueba de normalidad, que en este caso fue la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente al paso anterior, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, con un nivel de confianza del 95 %. Finalmente, se utilizó la prueba de Tukey para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables a evaluar: atributos morfológicos (diámetro, altura, biomasa seca aérea y radicular) e índices de calidad (relación BSA/BSR, índice de robustez e

índice de calidad de Dickson). Para realizar todo lo anteriormente mencionado se utilizó el software analítico Statistix en su versión 9.0.

El modelo estadístico para el diseño factorial fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

con $i = 1, 2, 3, 4$; $j = 1, 2, 3, 4$; donde:

- Y_{ij} : crecimiento con el i -ésimo sustrato en la j -ésima fertilización
- μ : Media general
- τ_i : Efecto producido por el nivel i -ésimo del factor sustrato
- β_j : efecto producido por el nivel j -ésimo del factor fertilización
- $(\tau\beta)_{ij}$: es el efecto producido por las interacciones entre factores: sustrato x fertilizante
- ε_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental en el i -ésimo contenedor y la j -ésima fertilización.

Para el Análisis de Varianza (ANOVA), se seleccionó por tratamiento 10 repeticiones con sus respectivas variables de respuesta tanto para los atributos morfológicos como índices de calidad de las plantas.

Para poder realizar el ANOVA se corroboró previamente la normalidad y la homogeneidad de varianza de las variables de respuesta, supuestos que deben ser comprobados para poder usar el modelo estadístico. Una vez realizado el ANOVA se utilizó una prueba de comparación múltiple, de Tukey, para identificar que tratamientos estadísticamente son diferentes y cuales produjeron mayor efecto en las variables de respuesta.

3.3.11. VIABILIDAD ECONÓMICA

Se tomaron los datos de costos fijos de los materiales e insumos para la instalación del vivero, producción y mantenimiento de las plántulas de la especie *Pinus tecunumanii*; además de la mano de obra del viverista. Con estos datos se definió un costo total para cada tratamiento (Ver Anexo 9).

Una vez se obtuvieron los resultados del análisis estadístico para cada tratamiento, a través del que se determinó al mejor tratamiento desde el punto de vista estadístico, se realizó un análisis del costo frente a los beneficios obtenidos comparando todos los tratamientos, en particular el mejor tratamiento, con el costo del tratamiento 13 (F4+S1) o testigo, y así se comprobó la viabilidad económica del presente estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la metodología de diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial con dos factores: tipo de sustrato y tipo de fertilización; a través de un ANOVA se determinó el tratamiento que presento los mejores resultados para los atributos morfológicos e índices de calidad.

4.1. PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOCEDASTICIDAD

En cualquier análisis de varianza (ANOVA) para comprobar la validez de los resultados obtenidos deben cumplir con 3 supuestos elementales (Jiménez, 2012):

- Independencia (Selección completamente aleatoria de los grupos)
- Normalidad de la variable dependiente en todos los grupos
- Homocedasticidad (Varianza constante)

Para comprobar cada supuesto existen pruebas analíticas y gráficas que veremos a continuación. Por sencillez, muchas veces se prefieren las pruebas gráficas. Éstas tienen el inconveniente de que no son exactas, pero, aun así, en la mayoría de las situaciones prácticas proporcionan la evidencia suficiente en contra o a favor de los supuestos (Jiménez, 2012).

El supuesto de independencia se cumplió para todas las variables de respuesta dado que la investigación fue desarrollada con un diseño completamente al azar, con una selección aleatoria de los plantones según cada tratamiento.

El supuesto de normalidad fue corroborado por un gráfico de probabilidad normal o también llamado Q-Q Plot Normal. Un gráfico Q-Q plot, nos permite comparar la distribución empírica de un conjunto de datos con la Distribución Normal por medio de los residuos. Si los residuos al graficarlos tienden a quedar alineados en una línea recta se concluye que el supuesto de normalidad es correcto. Cabe enfatizar el hecho de que el ajuste de los puntos a una recta no tiene que ser perfecto, dado que el análisis de varianza resiste pequeñas y moderadas

desviaciones al supuesto de normalidad (Jiménez, 2012). Todas las variables de respuesta cumplieron el supuesto de normalidad.

La comprobación de la homocedasticidad u homogeneidad de varianzas supone que las varianzas de las distintas muestras han de ser iguales o no difiere significativamente. Para nuestro caso se debe cumplir la homocedasticidad entre los tratamientos para cada variable de respuesta. La homocedasticidad fue comprobada mediante un gráfico de dispersión de residuos versus predichos (valores estimados de las medias de tratamiento). Los puntos mostrados en el gráfico para que cumplan el supuesto se presentan sin seguir patrón o tendencia alguna (Benítez *et al.* citado por Terán 2018).

Para comprobar la normalidad podemos ver la Figura 9 que corresponde al gráfico Normal Q-Q plot para la variable diámetro, en el cual se observa que los residuos tienden a alinearse en una línea recta.

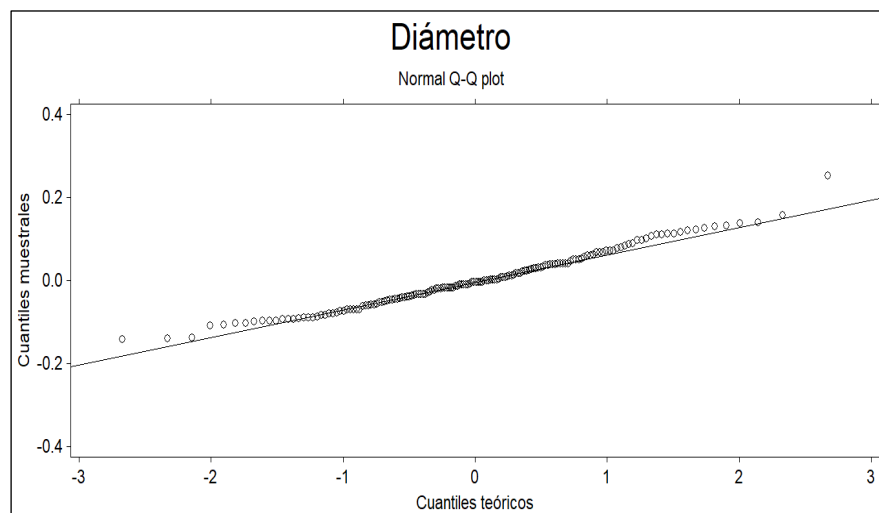


Figura 9: Normal Q-Q plot para la variable diámetro

Para un mejor análisis, se realizó una transformación a los valores de las variables que no presentaron una distribución normal. La transformación consistió en sacarle la raíz cuadrada a dichos valores para que presenten una distribución normal.

Para comprobar la homocedasticidad podemos ver la Figura 10 que corresponde al gráfico de residuos versus predichos para la variable diámetro, en el cual se observa los que los valores están equilibrados, es decir el error es mínimo.

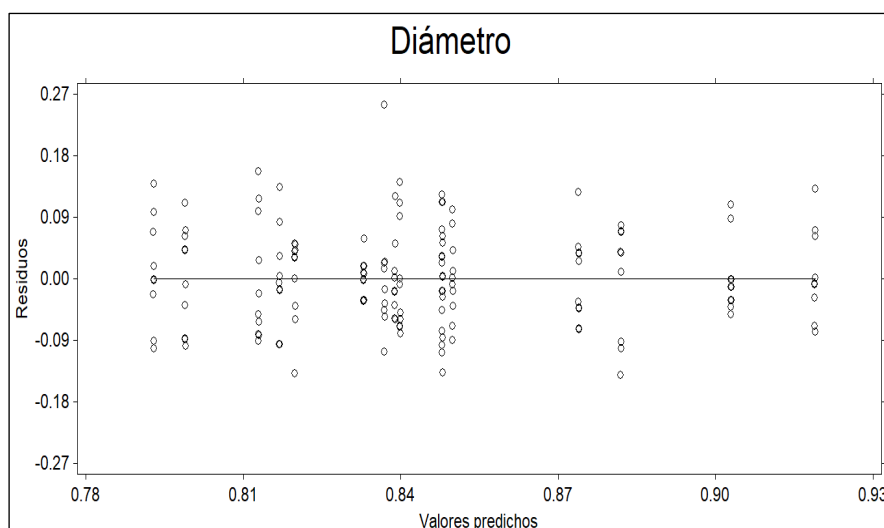


Figura 10: Residuos vs predichos para la variable diámetro

En el Anexo 1 y Anexo 2 se presentan todas las gráficas Normal Q-Q plot y de homogeneidad de varianza (residuos versus predichos) de las variables de respuestas.

4.2. CONTRASTE DE CONTROL VERSUS TRATAMIENTOS

Se realizó una comparación de medias de los atributos morfológicos (altura, diámetro, BSA y BSR) entre el tratamiento control (testigo: sin aplicación de fertilizantes ni sustrato diferente al del lugar de estudio) con el resto de los tratamientos. Para ello se empleó la prueba de contrastes ortogonales que compara el promedio de los tratamientos versus el testigo.

Los resultados del contraste permiten afirmar que existen diferencias significativas entre la media de los atributos morfológicos del tratamiento control o testigo y el resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

En las Tablas 11 y 12, se presentan las medias de los atributos morfológicos de todos los tratamientos, siendo el T13 el testigo o control. Se puede observar que todos los tratamientos registran una media mayor para el atributo morfológico de la altura en comparación con el control. En contraste, para el diámetro en todos los tratamientos se registra una media menor en comparación al control. Para el caso de la biomasa seca aérea (BSA) en todos los tratamientos se registran una media mayor para todos los tratamientos en comparación al control con la excepción del tratamiento 1 que es ligeramente menor.

Para el caso de la biomasa seca radicular (BSR) en los tratamientos T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T11, T12 y T15 se registran una media mayor en comparación al control, sin embargo,

para los tratamientos T1, T2, T10, T14 y T16 se registra una media menor o igual al tratamiento control.

Tabla 11: Media de tratamientos según atributo morfológico T1 – T8

Media	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Diámetro (mm)	0,837	0,874	0,848	0,839	0,817	0,848	0,799	0,793
Altura (cm)	6,600	7,850	7,755	7,495	7,465	8,270	7,450	7,335
BSA (g)	0,031	0,044	0,040	0,047	0,051	0,055	0,050	0,047
BSR (g)	0,006	0,006	0,007	0,007	0,009	0,009	0,009	0,008

Tabla 12: Media de tratamientos según atributo morfológico T9 – T16

Media	T9	T10	T11	T12	T13 (Control)	T14	T15	T16
Diámetro (mm)	0,850	0,882	0,840	0,820	0,919	0,903	0,833	0,813
Altura (cm)	7,555	7,620	7,365	7,435	5,645	6,590	6,545	6,740
BSA (g)	0,042	0,041	0,047	0,045	0,032	0,034	0,037	0,040
BSR (g)	0,007	0,006	0,008	0,007	0,006	0,005	0,007	0,006

En el Anexo 3 se puede ver las medidas estadísticas generales como la media, valor máximo y mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación de cada tratamiento.

4.3. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

4.3.1. ALTURA

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa para el factor fertilización ($P = 0,0000$), y una diferencia significativa para el factor sustrato ($P = 0,0431$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos el efecto de un tipo de fertilización y un tipo de sustrato son diferentes entre sí. Por otro lado, se puede observar que la interacción del factor fertilización y el factor sustrato no muestran diferencia estadística significativa. Es decir que el efecto de estos factores tiene un efecto independiente.

En la Figura 11 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

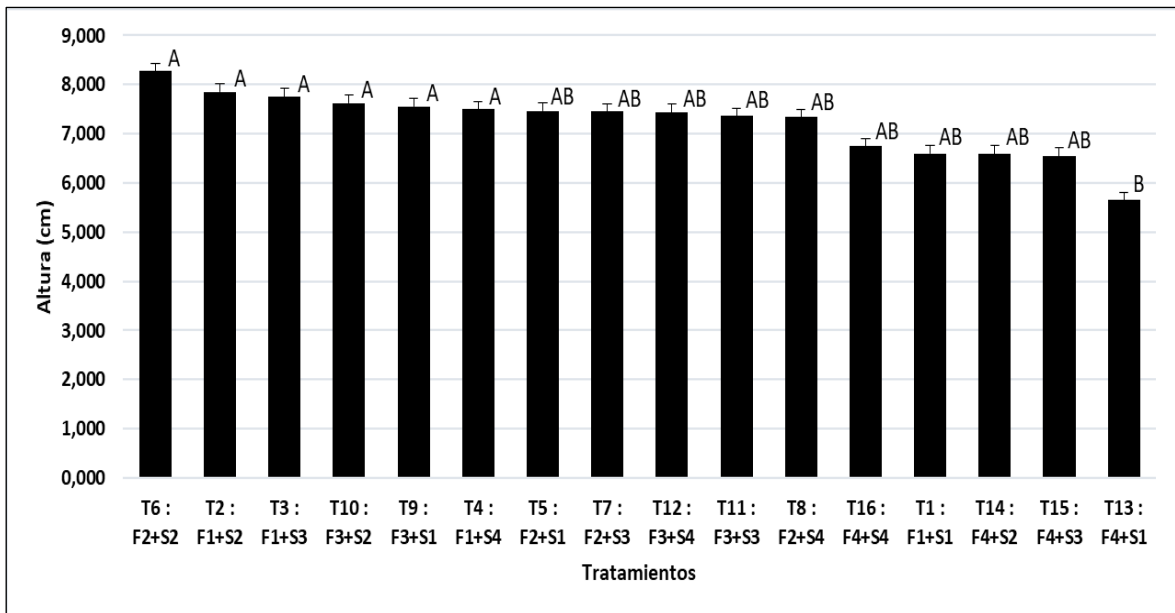


Figura 11: Altura en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 11 se observa que el tratamiento 13 fue el menos favorecido de todos al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 6 se puede asumir que fue el que obtuvo mejor respuesta para la variable altura.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que el tipo de fertilización F4 fue la menos favorecida de todas. Además, que hay diferencia entre el tipo de fertilización F2 y F4, siendo F4 la que presentó menor altura promedio con 6,38 cm, mientras que F2 presentó la mayor altura promedio de 7,63 cm. En el tipo de sustrato se observa que S2 tuvo un efecto positivo para la variable altura con una altura promedio de 7,58 cm; y S1 presenta la menor altura promedio de 6,81 cm; ver Anexo 4.

El tratamiento 6 presentó la mayor altura promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F2 que contenía QUIMIFOL P680 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL; y el tipo de sustrato que tenía era el S2 que estaba formado por 50 % de Tierra propia del área de estudio y 50 % de turba.

Considerando los estándares de calidad de CONAFOR (2009) con aportaciones de Santiago *et al.* (2007) adaptado por Sáenz *et al.* (2013) citado por Terán (2018) para coníferas no cespitosa (Ver Tabla 3), en todos los casos presentan una altura de calidad baja, por debajo

de los 10 cm, pero cabe resaltar que el tiempo en vivero para el presente estudio fue de 3 meses (90 días).

Con respecto a la variación de la altura promedio por número de evaluación (Ver Anexo 7) se puede observar que para la tercera evaluación el tratamiento 2 (F1+S2) registro la mayor variación promedio con 2,07 cm, seguido del tratamiento 3 (F1+S3) con 2,02 cm. El tratamiento 13 (F4+S1) presento la menor variación de la altura promedio con 1,35 cm.

En la sexta evaluación, es decir la última evaluación, el tratamiento 3 (F1+S3) obtuvo la mayor variación promedio en altura con 3,90 cm (Ver Figura 12), seguido del tratamiento 2 (F1+S2) con 3,66 cm. El tratamiento 13 (F4+S1) presento la menor variación de la altura promedio con 2,18 cm (Ver Figura 13).

