

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTONES DE DOS  
PROCEDENCIAS DE *PINUS TECUNUMANII* EN FASE DE VIVERO –  
OXAPAMPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**MARTÍN RICHARD HUARACA MEJÍA**

**LIMA – PERU**

**2020**

---

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

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Luz Mejía y familia.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, San Jerónimo y la Virgen Inmaculada Concepción.*

*A mis padres Luz e Isaías, por su amor, confianza, motivación y apoyo incondicional, desde que los senderos de la vida nos unieron en un solo camino.*

*A mi universidad, por la formación académica brindada.*

*A mi Facultad de Ciencias Forestales, al personal docente, administrativo y compañeros, por convertirse en parte de mi vida universitaria.*

*Al Prof. Fernando Bulnes Soriano, por toda la paciencia, tiempo, conocimiento y experiencia académica brindada de forma permanente durante la iniciación y ejecución de la investigación.*

*Al Prof. Eloy Cuellar por el apoyo y la confianza brindada al momento de presentarle la idea del trabajo de investigación.*

*A la Dra. María Manta, por todo el apoyo y el acompañamiento permanente para llevar a cabo la investigación.*

*A Paolo Zamorra, por ser un hermano y ejemplo que me inspira a seguir luchando. Por todos los momentos compartidos, los viajes, las reuniones en cada ciclo llevado.*

*A mi abuelo Ricardo Mejía, por el apoyo y bendición que me dio en mis primeros meses de vida y me cuida todo los días mi vida.*

*A mi abuela Liberata, por su lucha incansable y brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.*

*A mi segunda mamá Hortencia Mejía, por todo el apoyo brindado, su amor y lucha por sacarme adelante.*

*A mi tío Gerardo Gómez, por cada conversación y todos los consejos que me ayudaron a tomar mejores decisiones.*