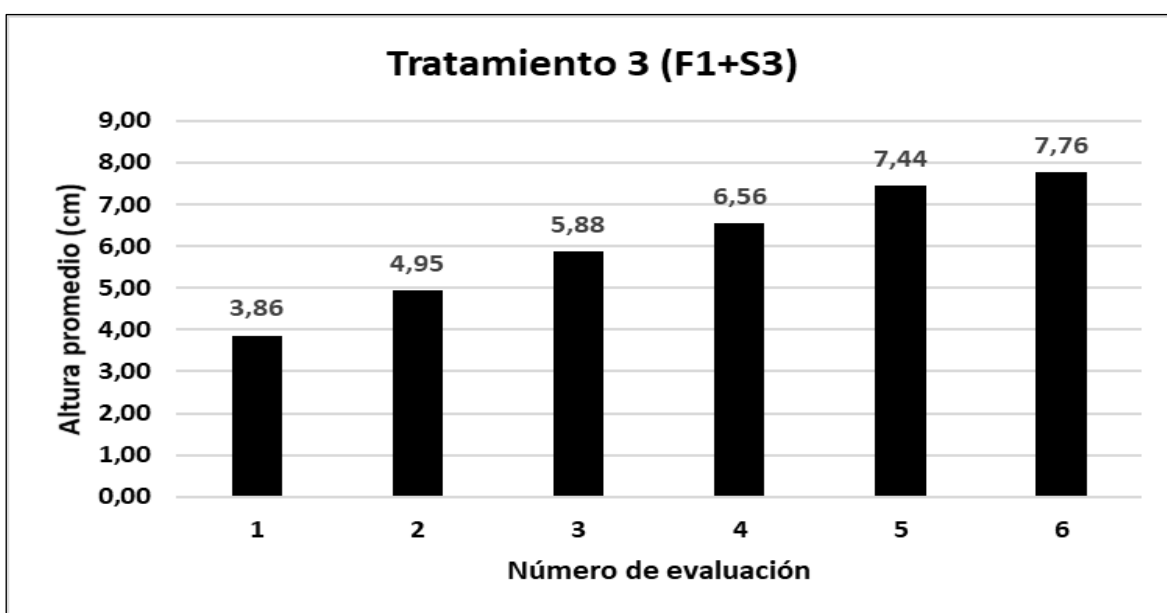


Figura 12: Incremento de la altura promedio por número de evaluación para el tratamiento que presento el mayor incremento promedio

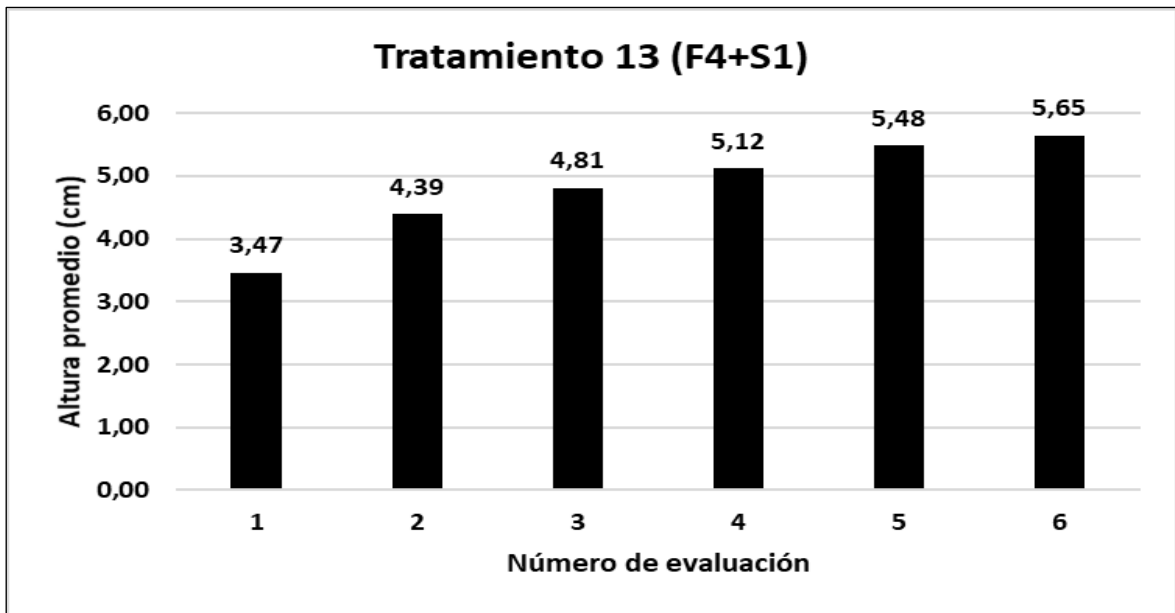


Figura 13: Incremento de la altura promedio por número de evaluación para el tratamiento que presento el menor incremento promedio

4.3.2. DIÁMETRO

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe diferencia estadística significativa para el factor fertilización ($P = 0,0139$), y diferencia altamente significativa para el factor sustrato ($P = 0,0014$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos un tipo de fertilización y un tipo de sustrato son diferentes entre sí. Por otro lado, se puede observar que la interacción del factor fertilización y el factor sustrato no muestran diferencia estadística significativa. Es decir que estos factores tienen un efecto independiente.

En la Figura 14 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

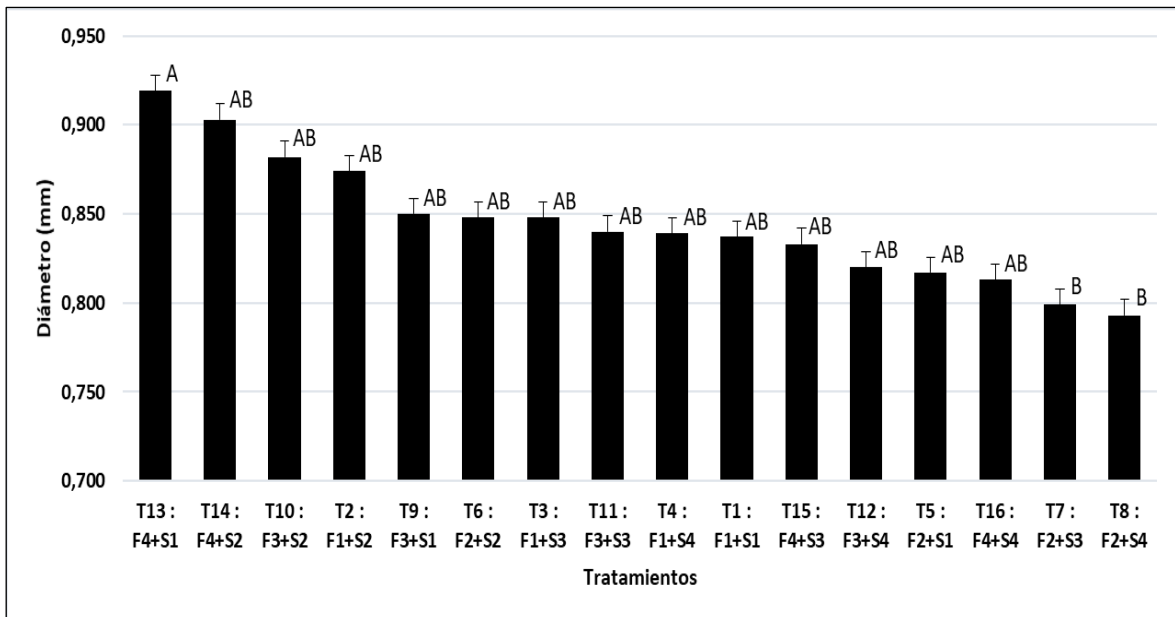


Figura 14: Diámetro en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 14 se observa que los tratamientos 7 y 8 fueron los tratamientos menos favorecidos al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 13 se puede observar que fue más favorecido de todos para la variable diámetro.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que el tipo de fertilización F2 fue la menos favorecida de todas. Además, que hay diferencia entre el tipo de fertilización F2 y F4, siendo F2 la que presentó el menor diámetro promedio de 0,81 mm, mientras que F4 presentó el mayor diámetro promedio de 0,87 mm. En el tipo de sustrato se observa que S2 tuvo un efecto positivo para esta variable con un diámetro promedio de 0,88 mm; por el contrario, los sustratos S3 y S4 presentan los menores diámetros promedio con 0,83 mm y 0,81 mm respectivamente; ver Anexo 4.

El tratamiento 13 presentó el mayor diámetro promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F4 que no contenía ningún tipo de fertilizante ni bioestimulante, es decir el testigo; y el tipo de sustrato que tenía era el S1 que estaba formado por solo Tierra propia del área de estudio al 100 %, es decir el sustrato testigo.

Con respecto a la variación del diámetro promedio por número de evaluación (Ver Anexo 7) se puede observar que para la tercera evaluación el tratamiento 2 (F1+S2) registró la mayor variación promedio con 0,015 mm, seguido del tratamiento 12 (F3+S4) con 0,014 mm de

variación. Los tratamientos T5, T7 y T14 presentaron la menor variación de diámetro promedio con 0,010 mm.

En la sexta evaluación, es decir la última evaluación, el tratamiento 2 (F1+S2) obtuvo la mayor variación promedio con 0,030 mm (Ver Figura 15), seguido del tratamiento 3 (F1+S3) con 0,026 mm de variación. El tratamiento 13 (F4+S1) presentó la menor variación de diámetro promedio con 0,015 mm (Ver Figura 16).

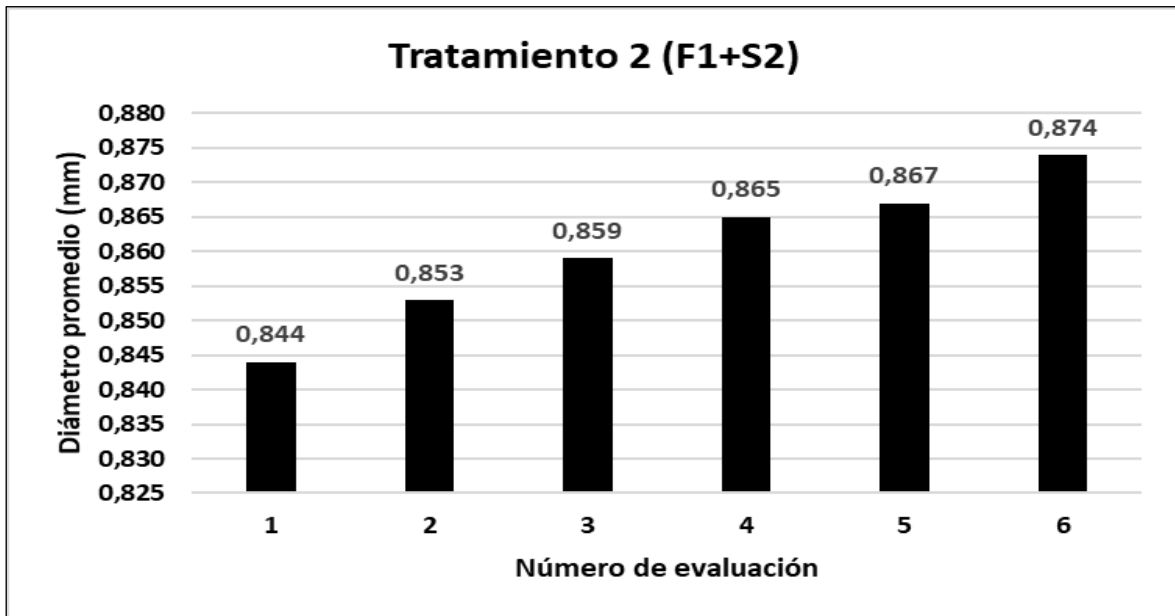


Figura 15: Incremento del diámetro promedio por número de evaluación para el tratamiento que presentó el mayor incremento promedio

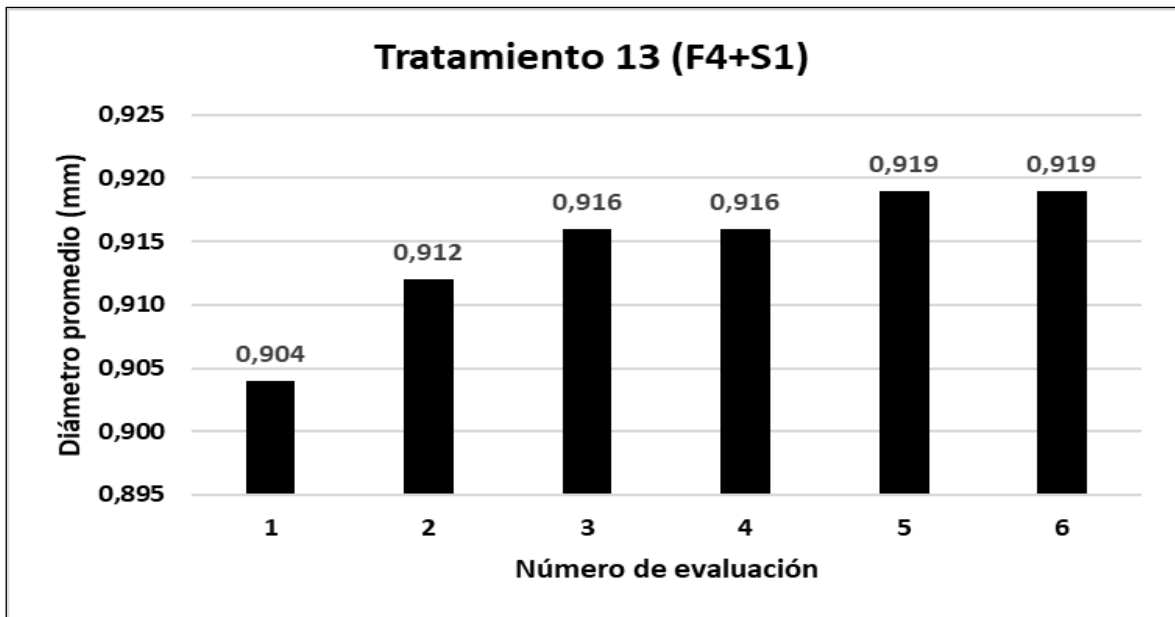


Figura 16: Incremento del diámetro promedio por número de evaluación para el tratamiento que presento el menor incremento promedio

Sin embargo, ninguno de estos tratamientos anteriormente mencionado presento el mayor incremento promedio para la variable diámetro. Los tratamientos T1, T2, T3 y T10 fueron los que presentaron el mayor incremento con 0,03 mm de incremento desde la primera hasta la sexta evaluación. En contraste, los demás tratamientos presentaron el menor incremento promedio con tan solo 0,02 mm.

4.3.3. BIOMASA SECA AÉREA (BSA)

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para el factor fertilización ($P = 0,0000$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos un tipo de fertilización es diferente entre sí. Por otro lado, se puede observar que para el factor sustratos y la interacción del factor fertilización no se muestran diferencias estadísticas significativas.

En la Figura 17 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

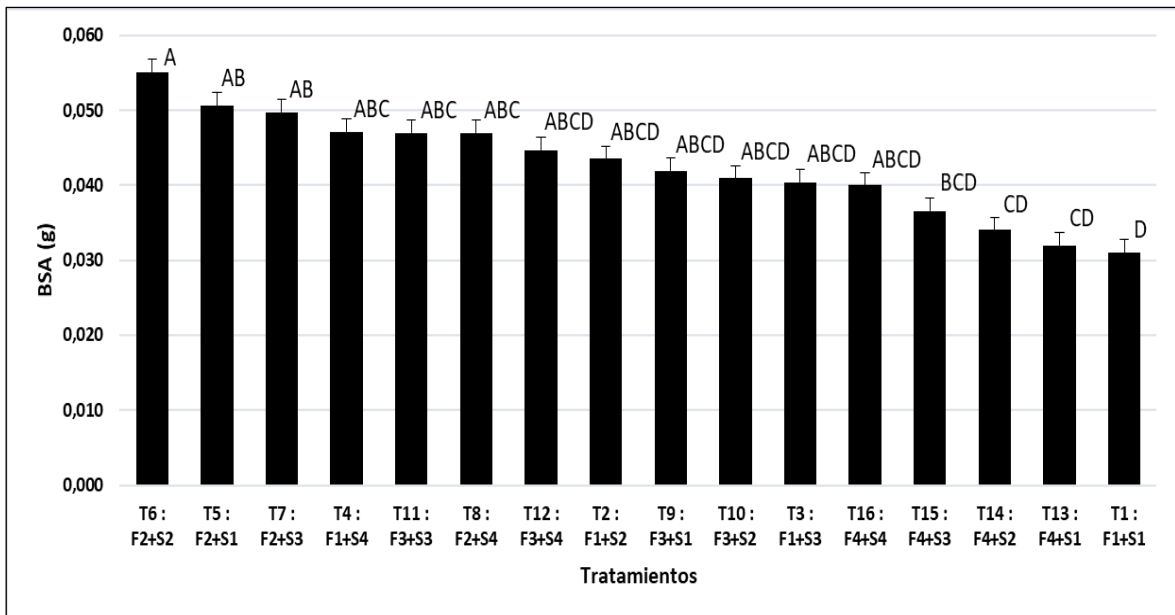


Figura 17: BSA en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 17 se observa que el tratamiento 1 fue el tratamiento menos favorecido al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 6 se puede observar que fue el más favorecido de todos para la variable BSA.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que el tipo de fertilización F4 fue la menos favorecida de todas. Además, que hay diferencia entre el tipo de fertilización F2 y F4, siendo F4 la que presentó la menor BSA promedio de 0,04 g, mientras que F2 presentó la mayor BSA promedio de 0,05 g; ver Anexo 4.

El tratamiento 6 presentó la mayor BSA promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F2 que contenía QUIMIFOL P680 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL; y el tipo de sustrato que tenía era el S2 que estaba formado por 50 % de Tierra propia del área de estudio y 50 % de turba.

4.3.4. BIOMASA SECA RADICULAR (BSR)

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para el factor fertilización ($P = 0,0000$) y diferencia significativa para el factor sustrato ($P = 0,0156$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos un tipo de fertilización y un tipo de sustrato son diferentes entre sí. Por otro lado, se puede observar que la interacción del factor fertilización y el factor sustrato no

muestran diferencia estadística significativa. Es decir que estos factores tienen un efecto independiente.

En la Figura 18 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

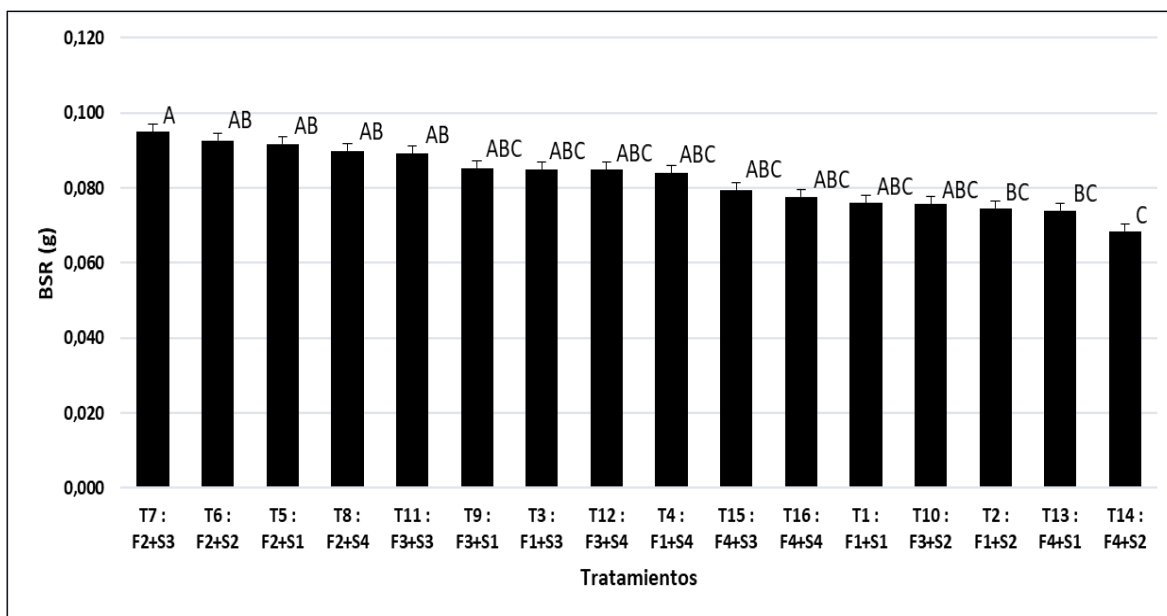


Figura 18: BSR en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 18 se observa que el tratamiento 14 fue el tratamiento menos favorecido al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 7 se puede observar que fue el más favorecido de todos para la variable BSR.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que el tipo de fertilización F4 fue la menos favorecida de todas. Además, que hay diferencia entre el tipo de fertilización F2 y F4, siendo F4 la que presentó la menor BSR promedio de 0,075 g, mientras que F2 presentó la mayor BSR promedio de 0,092 g. En el tipo de sustrato se observa que S3 tuvo un efecto positivo para esta variable con una BSR promedio de 0,09 g; por el contrario, el sustrato S2 presenta la menor BSR promedio con 0,08 g; ver Anexo 4.

El tratamiento 7 presentó la mayor BSR promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F2 que contenía QUIMIFOL P680 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL; y el tipo de sustrato que tenía era el S3 que estaba formado por 50 % de tierra propia del área de estudio y 50 % de arena.

En general los fertilizantes foliares junto con el bioestimulante aplicados a las plántulas generaron un incremento significativo en la mayoría de los atributos morfológicos (altura, BSA y BSR) con excepción del diámetro. Sin embargo, las plántulas en los tratamientos fertilizados con el fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS junto al bioestimulante AGROSTEMIN GL presentaron en la mayoría de los atributos morfológicos mejores promedios que las fertilizadas con fertilizante foliar QUIMIFOL N510 PLUS junto al mismo bioestimulante en los cuatro tipos de sustratos.

4.4. ÍNDICES DE CALIDAD

4.4.1. ÍNDICE DE ROBUSTEZ (IR)

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para el factor fertilización ($P = 0,0000$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos un tipo de fertilización es diferente entre sí. Por otro lado, se puede observar que para el factor sustratos y la interacción del factor fertilización no se muestran diferencias estadísticas significativas.

En la Figura 19 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

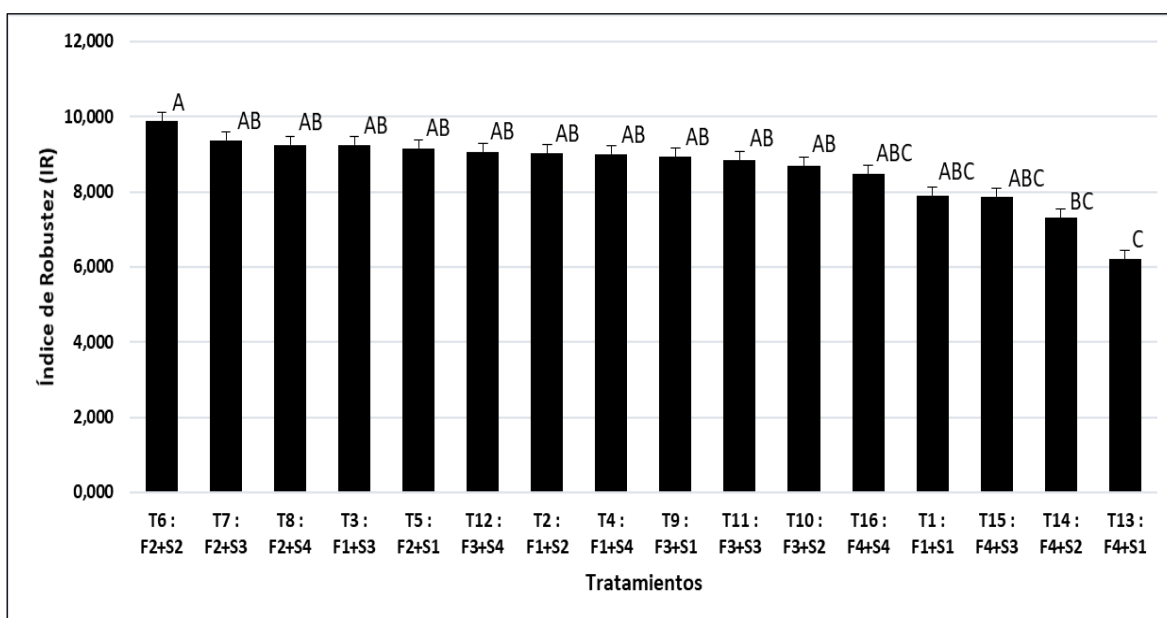


Figura 19: Índice de Robustez en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 19 se observa que el tratamiento 13 fue el tratamiento menos favorecido al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 6 se puede observar que fue el más favorecido de todos para la variable IR.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que el tipo de fertilización F4 fue la menos favorecida de todas. Además, que hay diferencia entre el tipo de fertilización F2 y F4, siendo F4 la que presentó el menor IR promedio de 7,46; mientras que F2 presentó el mayor IR promedio de 9,41; ver Anexo 4.

El tratamiento 6 presentó el mayor IR promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F2 que contenía QUIMIFOL P680 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL; y el tipo de sustrato que tenía era el S2 que estaba formado por 50 % de Tierra propia del área de estudio y 50 % de turba. Sin embargo, este IR es considerado de calidad baja (mayor o igual a 8) según los estándares de calidad de CONAFOR con aportaciones de Santiago *et al.* (2007) adaptado por Sáenz *et al.* (2013) citado por Terán (2018) para coníferas no cespitosa (Ver Tabla 3); el IR se puede categorizar en una calidad baja (mayor o igual a 8), calidad media (entre 6,0 y 7,9) y una calidad alta (menor a 6).

Según Prieto *et al.* y Rodríguez citados por Sáenz *et al.* (2010) en el caso del índice de robustez el valor obtenido debe ser menor a 6, ya que valores mayores a 6 indicarían una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro. El tratamiento 13 (tratamiento testigo) presenta el IR promedio más bajo de todos los tratamientos, con 6,20 de IR, que indicaría una desproporción entre altura y diámetro, sin embargo, se consideraría de calidad media (entre 6,0 y 7,9).

De este análisis se puede deducir que hay una clara desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro; y que el uso de los fertilizantes foliares estaría favoreciendo solo el crecimiento en altura y no el crecimiento en diámetro, teniendo diámetros diminutos.

4.4.2. RELACIÓN BIOMASA SECA AÉREA Y BIOMASA SECA RADICULAR (RELACIÓN BSA/BSR)

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que existe diferencia estadística altamente significativa para el factor sustrato ($P = 0,0008$); ver Anexo 1. Es decir que por lo menos un tipo de sustrato es diferente entre sí. Por

otro lado, se puede observar que para el factor fertilizante y la interacción del factor fertilización no se muestran diferencias estadísticas significativas.

En la Figura 20 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

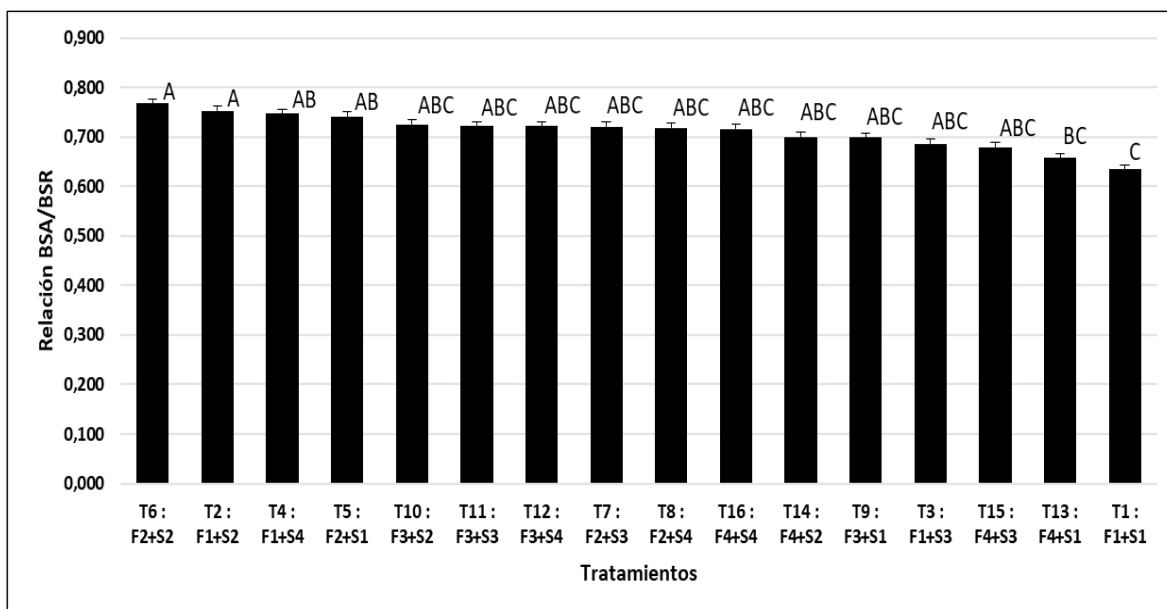


Figura 20: Relación BSA/BSR en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 20 se observa que el tratamiento 1 fue el tratamiento menos favorecido al presentar una letra distinta a los demás, y el tratamiento 6 se puede observar que fue el más favorecido de todos para la variable relación BSA/BSR.

A través de la Prueba de Tukey, se puede observar que hay diferencia entre el tipo de sustrato S2, S4 y S1, siendo S1 el menos favorecido de todos con una relación BSA/BSR promedio de 0,68. En contraste, S2 y S4 presentaron una mayor relación BSA/BSR promedio con 0,74 y 0,72 respectivamente; ver Anexo 4.

El tratamiento 6 presentó la mayor relación BSA/BSR promedio, dicho tratamiento recibió la fertilización F2 que contenía QUIMIFOL P680 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL; y el tipo de sustrato que tenía era el S2 que estaba formado por 50 % de Tierra propia del área de estudio y 50 % de turba.

Respecto a la relación BSA/BSR, Sáenz *et al.* (2010) indica que el factor determinante para la supervivencia de las plántulas en campo definitivo es la biomasa seca radicular, más que la biomasa seca aérea; y el fósforo es un elemento que se caracteriza por su asociación con el desarrollo de las raíces, pero en exceso provoca un gran desarrollo radicular (Kovacik *et al.* y Xiang-wen citados por Barrera *et al.* 2010). Sin embargo, en los tratamientos a los que se aplicó QUIMIFOL P680 PLUS, un fertilizante foliar con fósforo, obtuvieron mayor crecimiento de la biomasa aérea que la radicular.

Una relación BSA/BSR igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez citado por Sáenz *et al.* 2010). Una buena relación BSA/BSR debe fluctuar entre 1,5 – 2,5 (Thompson citado por Sáenz *et al.* 2010)

En la mayoría de los tratamientos la relación BSA/BSR es mayor a uno, por lo que se deduce que la biomasa aérea es mayor a la biomasa radicular. Además, la relación BSA/BSR no fluctúa entre el rango mencionado anteriormente, por lo contrario, sobrepasa este rango lo que indica un sistema radicular insuficiente para proveer la energía a la parte aérea de la planta.

4.4.3. ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON (ICD)

De acuerdo con el análisis de varianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), se observa que no existe diferencia estadística significativa para los factores fertilizantes, sustratos ni para su interacción.

En la Figura 21 se puede observar la Prueba Tukey que muestra los tratamientos que fueron estadísticamente distintos y cuáles no.

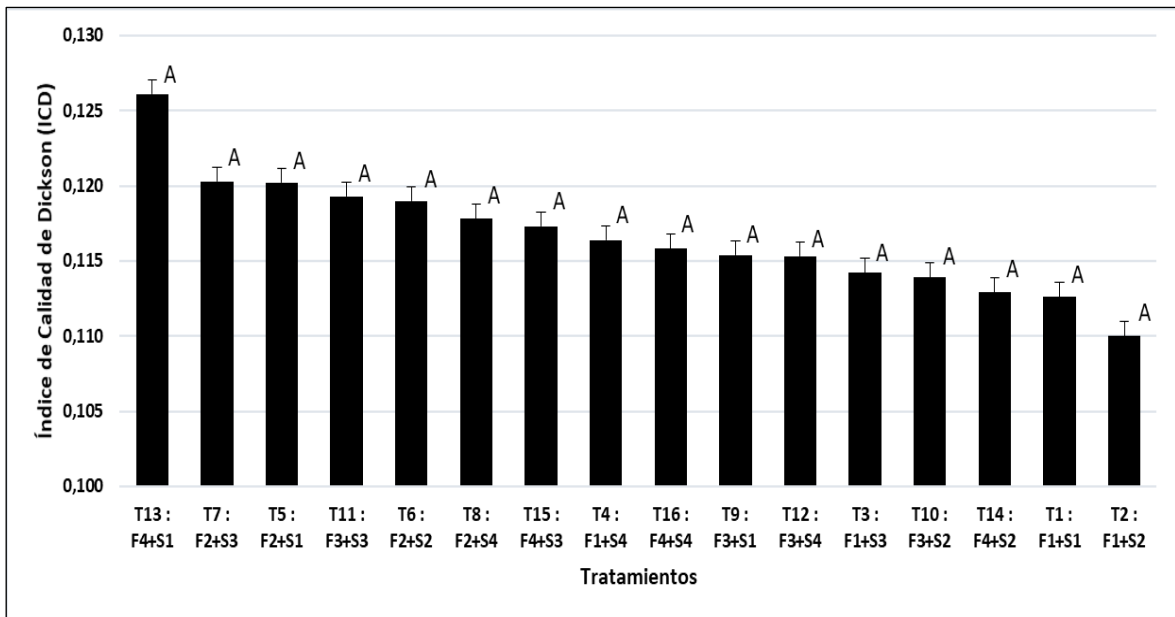


Figura 21: Índice de Calidad de Dickson en plántulas de *Pinus tecunumanii* por efecto de los tratamientos. Los valores seguidos de letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

En la Figura 21 se observa que el tratamiento 13 aparentemente fue el tratamiento más favorecido, pero al no presentar una letra distinta a los demás tratamientos, se puede asumir que ningún tratamiento destaca para esta variable.

El tratamiento 13 presentó el mayor ICD, dicho tratamiento recibió la fertilización F4 que no contenía ningún tipo de fertilizante ni bioestimulante, es decir el testigo; y el tipo de sustrato que tenía era el S1 que estaba formado por solo Tierra propia del área de estudio al 100 %, es decir el sustrato testigo. El ICD expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, pero tal como se observó en el caso del IR hay una desproporción entre el crecimiento de altura y diámetro.

Según García citado por Sáenz (2010) en abeto y pino, se determinó que un ICD inferior a 0,15 podría significar problemas en el establecimiento en campo y se recomienda un valor de ICD de 0,2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones. Para el presente estudio se utilizaron contenedores de 115 ml por lo que por deducción se espera un ICD mayor a 0,4 como mínimo.

Los ICD en todos los tratamientos son menores al 0,4 por lo que se deduce una baja calidad de las plántulas en todos los tratamientos. Es decir que estas plántulas no son aptas para su trasplante en campo definitivo. Sin embargo, la absorción por el follaje de fósforo es lenta,

requiriendo hasta 10 días para que el 50 % sea absorbido (Ver Tabla 2) frente al nitrógeno que es más rápida de 0,5 a 2 horas. Es decir, que las evaluaciones realizadas cada 10 días no fueron las más adecuadas para el caso del fertilizante QUIMIFOL P680 PLUS con el que se obtuvo los mejores resultados.

Meléndez y Molina (2002) también mencionan que la proporción de penetración de un nutrimento a través de la hoja también depende del estado nutricional de la planta, es decir que los tipos de sustratos utilizados en el presente estudio no brindaron los nutrimentos necesarios a las plántulas por las raíces.

En general los fertilizantes foliares en conjunto con el bioestimulante aplicados a las plántulas generaron un incremento en los diferentes índices de calidad, destacando sobre todo la relación BSA/BSR. En especial en los tratamientos fertilizados con QUIMIFOL P680 PLUS junto al bioestimulante AGROSTEMIN GL en los 4 tipos de sustratos. La excepción fue el índice de robustez en el que el tratamiento testigo, es decir sin aplicación de ningún fertilizante, presentó el IR que fluctúa en el rango de 6,0 – 7,9 que se considera como calidad media. Es decir que el uso de fertilizantes en junto con el bioestimulante promovieron un mayor desarrollo de la parte aérea que la radicular. Además, que promovieron un mayor desarrollo en la altura en desproporción al diámetro.

4.5. ANÁLISIS DE LOS SUSTRATOS

El suelo del área de estudio, es decir el insumo tierra, tiene una textura franca con un pH fuertemente ácido de 4,71, con un porcentaje de materia orgánica medio (3,68 %). Respecto a la disponibilidad de Fosforo (2,6 ppm) se considera un nivel bajo para este elemento. Para el caso de la disponibilidad de Potasio (68 ppm) presenta un nivel bajo. En cuanto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) presenta un nivel medio (16), es preciso indicar que el CIC mide que tanto el suelo o sustrato puede retener los elementos esenciales para nutrir a las plantas. Los resultados del análisis de caracterización se muestran en el Anexo 10.

Para el caso del insumo turba Klamix 45M, cuenta con ficha técnica de la empresa Maruplast (s.f.) en la que se describen sus principales características (Ver Tabla 13).