*A Katty y Angélica, mis hermanas, por llenarnos de alegría a la familia.*

*A mis tíos Martín y José por todo el respaldo brindado.*

*A Diana Añasco Noriega, por ser mi compañera de vida y por todo su amor.*

# ÍNDICE GERAL

## RESUMEN

## ABSTRACT

|   | Página    |
|---|-----------|
| <b>I. NTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                                 | <b>3</b>  |
| 2.1 CARACTERIZACIÓN DEL <i>PINUS TECUNUMANII</i> .....                  | 3         |
| 2.1.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....                                      | 3         |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA .....  | 4         |
| 2.1.3 ECOLOGÍA .....  | 5         |
| 2.1.4 EXPERIENCIA DE PLANTACIONES <i>PINUS TECUNUMANII</i> EN PERÚ ...  | 6         |
| 2.1.5 CALIDAD DE LA MADERA.....   | 6         |
| 2.2 NUTRICIÓN VEGETAL, NUTRICIÓN MINERAL Y ELEMENTOS<br>ESENCIALES..... | 8         |
| 2.2.1 FERTILIZACIÓN DEL <i>PINUS TECUNUMANII</i> .....                  | 8         |
| 2.2.2 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PLANTA.....                        | 9         |
| 2.3 ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE CALIDAD DE PLANTAS .....                    | 9         |
| 2.3.1 CALIDAD DE LOS PLANTONES .....                                    | 9         |
| 2.3.2 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS.....                                       | 11        |
| ALTURA.....   | 11        |
| DIÁMETRO DEL CUELLO.....  | 12        |
| BIOMASA.....  | 12        |
| 2.3.3 INTERACCIÓN DE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS.....                    | 13        |
| ÍNDICE DE ROBUSTEZ.....   | 13        |
| RELACIÓN BIOMASA AÉREA Y RADICULAR (RELACIÓN BSA/BSR).....              | 13        |
| ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN.....  | 14        |
| ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON .....                                      | 14        |
| <b>III. METODOLOGÍA .....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.....               | 15        |
| 3.1.1 LUGAR.....  | 15        |
| 3.1.2 CLIMA.....  | 15        |
| 3.1.3 ZONA DE VIDA .....  | 15        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2 MATERIALES E INSUMOS.....  | 16        |
| 3.3 METODOLOGÍA.....   | 16        |
| 3.3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL A CARACTERIZAR.....                           | 17        |
| 3.3.2 PROCESO PRODUCTIVO.....  | 21        |
| PREPARACIÓN DEL SUSTRATO.....  | 21        |
| EMBOLSADO Y ACOMODADO.....   | 22        |
| SIEMBRA.....   | 23        |
| MONITOREO Y PROTECCIÓN FITOSANITARIO.....                                  | 24        |
| RIEGO.....   | 25        |
| FERTILIZACIÓN.....   | 25        |
| MANTENIMIENTO.....   | 26        |
| 3.3.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS A EVALUAR DEL MUESTREO.....                   | 26        |
| EVALUACIÓN DE LA ALTURA.....   | 26        |
| EVALUACIÓN DEL DIÁMETRO DEL CUELLO.....                                    | 27        |
| EVALUACIÓN DE LA BIOMASA HÚMEDA.....                                       | 28        |
| EVALUACIÓN DE LA BIOMASA SECA.....   | 28        |
| 3.3.4 ÍNDICE DE CALIDAD A EVALUAR DEL MUESTREO.....                        | 29        |
| ÍNDICE DE ROBUSTEZ.....  | 29        |
| RELACIÓN DE BIOMASA SECA AÉREA Y RADICULAR.....                            | 30        |
| ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN.....   | 30        |
| ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON.....  | 30        |
| 3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....                                   | 30        |
| 3.3.6 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PLANTONES.....                    | 31        |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>                                     | <b>33</b> |
| 4.1 ANÁLISIS DE CREMIENTO DE LA ALTURA Y DÍAMETRO EN LOS<br>PLANTONES..... | 33        |
| 4.2 PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE LOS ATRIBUTOS<br>MORFOLOGICOS.....  | 35        |
| 4.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS A EVALUAR DE AMBAS PROCEDENCIAS.....            | 38        |
| 4.3.1 ANÁLISIS DE LA ALTURA.....   | 38        |
| 4.3.2 ANÁLISIS DE LOS DIAMETROS.....                                       | 40        |
| 4.3.3 ANÁLISIS DE LA BIOMASA HUMEDA TOTAL.....                             | 42        |
| 4.3.4 ANÁLISIS DE LA BIOMASA SECA AÉREA.....                               | 44        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.5 ANÁLISIS DE LA BIOMASA SECA RADICULAR .....                 | 46        |
| 4.4 ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AMBAS PROCEDENCIAS .... | 48        |
| 4.4.2 RELACIÓN DE BIOMASA SECA AÉREA Y RADICULAR .....            | 50        |
| 4.4.3 ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN .....                               | 52        |
| 4.4.4 ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON .....                          | 53        |
| <b>V. CONCLUSIONES .....</b>                                      | <b>59</b> |
| <b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>                                   | <b>60</b> |
| <b>VII. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS .....</b>                       | <b>61</b> |
| <b>VIII. ANEXO .....</b>  | <b>70</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <b>Tabla 1:</b> Elementos utilizados para la investigación .....  | 16            |
| <b>Tabla 2:</b> Información de las semillas de acuerdo a su procedencia.....  | 18            |
| <b>Tabla 3:</b> Análisis de germinación de las semillas de acuerdo a su procedencia.....  | 19            |
| <b>Tabla 4:</b> Número de plántones que se evaluaron de cada procedencia .....  | 20            |
| <b>Tabla 5:</b> Composición del sustrato utilizado en la propagación.....   | 22            |
| <b>Tabla 6:</b> Producto, momento y dosis utilizada de los fungicidas .....   | 24            |
| <b>Tabla 7:</b> Valores determinados de la calidad de los plántones con crecimiento normal en fase de vivero .....  | 32            |
| <b>Tabla 8:</b> Prueba de igualdad de varianzas de los parámetros e índices de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....                              | 35            |
| <b>Tabla 9:</b> Resumen estadístico de la altura de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias..  | 38            |
| <b>Tabla 10:</b> Resumen estadístico del diámetro de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias .....   | 40            |
| <b>Tabla 11:</b> Resumen estadístico de la biomasa húmeda total de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....  | 42            |
| <b>Tabla 12:</b> Resumen estadístico de la biomasa seca aérea de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....  | 44            |
| <b>Tabla 13:</b> Resumen estadístico de la biomasa seca radicular de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....  | 46            |
| <b>Tabla 14:</b> Resumen estadístico del Índice de Robustez de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....  | 48            |
| <b>Tabla 15:</b> Resumen estadístico de la Relación (BSA/BSR) de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....  | 50            |
| <b>Tabla 16:</b> Resumen estadístico del Índice de Lignificación (IL) de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....                                    | 52            |
| <b>Tabla 17:</b> Resumen estadístico del Índice de Calidad de Dickson (ICD) de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias.....                              | 53            |
| <b>Tabla 18:</b> Resumen de la calidad de los atributos morfológicos por procedencia de <i>Pinus tecunumanii</i> .....  | 56            |
| <b>Tabla 19:</b> Resumen estadístico de los atributos morfológicos e índices de calidad de los plántones de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas procedencias..... | 58            |