Tabla 13: Características de la turba Klamix 45M

Características	KLAMIX 45M
Procedencia	Lituania
Composición	Musgo de turba Sphagnum oligotrófico, fertilizantes traza y agente humectante.
pH (H ₂ O, v/v 1:2,5)	4,0 - 4,5 (en agua)
Salinidad	< 0.2
Granulometría	Media: 0 - 25 mm
Composición	100% Turba
Capacidad de retención de agua	75 - 80 %
Capacidad de aireación	10 - 15 %
Nutrientes	Sin fertilizantes de NPK agregados. Con todos los elementos traza necesarios de Hierro están añadido como quelato con EDTA.

Fuente: Adaptado de Maruplast (s.f.)

Según CATIE (2000) existen plantaciones naturales de *Pinus tecunumanii* que se desarrollan en suelos en sitios de suelos moderadamente fértiles y profundos, ligeramente ácidos a neutros (pH 4,8 - 7) y bien drenados, con precipitaciones de 790 a 2 200 mm y temperaturas de 14 a 25 °C. Sin embargo, la misma CATIE indica que para el mejor desarrollo de la especie se requiere sustratos moderadamente ácido (pH de 5,5 – 6,0); para lo cual es fundamental inocular el sustrato con micorrizas, ya que de lo contrario las plántulas no desarrollarán bien.

El suelo propio del área de estudio, es decir la tierra de la cual estuvo conformada al 100 % el sustrato 1, presenta un pH de 4,71 que es cercano al pH en el que se desarrolla la especie naturalmente, así mismo la turba con pH de 4,5. La arena es un tipo de sustrato químicamente inerte y solo aporta soporte a las plántulas. Pero ninguno de estos presenta un pH entre 5,5 – 6,0 que se indica como el óptimo, por ende, la disponibilidad de nutrientes para las plántulas fue baja.

El mejor sustrato fue el sustrato S2, conformado por 50 % tierra y 50% turba, lo cual nos lleva a indicar que la turba mejoro las propiedades del sustrato propio del área de estudio, además de actuar como una reserva de nutrientes para las plántulas. Pero cabe indicar que se necesitó

un sustrato que redujera más el pH ácido ya que los resultados no fueron muy favorables al obtenerse plántulas de baja calidad en todos los tratamientos.

4.6. VIABILIDAD ECONÓMICA

Desde el punto de vista estadístico los tratamientos (T5, T6, T7 y T8) en los que se aplicó el fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS junto al bioestimulante AGROSTEMIN GL, fueron los que mejores promedios tanto en la mayoría de los atributos morfológicos (altura, biomasa seca aérea y radicular) como en los índices morfológicos (Relación BSA/BSR) frente a los demás tratamientos. Destacando sobre estos el tratamiento 6 (F2+S2) cuyo sustrato S2, estuvo conformado por 50 % de tierra propia del área de estudio y 50 % de turba.

Desde el punto de vista económico (Ver Figura 22); los tratamientos que se realizaron con un menor costo, frente a los demás tratamientos, fueron el tratamiento 13 (F4+S1) o testigo y el tratamiento 15 (F4+S3), ya que en estos solo se utilizaron insumos propios del área de estudio y no se aplicaron fertilizantes ni el bioestimulante. El tratamiento que se realizó con un mayor costo fue el tratamiento T2, seguido del T6, T10 y T4; en los que se utilizaron turba y se aplicaron fertilizantes junto con el bioestimulante. El análisis detallado de los costos de cada uno de los tratamientos se observa a detalle en el Anexo 9.

El tratamiento 6 (F2+S2) sería el tratamiento más favorecido desde el punto de vista estadístico, pero también uno de los que mayor costo implicó, sin embargo, la diferencia entre el costo de este tratamiento frente a los tratamientos de menor costo (T13 y T15) es de 4,61 soles. Para el costo por plántula (Ver Figura 23) la diferencia de costo entre el T6 y los de menor costo (T13 y T15) es de 0,46 soles.

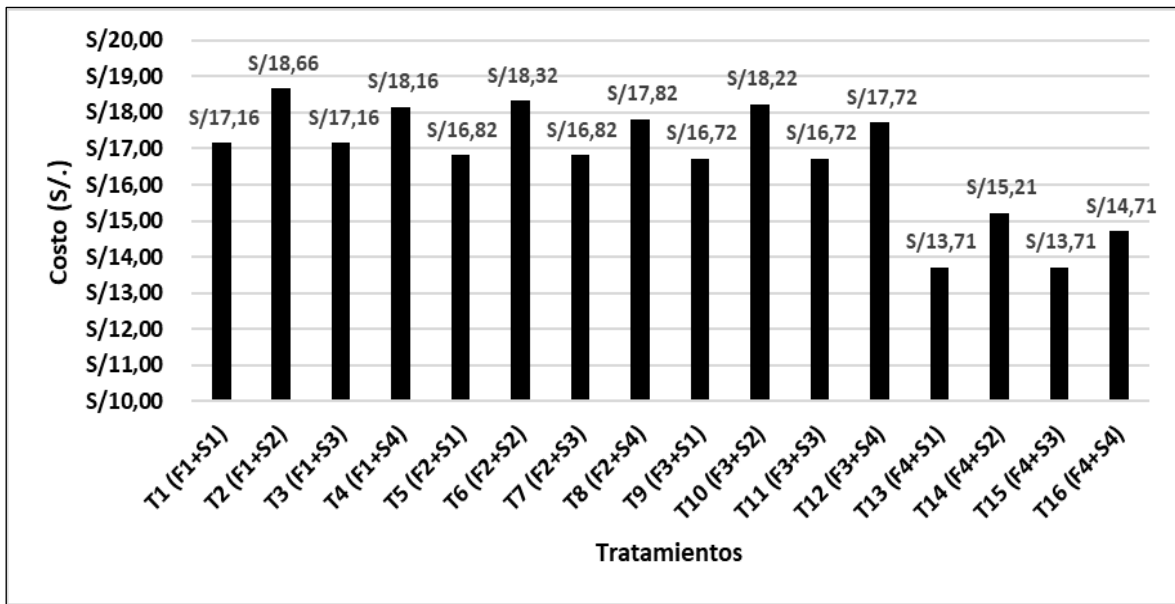


Figura 22: Costo total en cada tratamiento

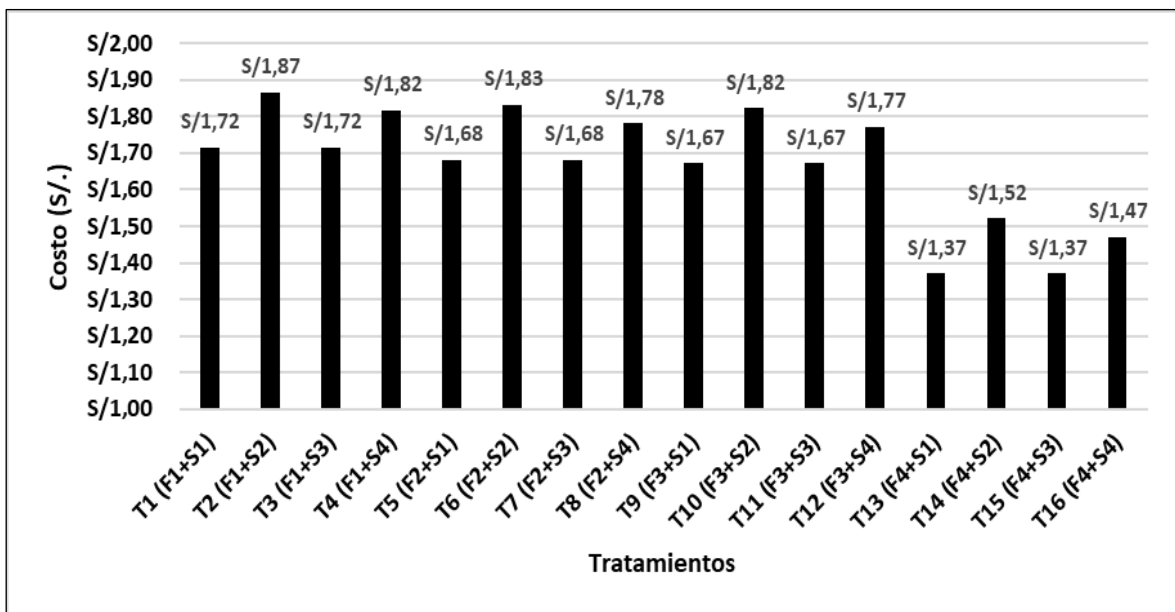


Figura 23: Costo total por plántula en cada tratamiento

En lo que respecta a la variación de la altura promedio por número de evaluación (Ver Anexo 7) en la sexta evaluación, es decir la última evaluación, el tratamiento 3 (F1+S3) obtuvo la mayor variación promedio con 3,90 cm (Ver Figura 12), seguido del tratamiento 2 (F1+S2) con 3,66 cm de variación. En contraste, el tratamiento 13 (F4+S1) presento la menor variación de diámetro promedio con 2,18 cm (Ver Figura 13). La diferencia de costo de producción entre el T3 y T13 es de 3,45 soles. Es decir que esa diferencia de 1,72 cm de variación de la altura promedio por usar el T3 (F1, es decir, los dos tipos de fertilizantes junto con el bioestimulante

y S3, el sustrato conformado por mitad arena y mitad tierra) nos cuesta 3,45 soles a nivel de tratamiento y de 0,35 soles por plántula.

En lo que respecta a la variación del diámetro promedio por número de evaluación (Ver Anexo 7) en la sexta evaluación, es decir la última evaluación, el tratamiento 2 (F1+S2) obtuvo la mayor variación promedio con 0,030 mm (Ver Figura 15), seguido del tratamiento 3 (F1+S3) con 0,026 mm de variación. Por lo contrario, el tratamiento 13 (F4+S1) presento la menor variación de diámetro promedio con 0,015 mm (Ver Figura 16). La diferencia de costo de producción entre el T2 y T13 es de 4,95 soles. Es decir que esa diferencia de 0,015 mm de variación del diámetro promedio por usar el T2 (F1, es decir, los dos tipos de fertilizantes junto con el bioestimulante y S2, el sustrato conformado por mitad turba y mitad tierra) nos cuesta 4,95 soles a nivel de tratamiento y de 0,5 soles por plántula.

Para el caso de la BSA promedio, en la figura 17 se observa que el tratamiento 6 fue el que obtuvo mayor beneficio de todos los tratamientos, este tratamiento tuvo una diferencia en el costo de producción de 4,61 soles frente al T13, el tratamiento de menor costo. Es decir que la diferencia de 0,022 g que existe entre ambos tratamientos nos cuesta 4,61 soles a nivel de tratamiento y de 0,46 por plántula.

Para el caso de la BSR promedio, en la figura 18 se observa que el tratamiento 7 fue el que obtuvo mayor beneficio de todos los tratamientos, este tratamiento tuvo una diferencia en el costo de producción de 3,11 soles frente al T13, el tratamiento de menor costo. Es decir que la diferencia de 0,003 g que existe entre ambos tratamientos nos cuesta 3,11 soles a nivel de tratamiento y de 0,31 por plántula.

V. CONCLUSIONES

- 1) Ambos tipos de fertilizantes foliares (QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS) junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL tuvieron efectos positivos tanto en los atributos morfológicos (altura, BSA, BR) como en los índices de calidad (relación BSA/BSR) de las plántulas de la especie *Pinus tecunumanii* en condiciones de vivero.
- 2) El tipo de fertilización F2 (QUIMIFOL P680 PLUS + AGROSTEMIN GL) obtuvo los mejores promedios en cuanto a altura, BSA, BSR y relación BSA/BSR.
- 3) El tipo de sustrato S2 (50% tierra del área + 50% turba) obtuvo los mejores promedios en cuanto a altura, BSA, BSR y relación BSA/BSR.
- 4) El tratamiento que se realizó con un mayor costo fue el tratamiento T2, y los de menor costo fueron los tratamientos T13 y T15; pero la diferencia monetaria entre estos no es significativa.
- 5) El mejor tratamiento fue el tratamiento T6 (tipo de fertilización F2+ tipo de sustrato S2); y su costo es viable.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones probando diferentes dosis de los fertilizantes foliares utilizados en el presente estudio, para así comprobar si la dosis fue adecuada o debe variar de acuerdo a las diferentes fases de desarrollo de las plántulas.
- Realizar investigaciones en las que se compare el uso de fertilizantes foliares con los fertilizantes aplicados al suelo.
- Realizar investigaciones utilizando diferentes tipos de contenedores.
- Realizar un análisis de suelo previo antes de iniciar un posterior estudio y a mayor profundidad (de perfil).
- Realizar un análisis de suelo para cada tipo de sustrato.
- Realizar un análisis de germinación de las semillas locales utilizadas.
- Implementar más de un vivero con diferentes tipos de malla rachel, en los que se trasladen las plántulas de acuerdo a cada fase de su desarrollo.
- Hacer un seguimiento de las plántulas en tubete hasta su trasplante en campo definitivo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonzo, W. (2018). Evaluación de tres tratamientos pregerminativos y tres sustratos para la producción de semilleros de Guayacán (*Guaiacum sanctum* L.), bajo condiciones de invernadero y análisis histológico e histoquímico de su semilla (Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperada de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/MUPLAM25.pdf>
- Balta, R.; Rodríguez, A.; Guerrero, R.; Cachique, D.; Alva, E.; Arévalo, L.; Loli, O. (2015). Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en Sacha inchi (*Pluketenia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. *Revista Folia Amazónica*, 24(2): 123-130. Recuperada de <https://doi.org/10.24841/fa.v24i2.68>
- Barrera, J.; Cruz, M.; Melgarejo, L. M. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Bazán, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima, Perú.
- Berrios, P. (2007). Efecto residual de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en una plantación de *Pinus tecunumanii* (Schw.) en la época seca en Oxapampa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Birchler, T.; Rose, R. W.; Royo, A.; Pardos, M. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria: Sistemas y recursos forestales*, 7(1 y 2): 109-121. Recuperada de <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806/2169>
- Brack, A. (1984). Plan Maestro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Oxapampa, Pasco. Lima, Perú.
- Buamscha, M. G.; Contardi, L. T.; Dumroese, R.; Enricci, J.; Escobar, R.; Gonda, H.;...Wilkinson, K.M. (2012). Producción de plantas en viveros forestales. Buenos Aires, Argentina: CFI / CIEFAP / UNPSJB. Recuperado de http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf

- Burés, S. (2002). Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. *Revista Extra*, 12:70-78. Recuperada de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2002_E_70_79BIS.pdf
- Cannon, P. G.; Montenegro, H.; Guzmán, F. (1983). Fertilización forestal en el Valle y el Cauca. In *Cartón de Colombia S.A. Octavo informe anual*. Cali, Colombia.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2000). Manejo de 100 especies forestales de América Latina, Turrialba, Costa Rica. *Manual técnico* 41(1):23-24. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo_de_semillas_de_100_especies.pdf;jsessionid=5BD90DD05E618B3E8523A93D90B3A752?sequence=1
- CLIMATE-DATA.ORG. Clima Huancabamba. Recuperado de: <http://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/pasco/huancabamba-720181/>.
- Comerford, N. B.; Smethurst, P. J.; Escamilla, J. A. (1994). Nutrient uptake by woody root systems. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 24(2 y 3): 195-212. Recuperada de <https://pdfs.semanticscholar.org/87cd/ae22456f742703c596960644cff7c2614ec0.pdf>
- Cubbage, F.; Mac Donagh, P.; Ballmelli, G.; Morales, V.; Bussoni, A.; Rubilar, R.;... Carrero, O. (2014). Global timber investments and trends 2005-2011. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 44 (1): 57. Recuperada de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186%2F1179-5395-44-S1-S7.pdf>
- Dvorak, W. S.; Hodge, G. R.; Gutierrez, E. A.; Osorio, L. F.; Maland, F. S.; Stanger, T. K. (2000). Conservation and testing of tropical and subtropical forest species by the CAMCORE Cooperative. College of Natural Resources, Raleigh, North Carolina, USA.
- Espinoza, M. (2005). Influencia de tres variables en la obtención y propiedades fisicoquímicas de la oleoresina del *Pinus tecunumanii* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Anuario estadístico de la FAO. Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>
- Gil-Albert, F. (2012). Operaciones básicas para el mantenimiento de jardines y zonas verdes. Madrid, España.
- Guariguata, M.; Arce, J.; Ammour, T.; Capella, J. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. CIFOR: Documento ocasional, 169(1): 1-7. Recuperada de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf
- Jiménez, R. (2012). Estadística Inferencial II. Instituto Tecnológico de Ensenada, Baja California, México. Recuperado de https://www.academia.edu/8137314/Estad%C3%ADstica_Inferencial_II?auto=download
- Kramer, P. J. (1989). Relaciones hídricas de suelos y plantas: una síntesis moderna. Ciudad de México: Editorial Harla.
- Llanos, U. (2006). Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el establecimiento de *Pinus tecunumanii* (Schw) en Oxapampa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Meléndez, G. & Molina, E. (2002). Fertilización foliar: Principios y aplicaciones. San José, Costa Rica: CIA / UCR. Recuperada de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Mondragón, G. (2016). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, *Sapindus Saponaria* y *Tecoma Stans* en diferentes sustratos durante su propagación en vivero – Lima (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Noordwijk, M.; Spek, L. Y.; Willigen, P. (1994). Proximal roots diameters as predictors of total root system size for fractal branching models. *Plant and Soil*, 164(1): 101 -117. Recuperada de https://www.researchgate.net/publication/216333080_Proximal_root_diameter_as_predictor_of_total_root_size_for_fractal_branching_models_IINumerical_model

- Picón, R. (2013). Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones de cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. en los municipios de Esquipulas y Chuquimula, Guatemala (Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala). Recuperado de http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf
- Ritchie, G. A.; Landis, T. D.; Dumroese, R. K.; Haase, D. L. (2010). Assessing plant quality. The container tree nursery manual, 7 (1):19-81. Recuperada de https://www.researchgate.net/publication/272817459_Assessing_plant_quality
- Sáenz, J.; Villaseñor, F.; Muñoz, H.; Rueda, A.; Prieto, J. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Michoacán, México: SAGARPA / INIFAP / CIRPAC. Recuperado de <https://docplayer.es/17222741-Calidad-de-planta-en-viveros-forestales-de-clima-templado-en-michoacan.html>
- Sanz, M.; Calatayud, V.; Calvo, E. (1995). Diferencias morfológicas en las ceras epiestomáticas de varias poblaciones de *Pinus Sylvestris* L. de Castellón y Teruel. Revista Ecología, 9(1): 201-211. Recuperada de https://www.miteco.gob.es/va/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_09_15_tcm39-100722.pdf
- Sánchez, A.; Benavides, J.; Prieto, J.; Saénz, J.; Orozco, G.; Molina, A. (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 3(14): 69-82. Recuperada de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v3n14/v3n14a6.pdf>
- Sánchez, H. (2014). El diseño y color de contenedores afecta el desarrollo radical de tres especies de pino (Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados). Recuperada de <https://docplayer.es/25944154-El-diseno-y-color-de-contenedor-afecta-el-desarrollo-radical-de-tres-especies-de-pino.html>
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2016). Data histórica del distrito de Huancabamba. Lima, Perú. Recuperado de http://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapaestaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=4725D79C.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2018). Datos hidrometeorológicos de la estación meteorológica de Oxapampa. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

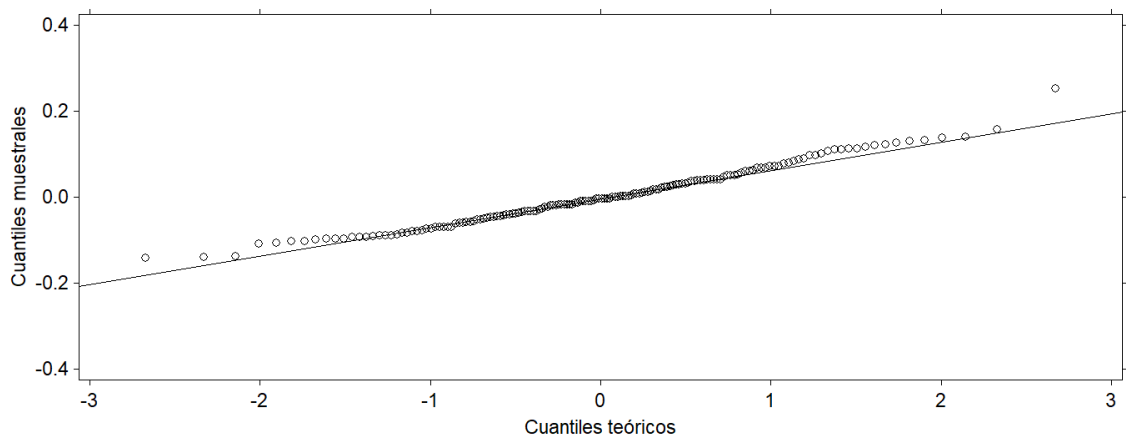
- Smith, C. T.; Beets, P. N.; Dyck, W. J.; Morris, L. A. (1994). Understanding Plant nutrient uptake and supply – opportunities for managing site productivity. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 24(2 y 3): 362-389. Recuperada de https://www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0011/59663/NZJFS_24_P12_9_132-Understanding-plant-nutrient-uptake-and-supply-opportunities-for-managing-site-productivity.pdf
- Sobrero, F. (2009). Análisis de viabilidad: La Cenicienta en los proyectos de inversión. Santa Fe, Argentina: FCE - UNL. Recuperado de <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco%20-%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf>
- Terán, A. (2018). Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de vivero – Oxapampa (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- TROPICOS. Missouri Botanical Garden. *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry. Recuperado de <http://www.tropicos.org/Name/24900830>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 GRÁFICAS NORMAL Q-Q PLOT PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA

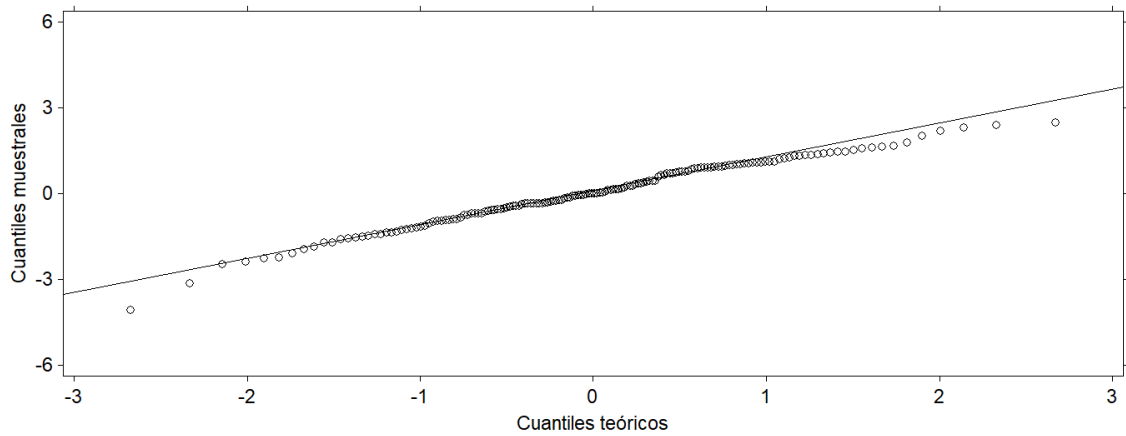
Diámetro

Normal Q-Q plot



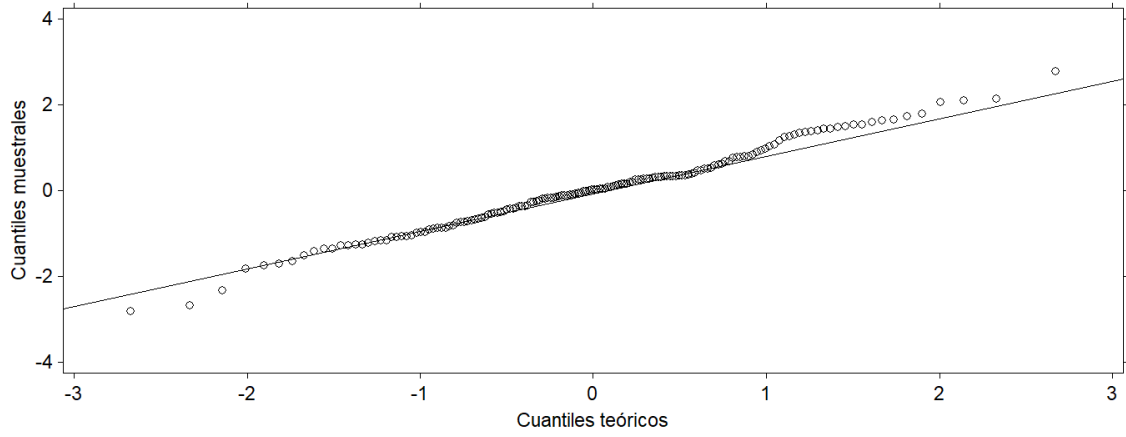
Altura

Normal Q-Q plot



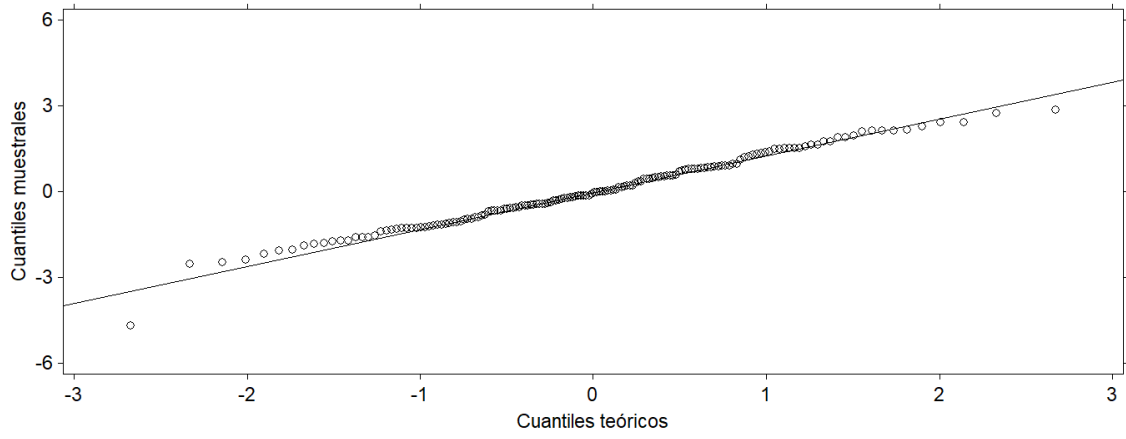
BSA

Normal Q-Q plot



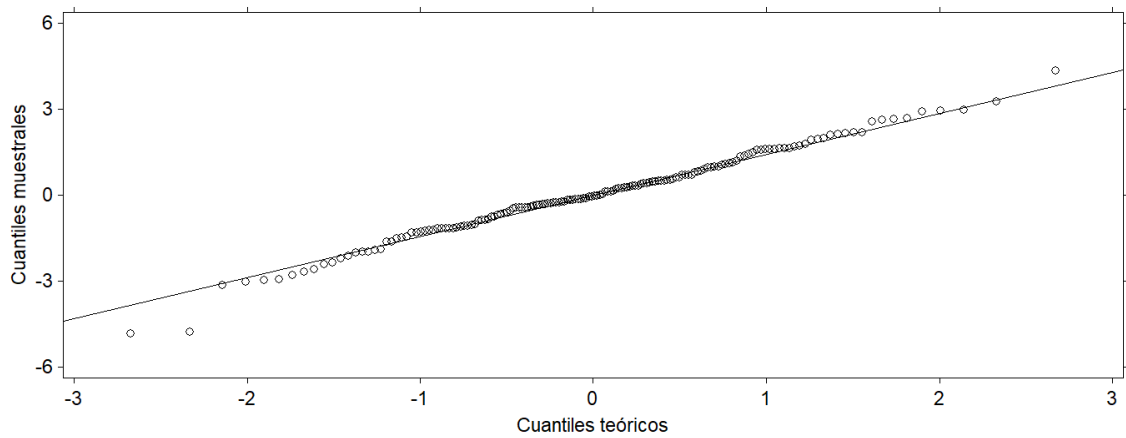
BSR

Normal Q-Q plot



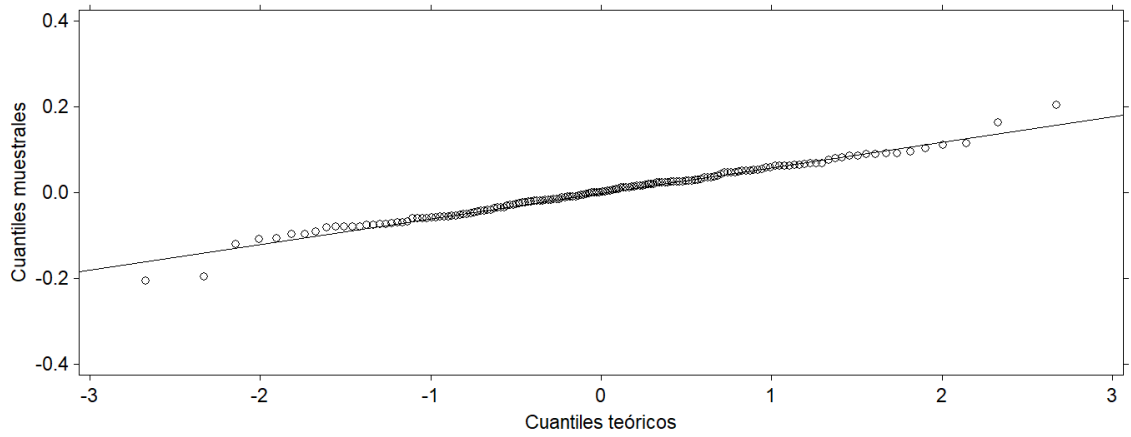
Índice de Robustez

Normal Q-Q plot



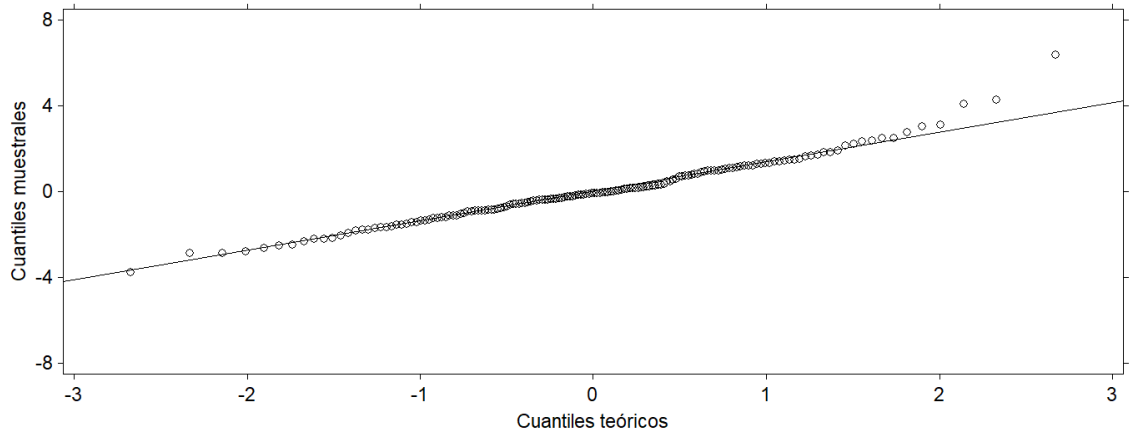
BSA/BSR

Normal Q-Q plot



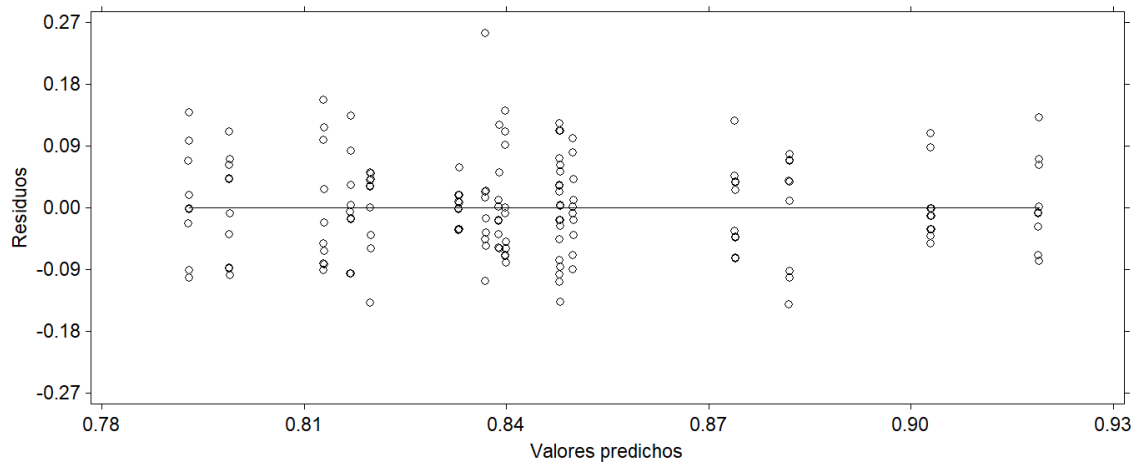
Índice de Calidad de Dickson

Normal Q-Q plot

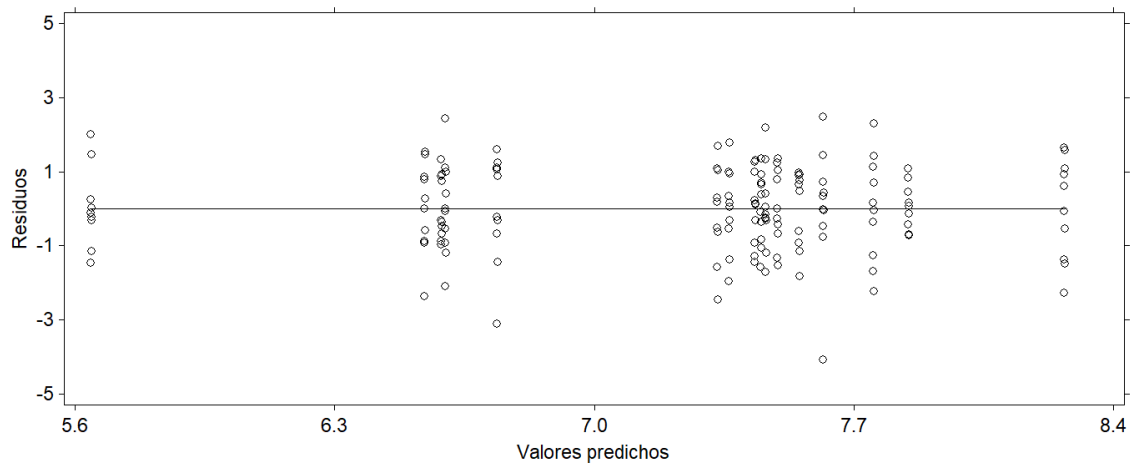


ANEXO 2
GRÁFICAS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA

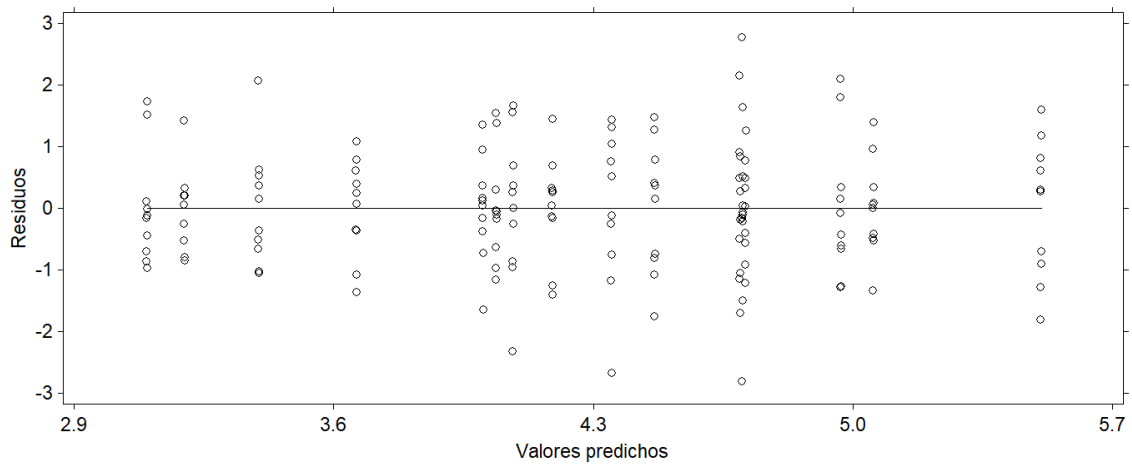
Diámetro



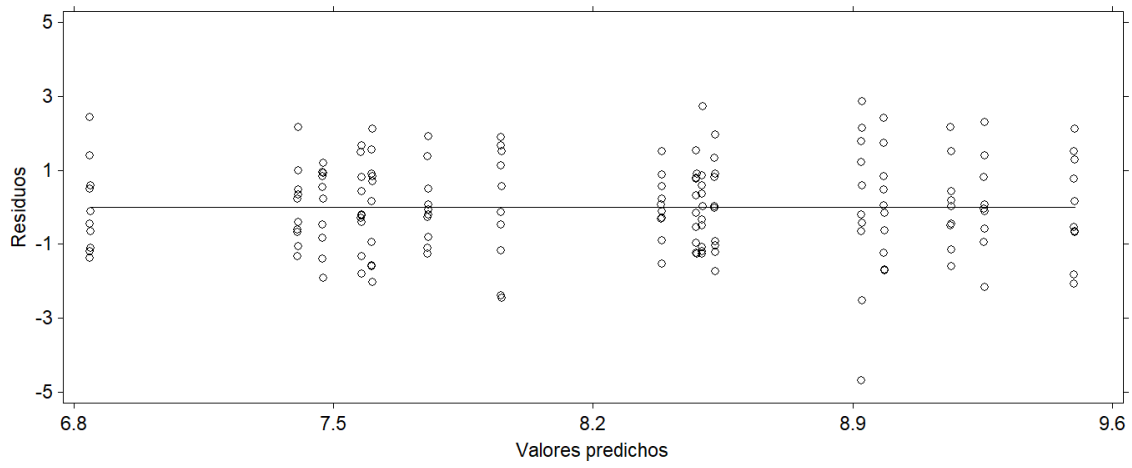
Altura



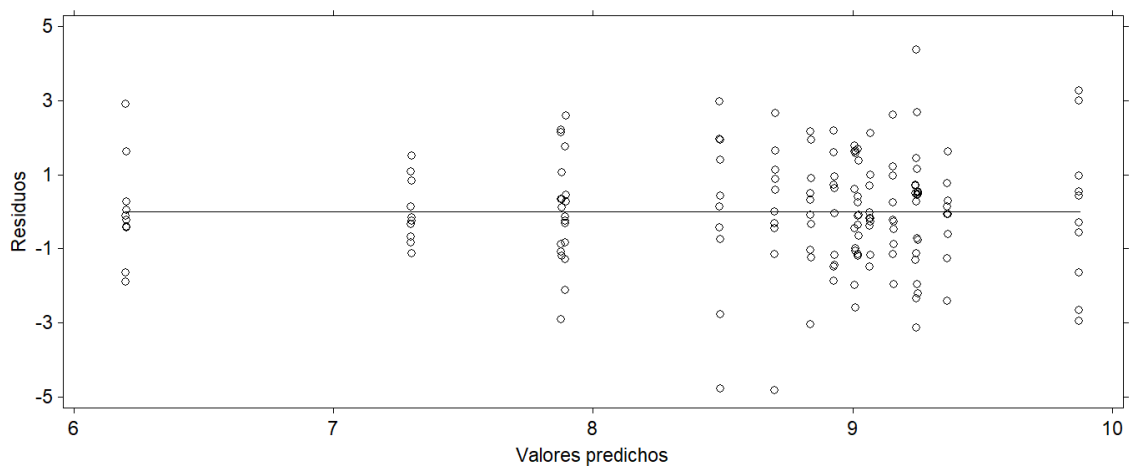
BSA



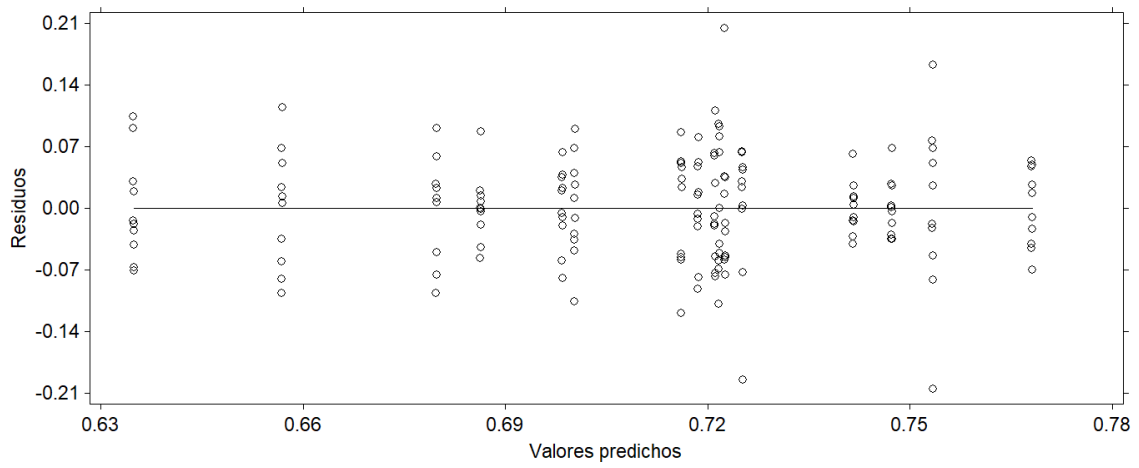
BSR



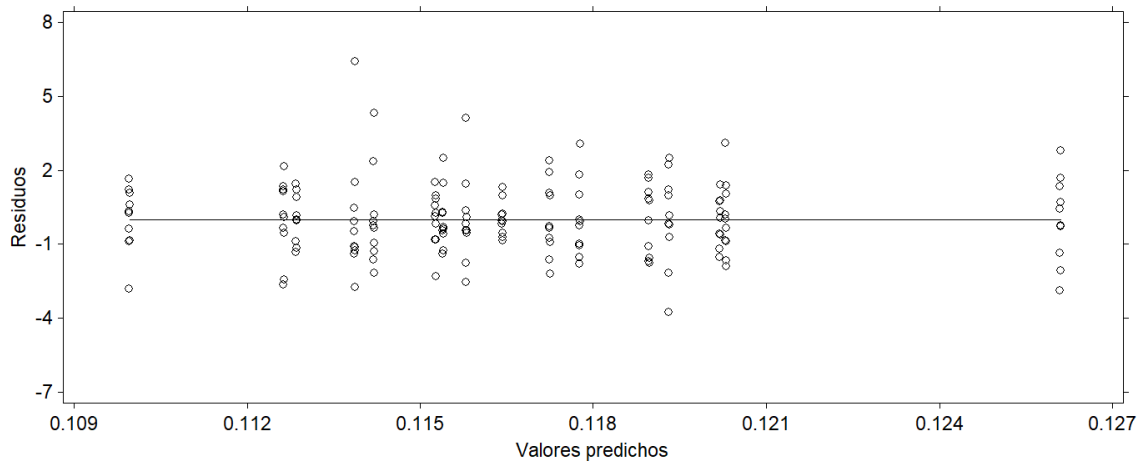
Índice de Robustez



BSA/BSR



Índice de Calidad de Dickson



ANEXO 3

RESUMEN DE MEDIDAS ESTADÍSTICAS POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
1	Diámetro (mm)	10	0,837	0,098	11,680	0,730	1,090
	Altura (cm)	10	6,600	1,299	19,687	4,500	9,000
	Biomasa Seca Aérea	10	0,031	0,009	29,801	0,021	0,048
	Biomasa Seca Radicular	10	0,006	0,002	36,724	0,003	0,009
	Índice de Robustez	10	7,895	1,373	17,395	5,769	10,465
	Relación BSA/BSR	10	5,522	1,418	25,685	3,266	7,677
	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,009	33,295	0,002	0,004
2	Diámetro (mm)	10	0,874	0,064	7,360	0,800	1,000
	Altura (cm)	10	7,850	0,619	7,887	7,100	8,900
	Biomasa Seca Aérea	10	0,044	0,013	29,567	0,017	0,058
	Biomasa Seca Radicular	10	0,006	0,002	27,446	0,003	0,008
	Índice de Robustez	10	9,024	0,964	10,681	7,802	10,723
	Relación BSA/BSR	10	7,795	2,339	30,009	5,387	13,784
	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,008	28,767	0,001	0,004
3	Diámetro (mm)	10	0,848	0,072	8,445	0,740	0,970
	Altura (cm)	10	7,755	1,438	18,544	5,500	10,050
	Biomasa Seca Aérea	10	0,040	0,009	21,952	0,029	0,056
	Biomasa Seca Radicular	10	0,007	0,002	30,098	0,005	0,013
	Índice de Robustez	10	9,244	2,121	22,950	6,111	13,581
	Relación BSA/BSR	10	5,617	0,069	12,347	4,429	6,585
	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	38,852	0,002	0,006
4	Diámetro (mm)	10	0,839	0,055	6,491	0,780	0,960
	Altura (cm)	10	7,495	1,045	13,945	5,950	8,850
	Biomasa Seca Aérea	10	0,047	0,008	16,426	0,035	0,060
	Biomasa Seca Radicular	10	0,007	0,001	20,604	0,005	0,010
	Índice de Robustez	10	9,012	1,646	18,265	6,406	10,793
	Relación BSA/BSR	10	6,709	0,643	9,584	6,023	8,059
	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,000	13,497	0,003	0,004
5	Diámetro (mm)	10	0,817	0,071	8,694	0,720	0,950
	Altura (cm)	10	7,465	1,125	15,070	5,750	9,650
	Biomasa Seca Aérea	10	0,051	0,008	15,448	0,037	0,064
	Biomasa Seca Radicular	10	0,009	0,002	25,504	0,006	0,013
	Índice de Robustez	10	9,159	1,318	14,385	7,188	11,768
	Relación BSA/BSR	10	6,083	0,790	12,986	4,719	7,078
	Índice de Calidad de Dickson	10	0,004	0,001	18,799	0,003	0,005
6	Diámetro (mm)	10	0,848	0,086	10,095	0,710	0,960
	Altura (cm)	10	8,270	1,382	16,712	6,000	9,900
	Biomasa Seca Aérea	10	0,055	0,011	20,326	0,037	0,071
	Biomasa Seca Radicular	10	0,009	0,002	27,031	0,005	0,013

6	Índice de Robustez	10	9,874	2,111	21,375	6,897	13,133
6	Relación BSA/BSR	10	6,461	0,866	13,398	5,338	7,707
6	Índice de Calidad de Dickson	10	0,004	0,001	24,949	0,003	0,005
7	Diámetro (mm)	10	0,799	0,076	9,485	0,700	0,910
7	Altura (cm)	10	7,450	0,954	12,801	5,850	8,800
7	Biomasa Seca Aérea	10	0,050	0,012	23,214	0,037	0,071
7	Biomasa Seca Radicular	10	0,009	0,003	29,053	0,006	0,014
7	Índice de Robustez	10	9,368	1,235	13,177	6,964	10,987
7	Relación BSA/BSR	10	5,648	1,537	27,216	4,324	9,309
7	Índice de Calidad de Dickson	10	0,004	0,001	30,652	0,003	0,006
8	Diámetro (mm)	10	0,793	0,083	10,417	0,690	0,930
8	Altura (cm)	10	7,335	1,314	17,918	4,850	9,000
8	Biomasa Seca Aérea	10	0,047	0,012	24,705	0,030	0,068
8	Biomasa Seca Radicular	10	0,008	0,003	31,199	0,005	0,013
8	Índice de Robustez	10	9,253	1,463	15,807	7,029	11,929
8	Relación BSA/BSR	10	5,859	0,983	16,779	4,262	7,000
8	Índice de Calidad de Dickson	10	0,004	1,169	31,228	0,002	0,006
9	Diámetro (mm)	10	0,850	0,061	7,145	0,760	0,950
9	Altura (cm)	10	7,555	1,039	13,754	5,700	8,500
9	Biomasa Seca Aérea	10	0,042	0,008	20,218	0,028	0,056
9	Biomasa Seca Radicular	10	0,007	0,002	28,553	0,005	0,011
9	Índice de Robustez	10	8,931	1,429	15,994	7,037	11,118
9	Relación BSA/BSR	10	5,829	1,044	17,906	4,660	7,962
9	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	26,861	0,002	0,005
10	Diámetro (mm)	10	0,882	0,081	9,161	0,740	0,960
10	Altura (cm)	10	7,620	1,713	22,479	3,550	10,100
10	Biomasa Seca Aérea	10	0,041	0,012	29,307	0,018	0,057
10	Biomasa Seca Radicular	10	0,006	0,002	28,911	0,003	0,009
10	Índice de Robustez	10	8,703	2,030	23,327	3,859	11,348
10	Relación BSA/BSR	10	7,059	1,420	20,117	4,487	9,758
10	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	41,999	0,002	0,006
11	Diámetro (mm)	10	0,840	0,083	9,897	0,760	0,980
11	Altura (cm)	10	7,365	1,121	15,218	5,400	9,150
11	Biomasa Seca Aérea	10	0,047	0,015	32,436	0,019	0,075
11	Biomasa Seca Radicular	10	0,008	0,004	44,092	0,002	0,014
11	Índice de Robustez	10	8,841	1,547	17,492	5,807	10,987
11	Relación BSA/BSR	10	6,379	2,373	37,190	3,741	10,444
11	Índice de Calidad de Dickson	10	0,004	0,001	36,395	0,001	0,006
12	Diámetro (mm)	10	0,820	0,062	7,583	0,680	0,870
12	Altura (cm)	10	7,435	1,002	13,472	6,000	8,750
12	Biomasa Seca Aérea	10	0,045	0,011	23,810	0,027	0,059
12	Biomasa Seca Radicular	10	0,007	0,002	23,210	0,005	0,010
12	Índice de Robustez	10	9,069	1,043	11,499	7,558	11,154
12	Relación BSA/BSR	10	6,275	1,541	24,567	4,620	9,269
12	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,008	23,138	0,002	0,004

13 (Control)	Diámetro (mm)	10	0,919	0,069	7,494	0,840	1,050
13 (Control)	Altura (cm)	10	5,645	1,058	18,736	4,150	7,650
13 (Control)	Biomasa Seca Aérea	10	0,032	0,007	20,915	0,023	0,046
13 (Control)	Biomasa Seca Radicular	10	0,006	0,002	29,042	0,004	0,009
13 (Control)	Índice de Robustez	10	6,202	1,410	22,743	4,286	9,107
13 (Control)	Relación BSA/BSR	10	6,032	1,614	26,759	3,725	7,844
13 (Control)	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	27,783	0,002	0,005
14	Diámetro (mm)	10	0,903	0,054	5,976	0,850	1,010
14	Altura (cm)	10	6,590	0,853	12,939	5,600	7,900
14	Biomasa Seca Aérea	10	0,034	0,010	27,961	0,023	0,055
14	Biomasa Seca Radicular	10	0,005	0,002	37,188	0,003	0,009
14	Índice de Robustez	10	7,300	0,865	11,848	6,162	8,778
14	Relación BSA/BSR	10	7,378	1,682	22,794	5,244	11,031
14	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	29,873	0,002	0,004
15	Diámetro (mm)	10	0,833	0,028	3,398	0,800	0,890
15	Altura (cm)	10	6,545	1,226	18,735	4,150	8,050
15	Biomasa Seca Aérea	10	0,037	0,008	21,572	0,023	0,047
15	Biomasa Seca Radicular	10	0,007	0,002	37,692	0,003	0,010
15	Índice de Robustez	10	7,878	1,584	20,106	4,941	10,063
15	Relación BSA/BSR	10	6,174	2,119	34,313	4,024	10,677
15	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	29,695	0,002	0,005
16	Diámetro (mm)	10	0,813	0,093	11,466	0,720	0,970
16	Altura (cm)	10	6,740	1,481	21,970	3,600	8,350
16	Biomasa Seca Aérea	10	0,040	0,008	20,843	0,024	0,054
16	Biomasa Seca Radicular	10	0,006	0,002	26,843	0,004	0,009
16	Índice de Robustez	10	8,491	2,351	27,682	3,711	11,438
16	Relación BSA/BSR	10	6,771	1,540	22,749	4,473	9,119
16	Índice de Calidad de Dickson	10	0,003	0,001	21,420	0,002	0,004

ANEXO 4
RESULTADOS DEL ANOVA Y TUKEY PARA LAS VARIABLES DE
RESPUESTA

Diámetro

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FERTILIZACIÓN	3	0,05834	0,01945	3,67	0,0139
SUSTRATO	3	0,08699	0,02900	5,47	0,0014
FERT*SUST	9	0,04081	0,00453	0,85	0,5673
ERROR	144	0,76385	0,00530		
TOTAL	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,8447 CV 8,62