## ÍNDICES DE FIGURAS

|  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| <b>Figura 1:</b> Muestra botánica del <i>Pinus tecunumanii</i> . .....   | 5             |
| <b>Figura 2:</b> Ubicación del Vivero Forestal sede Oxapampa.....  | 15            |
| <b>Figura 3:</b> Etapas del trabajo de investigación en el Vivero Forestal sede Oxapampa. ....   | 17            |
| <b>Figura 4:</b> Semilla de <i>Pinus tecunumanii</i> : Procedencia 1 “Izquierda” - Procedencia 2<br>“derecha”.....                                 | 21            |
| <b>Figura 5:</b> Mezcla del sustrato para los platones de <i>Pinus tecunumanii</i> . .....   | 22            |
| <b>Figura 6:</b> Llenado y acomodado de las bolsas de polietileno.....   | 23            |
| <b>Figura 7:</b> Siembra de semillas de <i>Pinus tecunumanii</i> . .....   | 23            |
| <b>Figura 8:</b> Fumigación de los plántones de <i>Pinus tecunumanii</i> durante 3° semana. ....   | 24            |
| <b>Figura 9:</b> Fertilización de los plántones de <i>Pinus tecunumanii</i> durante la 5° semana. ....   | 25            |
| <b>Figura 10:</b> Medición de la altura de <i>Pinus tecunumanii</i> durante la 22° semana. ....  | 27            |
| <b>Figura 11:</b> Medición del diámetro del cuello de la raíz de <i>Pinus tecunumanii</i> durante la 22°<br>semana. ....                           | 27            |
| <b>Figura 12:</b> Separación, pesado y empaquetado de la parte aérea y radicular de <i>Pinus</i><br><i>tecunumanii</i> durante la 22° semana. .... | 28            |
| <b>Figura 13:</b> Secado y pesado de la parte aérea y radicular de <i>Pinus tecunumanii</i> durante la<br>22° semana.....                          | 29            |
| <b>Figura 14:</b> Incremento de la altura en los plántones de <i>Pinus tecunumanii</i> de dos<br>procedencias. ....                                | 33            |
| <b>Figura 15:</b> Incremento del diámetro en los plántones de <i>Pinus tecunumanii</i> de dos<br>procedencias .....                                | 34            |
| <b>Figura 16:</b> Prueba de igualdad de varianzas de las alturas de <i>Pinus tecunumanii</i> para ambas<br>procedencias. ....                      | 36            |
| <b>Figura 17:</b> Prueba de igualdad de varianzas de biomasa húmeda total de <i>Pinus tecunumanii</i><br>de ambas procedencias. ....               | 37            |
| <b>Figura 18:</b> Representación de caja de la variable Altura de <i>Pinus tecunumanii</i> de ambas<br>procedencias. ....                          | 39            |
| <b>Figura 19:</b> Representación de caja del diámetro de <i>Pinus tecunumanii</i> en ambas<br>procedencias. ....                                   | 40            |
| <b>Figura 20:</b> Representación de caja de la biomasa húmeda total de <i>Pinus tecunumanii</i> en<br>ambas procedencias. ....                     | 42            |
| <b>Figura 21:</b> Representación de caja de la biomasa seca aérea de <i>Pinus tecunumanii</i> de<br>ambas procedencias. ....                       | 44            |
| <b>Figura 22:</b> Representación de caja de la biomasa seca radicular de <i>Pinus tecunumanii</i> en<br>ambas procedencias. ....                   | 46            |
| <b>Figura 23:</b> Representación de caja de la biomasa seca radicular de <i>Pinus tecunumanii</i> en<br>ambas procedencias. ....                   | 48            |
| <b>Figura 24:</b> Representación de caja de la Relación (BSA/BSR) de <i>Pinus tecunumanii</i> en<br>ambas procedencias. ....                       | 50            |



|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 25:</b> Representación de cajas del Índice de Lignificación (IL) de <i>Pinus tecunumanii</i> en ambas procedencias .....      | 52 |
| <b>Figura 26:</b> Representación de cajas del Índice de Calidad de Dickson (ICD) de <i>Pinus tecunumanii</i> en ambas procedencias..... | 54 |