Diámetro. mm – Medias ajustadas y errores estándares para fertilización

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

Fertilización	Medias	Grupos homogéneos
F4	0,8670	A
F1	0,8495	AB
F3	0,8480	AB
F2	0,8142	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,0163
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,0418
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Diámetro. mm – Medias ajustadas y errores estándares para sustrato

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

Sustrato	Medias	Grupos homogéneos
S2	7,5825	A
S3	7,2787	AB
S4	7,2513	AB
S1	6,8163	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,0163
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,0418
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Altura

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FERTILIZACIÓN	3	39,603	13,2009	9,24	0,0000
SUSTRATO	3	11,930	3,9767	2,78	0,0431
FERT*SUST	9	11,192	1,2435	0,87	0,5533

Error	144	205,737	1,4287
Total	159		

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 7,2322 CV 16,53

Altura. cm – Medias ajustadas y errores estándares para fertilización

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

<u>Fertilización</u>	<u>Medias</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
F2	7,6300	A
F3	7,4938	A
F1	7,4250	A
F4	6,3800	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,2673
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,6864
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Altura. cm – Medias ajustadas y errores estándares para sustrato

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

<u>Sustrato</u>	<u>Medias</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
S2	7,5825	A
S3	7,2787	AB
S4	7,2513	AB
S1	6,8163	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,2673
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,6864
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Biomasa seca aérea (BSA)

Análisis de Varianza

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	<u>F-value</u>	<u>P-value</u>
FER	3	0,00469	0,00156	14,96	0,0000
SUB	3	0,00079	0,00026	2,51	0,0609
FER*SUB	9	0,00158	0,00018	1,68	0,0979
Error	144	0,01504	0,00010		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,0426 CV 24,00

BMS. foliar – Medias ajustadas y errores estándares para fertilización

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

<u>Fertilización</u>	<u>Medias</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
F2	0,0506	A
F3	0,0436	B
F1	0,0405	BC

F4 0,0357 C

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 2,286E-03
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 5,870E-03
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Biomasa seca radicular (BSR)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	0,00646	0,00215	12,54	0,0000
SUB	3	0,00184	0,00061	3,57	0,0156
FER*SUB	9	0,00081	0,00009	0,52	0,8550
Error	144	0,02474	0,00017		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,0827 CV 15,85

BMS. radicular – Medias ajustadas y errores estándares para fertilización

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

Fertilización	Medias	Grupos homogéneos
F2	0,0923	A
F3	0,0838	B
F1	0,0799	BC
F4	0,0749	C

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 2,931E-03
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 7,527E-03
Término de error utilizado: Error, 144 DF

BMS. radicular – Medias ajustadas y errores estándares para sustrato

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

Sustrato	Medias	Grupos homogéneos
S3	0,0872	A
S4	0,0840	AB
S1	0,0818	AB
S2	0,0779	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 2,931E-03
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 7,527E-03
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Índice de robustez (IR)

Análisis de Varianza

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	<u>F-value</u>	<u>P-value</u>
FER	3	82,264	27,4215	10,89	0,0000
SUB	3	19,860	6,6199	2,63	0,0525
FER*SUB	9	23,483	2,6092	1,04	0,4143
Error	144	362,618	2,5182		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 8,6403 CV 18,37

Índice. Robustez – Medias ajustadas y errores estándares para fertilización

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

<u>Fertilización</u>	<u>Medias</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
F2	9,4136	A
F3	8,8862	A
F1	8,7934	A
F4	7,4678	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,3548
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,9113
Término de error utilizado: Error, 144 DF

R BSA/BSR

Análisis de Varianza

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	<u>F-value</u>	<u>P-value</u>
FER	3	0,05091	0,01697	4,29	0,0062
SUB	3	0,06956	0,02319	5,87	0,0008
FER*SUB	9	0,06445	0,00716	1,81	0,0708
Error	144	0,56910	0,00395		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,7121 CV 8,83

Relación. BA.BR – Medias ajustadas y errores estándares para sustrato

Prueba de comparación Tukey HSD All-Pairwise

<u>Sustrato</u>	<u>Medias</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
S2	0,7368	A
S4	0,7260	A
S3	0,7025	AB
S1	0,6830	B

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

Alfa 0,05 Error estándar de comparación 0,0141
Valor Q crítico 3,632 Valor crítico para la comparación 0,0361
Término de error utilizado: Error, 144 DF

Índice de Calidad de Dickson (ICD)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	0,00082	2,738E-04	1,14	0,3340
SUB	3	0,00050	1,678E-04	0,70	0,5533
FER*SUB	9	0,00090	9,994E-05	0,42	0,9244
Error	144	0,03451	2,396E-04		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,1167 CV 13,27

ANEXO 5
CONTRASTE DE CONTROL VERSUS TRATAMIENTOS PARA CADA TIPO DE
SUSTRATO

Diámetro

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
SUB	3	0,08699	0,02900	5,24	0,0018
Error	156	0,86299	0,00553		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,8447 CV 8,81

Altura

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
SUB	3	11,930	3,97672	2,42	0,0684
Error	156	256,532	1,64443		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 7,2322 CV 17,73

Biomasa seca aérea (BSA)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
SUB	3	0,00079	2,625E-04	1,92	0,1284
Error	156	0,02132	1,366E-04		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,0426 CV 27,45

Biomasa seca radicular (BSR)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
SUB	3	0,00184	6,137E-04	2,99	0,0328
Error	156	0,03201	2,052E-04		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
Gran Media 0,0827 CV 17,32

ANEXO 6
CONTRASTE DE CONTROL VERSUS TRATAMIENTOS PARA CADA TIPO DE FERTILIZACIÓN

Diámetro

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	0,05834	0,01945	3,40	0,0193
Error	156	0,89165	0,00572		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
 Gran Media 0,8447 CV 8,95

Altura

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	39,603	13,2009	9,00	0,0000
Error	156	228,859	1,4670		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
 Gran Media 7,2322 CV 16,75

Biomasa seca aérea (BSA)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	0,00469	0,00156	14,00	0,0000
Error	156	0,01742	0,00011		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
 Gran Media 0,0426 CV 24,81

Biomasa seca radicular (BSR)

Análisis de Varianza

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
FER	3	0,00646	0,00215	12,26	0,0000
Error	156	0,02739	0,00018		
Total	159				

Nota: Las SS son sumas de cuadrados marginales (tipo III)
 Gran Media 0,0827 CV 16,02

ANEXO 7
MEDIDAS ESTADÍSTICAS POR TRATAMIENTO Y NÚMERO DE
EVALUACIÓN

Para diámetro

	Evaluación	Promedio (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Desviación Estándar (mm)	Coefficiente de variación (%)
Tratamiento 1 (F1 +S1)	1	0,81	1,06	0,70	0,0961	12
	2	0,82	1,06	0,71	0,0944	12
	3	0,82	1,07	0,72	0,0945	11
	4	0,83	1,08	0,72	0,0961	12
	5	0,83	1,08	0,72	0,0964	12
	6	0,84	1,09	0,73	0,0978	12
Tratamiento 2 (F1 +S2)	1	0,84	0,97	0,76	0,0645	8
	2	0,85	0,98	0,77	0,0641	8
	3	0,86	0,98	0,78	0,0628	7
	4	0,87	0,99	0,79	0,0631	7
	5	0,87	0,99	0,79	0,0631	7
	6	0,87	1,00	0,80	0,0643	7
Tratamiento 3 (F1 +S3)	1	0,82	0,94	0,72	0,0704	9
	2	0,83	0,95	0,72	0,0723	9
	3	0,83	0,95	0,73	0,0701	8
	4	0,84	0,96	0,73	0,0722	9
	5	0,84	0,96	0,74	0,0701	8
	6	0,85	0,97	0,74	0,0716	8
Tratamiento 4 (F1 +S4)	1	0,82	0,94	0,75	0,0560	7
	2	0,82	0,95	0,76	0,0563	7
	3	0,83	0,95	0,77	0,0548	7
	4	0,83	0,96	0,78	0,0550	7
	5	0,84	0,96	0,78	0,0534	6
	6	0,84	0,96	0,78	0,0545	6
Tratamiento 5 (F2 +S1)	1	0,80	0,93	0,70	0,0710	9
	2	0,80	0,93	0,71	0,0681	8
	3	0,81	0,94	0,71	0,0710	9
	4	0,81	0,95	0,72	0,0703	9
	5	0,82	0,95	0,72	0,0710	9
	6	0,82	0,95	0,72	0,0710	9
Tratamiento 6 (F2 +S2)	1	0,83	0,94	0,68	0,0871	11
	2	0,83	0,95	0,69	0,0860	10
	3	0,84	0,96	0,70	0,0857	10
	4	0,84	0,96	0,70	0,0850	10
	5	0,85	0,96	0,70	0,0860	10
	6	0,85	0,96	0,71	0,0856	10

Tratamiento 7 (F2 +S3)	1	0,78	0,89	0,68	0,0758	10
	2	0,78	0,90	0,69	0,0753	10
	3	0,79	0,90	0,69	0,0758	10
	4	0,80	0,90	0,70	0,0728	9
	5	0,80	0,91	0,70	0,0758	9
	6	0,80	0,91	0,70	0,0758	9
Tratamiento 8 (F2 +S4)	1	0,77	0,90	0,68	0,0786	10
	2	0,78	0,90	0,68	0,0798	10
	3	0,78	0,91	0,68	0,0822	10
	4	0,79	0,92	0,69	0,0837	11
	5	0,79	0,92	0,69	0,0808	10
	6	0,79	0,93	0,69	0,0826	10
Tratamiento 9 (F3 +S1)	1	0,83	0,92	0,74	0,0603	7
	2	0,83	0,93	0,74	0,0636	8
	3	0,84	0,93	0,75	0,0619	7
	4	0,85	0,94	0,75	0,0619	7
	5	0,85	0,94	0,76	0,0603	7
	6	0,85	0,95	0,76	0,0607	7
Tratamiento 10 (F3 +S2)	1	0,86	0,93	0,71	0,0808	9
	2	0,87	0,94	0,72	0,0792	9
	3	0,87	0,94	0,72	0,0797	9
	4	0,88	0,95	0,73	0,0797	9
	5	0,88	0,95	0,73	0,0799	9
	6	0,88	0,96	0,74	0,0808	9
Tratamiento 11 (F3 +S3)	1	0,82	0,95	0,74	0,0814	10
	2	0,82	0,96	0,75	0,0807	10
	3	0,83	0,97	0,75	0,0821	10
	4	0,83	0,97	0,76	0,0807	10
	5	0,84	0,98	0,76	0,0815	10
	6	0,84	0,98	0,76	0,0831	10
Tratamiento 12 (F3 +S4)	1	0,80	0,84	0,66	0,0593	7
	2	0,80	0,85	0,67	0,0600	7
	3	0,81	0,86	0,67	0,0622	8
	4	0,82	0,86	0,68	0,0593	7
	5	0,82	0,87	0,68	0,0607	7
	6	0,82	0,87	0,68	0,0622	8
Tratamiento 13 (F4 +S1)	1	0,90	1,04	0,82	0,0685	8
	2	0,91	1,05	0,83	0,0689	8
	3	0,92	1,05	0,84	0,0670	7
	4	0,92	1,05	0,84	0,0670	7
	5	0,92	1,05	0,84	0,0689	7
	6	0,92	1,05	0,84	0,0689	7

Tratamiento 14 (F4 +S2)	1	0,89	0,99	0,84	0,0517	6
	2	0,89	0,99	0,84	0,0523	6
	3	0,90	1,00	0,85	0,0517	6
	4	0,90	1,01	0,85	0,0551	6
	5	0,90	1,01	0,85	0,0551	6
	6	0,90	1,01	0,85	0,0540	6
Tratamiento 15 (F4 +S3)	1	0,81	0,87	0,77	0,0306	4
	2	0,82	0,88	0,78	0,0311	4
	3	0,83	0,88	0,79	0,0279	3
	4	0,83	0,89	0,79	0,0301	4
	5	0,83	0,89	0,79	0,0292	4
	6	0,83	0,89	0,80	0,0283	3
Tratamiento 16 (F4 +S4)	1	0,79	0,96	0,70	0,0962	12
	2	0,80	0,96	0,71	0,0948	12
	3	0,81	0,97	0,72	0,0955	12
	4	0,81	0,97	0,72	0,0943	12
	5	0,81	0,97	0,72	0,0929	11
	6	0,81	0,97	0,72	0,0932	11

Para altura

	Evaluación	Promedio (cm)	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	Desviación Estándar (cm)	Coficiente de variación (%)
Tratamiento 1 (F1 +S1)	1	3,75	6,00	2,70	0,9180	24
	2	4,81	6,85	3,25	0,9655	20
	3	5,40	7,30	3,55	0,9894	18
	4	5,87	8,20	3,95	1,1797	20
	5	6,38	8,85	4,30	1,2772	20
	6	6,60	9,00	4,50	1,2994	20
Tratamiento 2 (F1 +S2)	1	4,19	5,00	3,60	0,3957	9
	2	5,41	6,45	4,70	0,5216	10
	3	6,26	6,95	5,40	0,4833	8
	4	6,99	7,80	6,10	0,4583	7
	5	7,60	8,70	6,90	0,5691	7
	6	7,85	8,90	7,10	0,6191	8
Tratamiento 3 (F1 +S3)	1	3,86	5,50	2,30	0,9430	24
	2	4,95	6,75	2,90	1,1108	22
	3	5,88	7,90	4,00	1,2325	21
	4	6,56	8,55	4,60	1,2112	18
	5	7,44	9,80	5,15	1,4458	19
	6	7,76	10,05	5,50	1,4381	19

Tratamiento 4 (F1 +S4)	1	4,34	5,60	3,60	0,5797	13
	2	4,96	6,00	3,95	0,7195	15
	3	5,95	7,20	4,45	0,9262	16
	4	6,63	7,80	5,15	0,9866	15
	5	7,25	8,70	5,80	1,0864	15
	6	7,50	8,85	5,95	1,0452	14
Tratamiento 5 (F2 +S1)	1	4,34	5,20	3,20	0,6867	16
	2	5,12	6,25	4,15	0,6605	13
	3	5,94	7,65	4,15	1,0217	17
	4	6,77	8,50	5,20	1,0480	15
	5	7,33	9,60	5,60	1,1533	16
	6	7,47	9,65	5,75	1,1250	15
Tratamiento 6 (F2 +S2)	1	5,00	6,50	3,35	1,0935	22
	2	5,93	7,15	4,50	0,9511	16
	3	6,91	8,70	5,05	1,1932	17
	4	7,54	9,25	5,35	1,3414	18
	5	8,07	9,80	5,90	1,3977	17
	6	8,27	9,90	6,00	1,3821	17
Tratamiento 7 (F2 +S3)	1	4,63	5,85	3,70	0,6228	13
	2	5,50	6,90	4,30	0,7699	14
	3	6,16	7,45	5,00	0,8126	13
	4	6,84	7,95	5,50	0,9250	14
	5	7,26	8,30	5,75	0,9258	13
	6	7,45	8,80	5,85	0,9536	13
Tratamiento 8 (F2 +S4)	1	4,20	5,20	3,20	0,6064	14
	2	5,20	6,80	4,00	0,7382	14
	3	6,11	7,50	4,00	0,9769	16
	4	6,65	8,05	4,65	1,0283	15
	5	7,13	8,50	4,65	1,2669	18
	6	7,34	9,00	4,85	1,3142	18
Tratamiento 9 (F3 +S1)	1	4,32	5,40	3,25	0,8100	19
	2	5,21	6,20	4,20	0,7490	14
	3	6,00	7,05	4,60	0,9292	15
	4	6,79	7,70	5,40	0,9492	14
	5	7,38	8,40	5,60	1,0006	14
	6	7,56	8,50	5,70	1,0391	14
Tratamiento 10 (F3 +S2)	1	4,23	5,85	3,20	0,8036	19
	2	5,37	7,00	3,40	1,1210	21
	3	6,14	8,40	3,50	1,3329	22
	4	6,86	9,15	3,50	1,4715	21
	5	7,37	9,80	3,50	1,6493	22
	6	7,62	10,10	3,55	1,7129	22

Tratamiento 11 (F3 +S3)	1	4,12	5,05	2,55	0,6650	16
	2	5,17	6,10	3,40	0,7458	14
	3	6,03	7,00	4,10	0,8073	13
	4	6,60	7,85	4,55	0,9412	14
	5	7,14	8,60	5,20	1,0464	15
	6	7,37	9,15	5,40	1,1208	15
Tratamiento 12 (F3 +S4)	1	4,44	5,45	3,80	0,6136	14
	2	5,30	6,20	4,55	0,6189	12
	3	6,16	7,30	5,00	0,8029	13
	4	6,94	8,05	5,65	0,8551	12
	5	7,24	8,60	5,90	0,9621	13
	6	7,44	8,75	6,00	1,0017	13
Tratamiento 13 (F4 +S1)	1	3,47	4,50	2,60	0,6088	18
	2	4,39	5,60	3,40	0,7978	18
	3	4,81	6,40	3,50	0,9036	19
	4	5,12	6,85	3,80	1,0100	20
	5	5,48	7,50	4,00	1,0573	19
	6	5,65	7,65	4,15	1,0576	19
Tratamiento 14 (F4 +S2)	1	3,75	4,30	3,10	0,3804	10
	2	4,62	5,50	4,00	0,5888	13
	3	5,31	6,35	4,60	0,7520	14
	4	6,06	7,10	5,25	0,8075	13
	5	6,41	7,80	5,45	0,8343	13
	6	6,59	7,90	5,60	0,8527	13
Tratamiento 15 (F4 +S3)	1	4,09	5,40	3,30	0,6783	17
	2	4,82	6,10	3,95	0,7180	15
	3	5,63	7,45	4,00	0,9696	17
	4	5,99	7,75	4,10	1,0266	17
	5	6,38	7,90	4,10	1,1783	18
	6	6,55	8,05	4,15	1,2262	19
Tratamiento 16 (F4 +S4)	1	4,11	5,60	2,35	0,8646	21
	2	4,84	6,20	2,55	1,0488	22
	3	5,58	7,30	3,50	1,1031	20
	4	6,22	8,05	3,50	1,2988	21
	5	6,61	8,25	3,60	1,4240	22
	6	6,74	8,35	3,60	1,4808	22