## RESUMEN

La especie *Pinus tecunumanii* fue introducida en los años 80 en la Selva Central de Perú, con la finalidad de reducir la presión sobre los bosques naturales. En la actualidad las reforestaciones se realizan con la especie por su rápido crecimiento, adaptabilidad, plasticidad y rusticidad. El trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar la calidad de los plántones de *Pinus tecunumanii* propagado a partir de semilla local “Procedencia 1” y plántones propagados a partir de semillas importadas “Procedencia 2” en el Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina sede Oxapampa - Selva Central de Perú, durante los meses de julio a diciembre del año 2019. El proceso productivo se realizó utilizando los estándares de producción del vivero forestal de la universidad, se utilizó bolsas de polietileno de 4"x7"x2mm de capacidad de 300 cc (sustrato de tierra, arena, corteza molida, acícula molida y cascarilla de arroz) la evaluación fue durante 22 semanas. Mediante la prueba t de STUDENT se verificó la existencia de diferencias significativas para la altura, diámetro a la altura del cuello, biomasa seca total, índice de robustez, relación de la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular, índice de lignificación e índice de calidad de Dickson; con respecto a la biomasa húmeda total y biomasa seca radicular no se registró diferencias significativas. Se observó que los plántones de la Procedencia 2 registraron mejores promedios para altura, pero ambas procedencias fueron clasificadas como calidad alta, con respecto al diámetro a la altura del cuello e índice de robustez la Procedencia 1 registro una calidad media y la Procedencia 2 registro una calidad baja, los mejores promedios con respecto a la biomasa húmeda total y biomasa seca total fueron registrados en la Procedencia 1, con respecto al índice de calidad e Dickson ambas procedencias se clasificaron como calidad baja. Los plántones de Procedencia 1 reunieron mejores atributos morfológicos e indicadores de calidad durante la fase de vivero.

**Palabras clave:** calidad de plántones, *Pinus tecunumanii*, evaluación, atributos morfológicos e índices de calidad.

## ABSTRACT

The *Pinus tecunumanii* species was introduced in the 1980s in the Central Rainforest of Peru, in the purpose of reducing the pressure on natural forests. At the moment the reforestations are carried out with the species because of its rapid growth, adaptability, plasticity and rusticity. The investigation was to characterize the quality of the *Pinus tecunumanii* propagated from local seed "Provenance 1" and seedlings propagated from imported seeds " Provenance 2 " at the forest nursery of the Universidad Nacional Agraria La Molina Annex Oxapampa - Central Rainforest of Peru, during the months of July to December 2019. The production process was carried out using the production standards of the university's forest nursery, 4 "x7 "x2mm polyethylene bags of 300 cc capacity were used (substrate of soil, sand, ground bark, ground needle and rice husk) the evaluation was for 22 weeks. The STUDENT t-test verified the existence of significant differences for height, diameter at neck height, total dry biomass, robustness index, ratio of aerial dry biomass to radicular dry biomass, lignification index and Dickson's quality index; with respect to total humid biomass and radicular dry biomass there were no significant differences. The seedlings from Provenance 2 were found to have better averages for height, but both origins were classified as high-quality, with respect to diameter at neck height and robustness index the Provenance 1 registration a medium-quality and the Provenance 2 registration a low-quality, the best estimates for total humid biomass and total dry biomass were recorded at Provenance 1, with respect to the Dickson's quality index, both provenances were classified as low-quality. Seedlings from Provenance 1 had superior morphological attributes and quality indicators during the nursery phase.

**Keywords:** seedling quality, *Pinus tecunumanii*, evaluation, morphological attributes and quality indices.

## I. INTRODUCCIÓN

La superficie forestal del Perú lo sitúa en el noveno lugar a nivel mundial, y el segundo en Sudamérica después de Brasil. Su patrimonio forestal constituye un importante potencial para la generación de mano de obra y la protección ambiental Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2008).

En los últimos años, se está priorizando la necesidad de recuperar los suelos deforestados y degradados por la agricultura migratoria, pastizales para ganado, minería ilegal, extracción selectiva de especies valiosas, desbosques para la instalación de cultivos ilícitos entre otros, los que ocasionan un deterioro del bosque y un cambio de uso de las tierras y como consecuencia eliminando los bosques naturales; en este contexto, las plantaciones forestales constituyen una alternativa frente a la deforestación y el cambio de uso de la tierra. Actualmente, los requerimientos de plántones de *Pinus tecunumanii* se incrementan debido a los diferentes proyectos de reforestación impulsados por el estado y el sector privado; por lo que existe una alta demanda de plántones de calidad.