ANEXO 8
REGISTRO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA ESTACIÓN
METEOROLÓGICA OXAPAMPA

Día/mes/año	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Precipitación (mm/día)
	Prom	Max	Min		
1/03/2018	18,5	22,8	14,2	84,7	7,1
2/03/2018	17,8	22,7	12,9	86	17
3/03/2018	18,3	24,2	12,4	87	0,6
4/03/2018	19,75	25,4	14,1	89,7	5,6
5/03/2018	18,7	25,2	12,2	83,8	0
6/03/2018	18,8	23	14,6	90,4	17
7/03/2018	18,8	23,8	13,8	90,1	2
8/03/2018	18,95	23,7	14,2	92,3	2,4
9/03/2018	19,2	24	14,4	94,6	5,7
10/03/2018	19,9	24,5	15,3	95,2	6
11/03/2018	20	24,9	15,1	93,3	0
12/03/2018	20,25	24,7	15,8	90,4	6,7
13/03/2018	19,5	23	16	94,4	33,4
14/03/2018	16,85	20,3	13,4	90,8	5
15/03/2018	19	24,8	13,2	82,8	5,4
16/03/2018	19,95	25,7	14,2	76,9	4,1
17/03/2018	19,7	24,1	15,3	84,6	8,4
18/03/2018	19,75	24,6	14,9	82,6	2,9
19/03/2018	19,45	24,2	14,7	83,8	2,8
20/03/2018	19,7	25,1	14,3	89,1	8
21/03/2018	17,95	22,7	13,2	84,2	1,4
22/03/2018	18,75	23,5	14	87,2	4
23/03/2018	19,05	23,7	14,4	87,3	4,8
24/03/2018	19,45	23,9	15	85,6	4,7
25/03/2018	19,5	24,2	14,8	82,3	3,1
26/03/2018	17,25	19,6	14,9	92,8	17,6
27/03/2018	17,25	22,7	11,8	83	0
28/03/2018	19,8	26,4	13,2	82,5	0,5
29/03/2018	19,1	23,3	14,9	90,7	1,5
30/03/2018	18,35	21,5	15,2	91,3	10,5
31/03/2018	19,2	24,1	14,3	85,2	0
1/04/2018	18,2	21,4	15	90,4	4,3
2/04/2018	17,35	20,6	14,1	92,4	2,9
3/04/2018	18,95	24,1	13,8	82,6	13,2
4/04/2018	17,35	21,8	12,9	87,8	2
5/04/2018	19,05	25,2	12,9	85,3	3,6
6/04/2018	16,15	19,6	12,7	93,7	1,8

7/04/2018	18,9	25	12,8	82,7	9,6
8/04/2018	16,45	20,3	12,6	93,2	17
9/04/2018	17,35	21,9	12,8	90,7	37,2
10/04/2018	18,65	25,9	11,4	81,6	0
11/04/2018	19,05	25,4	12,7	80,8	0
12/04/2018	17,95	23,1	12,8	89,7	5,2
13/04/2018	17,25	22,3	12,2	87,4	26
14/04/2018	16,75	21,4	12,1	86,8	0,5
15/04/2018	17,8	23,8	11,8	83,2	0
16/04/2018	18,35	24	12,7	77,9	0
17/04/2018	17,35	23,9	10,8	81,9	0
18/04/2018	18,85	24	13,7	83	0
19/04/2018	18,95	23,8	14,1	82,5	0
20/04/2018	19,55	24,9	14,2	82,5	0
21/04/2018	18,25	23	13,5	87,2	0
22/04/2018	19,2	25,2	13,2	89,7	6,4
23/04/2018	19,2	24,5	13,9	85,6	0
24/04/2018	19,25	23,9	14,6	86,9	18,1
25/04/2018	18	22,2	13,8	86	0
26/04/2018	18,9	24,8	13	82,8	0
27/04/2018	19,05	25,8	12,3	80,9	18
28/04/2018	17,65	21,4	13,9	92,3	6
29/04/2018	17,15	22,4	11,9	91	4
30/04/2018	18,3	24,8	11,8	83,9	0
1/05/2018	19,05	23,4	14,7	84,1	0
2/05/2018	18,05	24,8	11,3	84,7	0
3/05/2018	18,3	25,4	11,2	88,6	0
4/05/2018	17,45	21,8	13,1	89,3	1,5
5/05/2018	18,05	23,2	12,9	92,7	0
6/05/2018	18,5	24,2	12,8	81,9	0
7/05/2018	18,7	23,2	14,2	87,1	0
8/05/2018	17,75	23,9	11,6	86,2	5
9/05/2018	18,45	24,6	12,3	85,6	0
10/05/2018	18,8	25,1	12,5	87,3	0
11/05/2018	18,4	22,4	14,4	93,4	15
12/05/2018	19	24,8	13,2	83,7	0,8
13/05/2018	17,95	24,1	11,8	83,7	0,5
14/05/2018	18,45	24,9	12	83,7	0
15/05/2018	19,2	25,3	13,1	82,4	0
16/05/2018	19,45	24,7	14,2	83,1	0
17/05/2018	18	24,1	11,9	82,5	0
18/05/2018	18,35	25,1	11,6	82,5	0
19/05/2018	19,2	24,6	13,8	79,6	0
20/05/2018	17,8	23,2	12,4	84,4	0
21/05/2018	18,2	24,3	12,1	81,3	0

22/05/2018	17,3	22,8	11,8	82,8	0
23/05/2018	18	23,1	12,9	83,6	0
24/05/2018	18,05	23,4	12,7	82,6	0
25/05/2018	18,05	23,6	12,5	82,6	0
26/05/2018	18,2	24,9	11,5	76	0
27/05/2018	18,65	24,5	12,8	82,9	0
28/05/2018	18,15	22,3	14	90,4	0
29/05/2018	19,15	24,5	13,8	85,2	10
30/05/2018	18,95	23,8	14,1	83,3	0
31/05/2018	18,25	24,7	11,8	80,7	0
1/06/2018	17,75	23,9	11,6	81,6	3,8
2/06/2018	19,1	24,1	14,1	80,5	12,7
3/06/2018	18,1	23,8	12,4	92,1	26,5
4/06/2018	17,1	21,9	12,3	84,3	0
5/06/2018	18,4	24,7	12,1	80,8	0
6/06/2018	19	24,7	13,3	80,6	0
7/06/2018	18,55	24,6	12,5	78	0
8/06/2018	17,45	24,9	10	81,1	0
9/06/2018	16,85	23,6	10,1	84,6	0
10/06/2018	17,55	23,8	11,3	83,9	1,3
11/06/2018	18,65	23,1	14,2	81,4	1,5
12/06/2018	16,65	21,9	11,4	87,4	4,3
13/06/2018	17,05	20,9	13,2	88	4,1
14/06/2018	17,4	22,1	12,7	80,8	0
15/06/2018	16,25	20,2	12,3	85,8	5,5
16/06/2018	16,05	19,9	12,2	89,9	0
17/06/2018	16,75	21,6	11,9	82,4	0
18/06/2018	17,45	22,5	12,4	78,3	0
19/06/2018	17,65	22,2	13,1	79,5	0
20/06/2018	20,15	28,8	11,5	82,8	0
21/06/2018	16,7	22,9	10,5	81	0
22/06/2018	16,8	23,2	10,4	87,9	0
23/06/2018	16,7	23,1	10,3	87,1	0
24/06/2018	16,4	22,8	10	92	0
25/06/2018	16,7	21,4	12	93	0
26/06/2018	17,5	23,2	11,8	90,8	17,5
27/06/2018	17,6	22,1	13,1	86,4	1,2
28/06/2018	17,65	23,9	11,4	91,2	0
29/06/2018	17,4	23,7	11,1	90,2	0
30/06/2018	18,55	24,8	12,3	92	0
1/07/2018	17,85	24,2	11,5	93,8	0
2/07/2018	18,15	24,5	11,8	85,3	0
3/07/2018	17,3	24,7	9,9	91,8	0
4/07/2018	16,55	23,6	9,5	80,4	0
5/07/2018	18,6	24,6	12,6	79	0

6/07/2018	18,5	24,1	12,9	75,7	0
7/07/2018	17	24,2	9,8	75,5	0
8/07/2018	16,8	24,6	9	75,9	0
9/07/2018	15,4	21,9	8,9	82,4	4,3
10/07/2018	14,7	19,3	10,1	89	5,1
11/07/2018	16,5	21,3	11,7	82,2	4,1
12/07/2018	17,05	21,8	12,3	83,3	1,4
13/07/2018	16,7	20,9	12,5	79,6	0
14/07/2018	17,7	23,8	11,6	78,3	0
15/07/2018	17,25	24,7	9,8	77,4	0
16/07/2018	17	24,8	9,2	78,8	0
17/07/2018	16,45	22,6	10,3	80,9	0,5
18/07/2018	16,15	20,1	12,2	90,5	0,5
19/07/2018	17,2	23,6	10,8	80,6	8,5
20/07/2018	18,15	23,1	13,2	84,4	8,2
21/07/2018	16,85	20,8	12,9	93	21,9
22/07/2018	16,4	20,5	12,3	86,6	2,7
23/07/2018	17,1	23,9	10,3	81,5	0
24/07/2018	17,05	23,1	11	80,1	1,4
25/07/2018	17,5	24,1	10,9	79,8	0
26/07/2018	16,85	23,1	10,6	81,5	0
27/07/2018	16,6	23,1	10,1	76,5	0
28/07/2018	17,25	23,7	10,8	78,7	0
29/07/2018	17,05	23,8	10,3	78,5	0
30/07/2018	17,3	24,3	10,3	80,1	0
31/07/2018	17,5	23,2	11,8	77,7	0

ANEXO 9
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO Y POR PLÁNTULA

Tratamiento	Mano de obra** (80 días)	Costo de materiales y herramientas	Insumos para elaboración de:					Costo Total x tratamiento	Costo Total x plántula
			Tipo de Sustrato		Tipo de Fertilización				
			Tierra y Arena	Turba	AGROSTE MIN GL (20 %)	QUIMIFOL P680 PLUS (12,5 %)	QUIMIFOL N510 PLUS (12,5 %)		
T1 (F1+S1)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ 0,34	S/ 17,33	S/ 1,72
T2 (F1+S2)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,50	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ 0,34	S/ 18,83	S/ 1,87
T3 (F1+S3)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ 0,34	S/ 17,33	S/ 1,72
T4 (F1+S4)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,00	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ 0,34	S/ 18,33	S/ 1,82
T5 (F2+S1)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ -	S/ 16,99	S/ 1,68
T6 (F2+S2)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,50	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ -	S/ 18,49	S/ 1,83
T7 (F2+S3)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ -	S/ 16,99	S/ 1,68
T8 (F2+S4)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,00	S/ 2,67	S/ 0,44	S/ -	S/ 17,99	S/ 1,78
T9 (F3+S1)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ -	S/ 0,34	S/ 16,89	S/ 1,67
T10 (F3+S2)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,50	S/ 2,67	S/ -	S/ 0,34	S/ 18,39	S/ 1,82
T11 (F3+S3)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ 2,67	S/ -	S/ 0,34	S/ 16,89	S/ 1,67
T12 (F3+S4)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,00	S/ 2,67	S/ -	S/ 0,34	S/ 17,89	S/ 1,77
T13 (F4+S1)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 13,88	S/ 1,37
T14 (F4+S2)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,50	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 15,38	S/ 1,52
T15 (F4+S3)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 13,88	S/ 1,37
T16 (F4+S4)	S/ 10,42	S/ 3,30	S/ -	S/ 1,00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 14,88	S/ 1,47

*Los insumos como semillas, tierra y arena se obtuvieron de la propia área de estudio, por lo que no implicó un costo, así como algunas herramientas y materiales propios del fundo.

**El sueldo del viverista se designó en base a las horas de trabajo en el vivero y en el apoyo del aprovechamiento forestal, siendo este último el que mayor cantidad de horas requirió.

ANEXO 10

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : DIPTERYX S.A.C.

Departamento : PASCO

Distrito :

Referencia : H.R. 64302-104C-18

Fact: 3204

Provincia : OXAPAMPA

Predio : FUNDO EL PINO S.A.C.

Fecha : 24/07/18

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
9190		4.71	0.04	0.00	3.68	2.6	68	49	32	19	Fr.	16.00	2.33	0.67	0.30	0.10	1.10	4.49	3.39	21

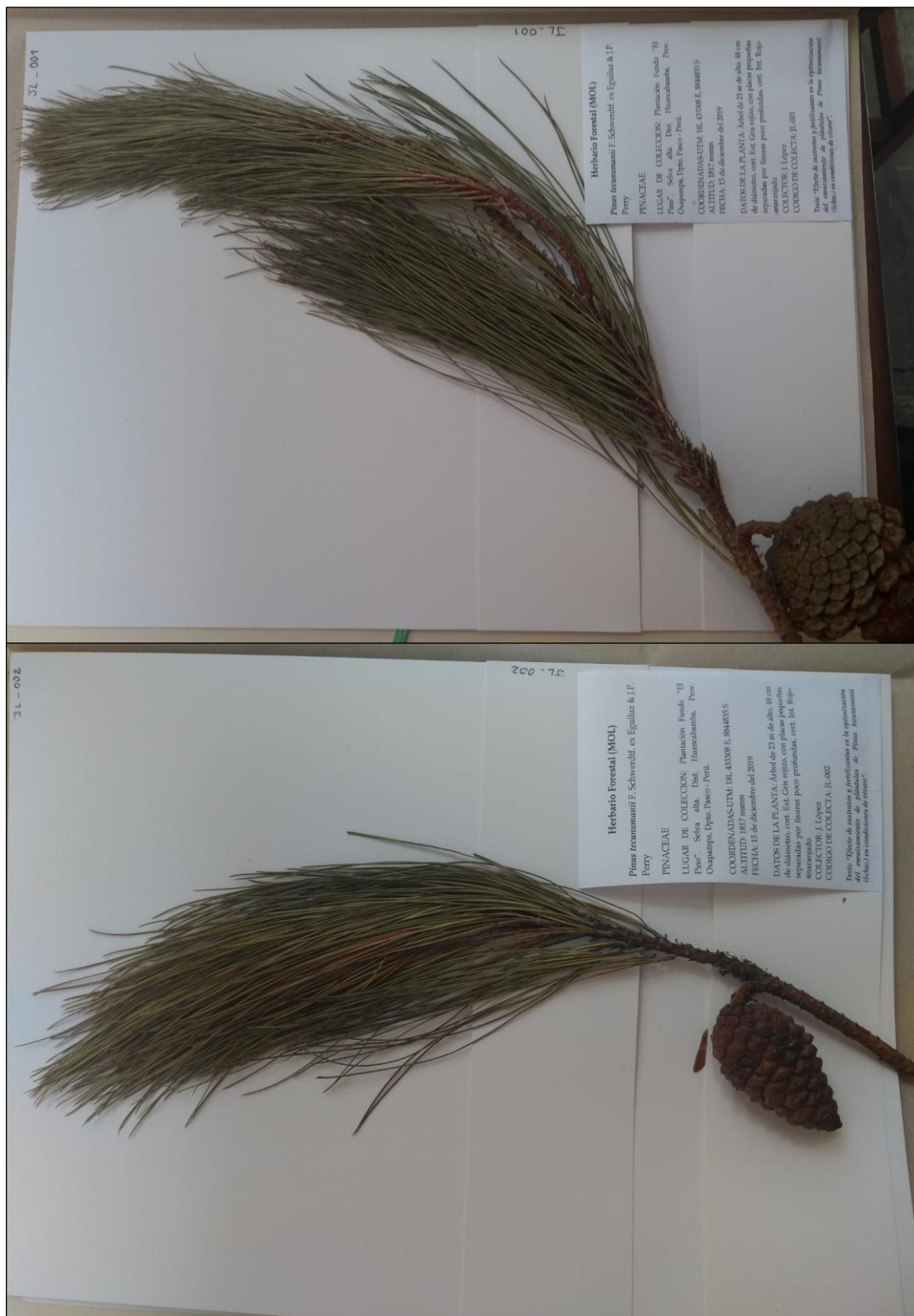
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dr. Sady García Bendeza
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO 11 MUESTRAS BOTÁNICAS



ANEXO 12
CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
LABORATORIO DE DENDROLOGÍA Y HERBARIO



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del Tesista **Junior Juan López Fernández**, egresado de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se proporciona la identidad de los especímenes indicados.

La información proporcionada por el solicitante sobre las muestras es:

Tesis: *"Efecto de sustratos y fertilizantes en la optimización del enraizamiento de plántulas de **Pinus tucunumaii** (Schw) en condiciones de vivero"*.

Provincia: Oxapampa; Distrito: Huancabamba
Departamento: Pasco
Colector: Junior López

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
JL-001	<i>Pinus tucunumaii</i> F.Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry	PINACEAE
JL-002	<i>Pinus tucunumaii</i> F.Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry	PINACEAE

Determinado por:

Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal
Director del Laboratorio de Dendrología
y Herbario de la Facultad de Ciencias
Forestales (MOL).



La Molina, 23 de diciembre del 2019

ANEXO 13
BOMBA ASPERSORA DE 2 L Y BALANZA DIGITAL DE 2 KG