La especie de *Pinus tecunumanii* es nativa de América Central con distribución altitudinal entre 400 – 2,800 msnm. En el Perú el Proyecto Peruano - Alemán Gesellschaft Internationale Zusammenarbeit (GIZ) entre los años 1983 -1994 estableció plantaciones de estas coníferas en las provincias Villa Rica y Oxapampa, con resultados prometedores. A la fecha podemos encontrar plantaciones entre 25 y 36 años de edad, que podrían ser considerados como huertos semilleros locales, generando semillas de calidad para los proyectos de reforestación. El éxito de las futuras plantaciones está directamente condicionado por la productividad obtenida en la etapa de aprovechamiento o cosecha y depende de 4 factores: material genético, calidad de los plántones propagados, calidad del sitio y manejo de la plantación.

El material genético y la forma de propagación generan plántones que son capaces de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado cumpliendo con los objetivos establecidos en un plan de reforestación (Duryea, 1985). No existe un único modelo de calidad ideal. La calidad de una especie determinada puede ser

válida para ciertos objetivos de forestación o reforestación pero no para otros. Por mencionar, la calidad de los plántones de *Retrophyllum rospigliosii* “ulcumano” propagados en la Selva Central varían de acuerdo al tamaño de la planta, registrándose que a partir de los 40 hasta los 50 cm se encuentran los plántones de mejor calidad para el ulcumano, indicándose que este rango de altura es el más idónea para ser trasladados a campo (More *et al.*, 2018). Se debe tener en cuenta que la calidad de la planta cambia en el tiempo, variando con su estado fenológico y, probablemente, con su edad. Así, la resistencia a situaciones de estrés de una planta no es la misma durante la propagación en temporada de lluvias o sequías. Por lo tanto, los atributos morfológicos de los plántones hacen referencia a un conjunto de caracteres, tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa, sobre la forma y estructura del plánton. La morfología de los plántones propagado en bolsa en la fase de vivero es el resultado de las carga genéticas de las semillas, las condiciones ambientales del vivero y las prácticas de propagación empleadas, como la fecha de siembra, la densidad de cultivo, el tipo de contenedor, el grado y tiempo de sombra, el sistema de fertilización y riego, las podas aéreas, etc. (Mexal & Landis, 1990).

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad de los plántones de *Pinus tecunumanii* nativo de América Central propagados en la Selva Central de Perú, esto fue posible porque se caracterizó y comparó morfológicamente la calidad de los plántones propagadas en fase de vivero a partir de semillas locales “Procedencia 1” y plántones a partir de semillas procedentes de América Central “Procedencia 2”, de tal manera que los resultados obtenidos contribuyan en determinar mejor la calidad de las semillas y disminuir los costos de producción, priorizando el uso de semillas de alta carga genética, con la finalidad de elevar los índices de productividad, rentabilidad y uniformidad de las plantaciones forestales, para convertirla en una actividad altamente productiva y comercialmente competitiva, generando productos forestales con estándares internacionales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DEL *PINUS TECUNUMANII*

#### 2.1.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El *Pinus tecunumanii* está distribuido en Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, México (Chiapas, Oaxaca), Nicaragua y Panamá World Conservation Monitoring Centre (WCMC 1998). El *Pinus tecunumanii* ha sido uno de los pinos tropicales más intensamente estudiados en las últimas décadas. La Cooperative College of Natural Resources (CAMCORE), de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, comenzó sus primeras recolecciones de semillas de *Pinus tecunumanii* procedentes de América Central en marzo de 1981. Desde entonces, CAMCORE ha muestreado 1 473 árboles de 48 poblaciones de *Pinus tecunumanii* por todo el sur de México y Centro América. Se han establecido 153 ensayos de procedencias y progenies y 50 bancos de conservación ex situ en 9 países. Se han realizado 357 selecciones en los ensayos de progenies en CAMCORE y se han injertado los mejores genotipos en huertos semilleros de Colombia y Sudáfrica. Están programados otros huertos semilleros para Brasil y Venezuela (Dvorak *et al.*, 2000).

De acuerdo con Salazar *et al.* (2000) el *Pinus tecunumanii* se distribuye naturalmente en áreas montañosas en el sur de México, en las montañas centrales de Guatemala, norte del Salvador, sudeste de Honduras y noreste de Nicaragua.

El *Pinus tecunumanii* parece ser un descendiente genético próximo del *Pinus oocarpa* basándose en los resultados filogenéticos a partir de estudios con marcadores moleculares RAPD. La especie ha evolucionado en estaciones que son más fértiles y húmedas que aquéllas en que se encuentra normalmente el *Pinus oocarpa*. La distribución geográfica del *Pinus tecunumanii* va desde las tierras altas del centro de Chiapas, en México, hasta la parte central de Nicaragua, con una distancia aproximada de 1 000 km. Varios taxonomistas sugieren que el *Pinus tecunumanii* se extiende por el oeste hasta Oaxaca y Guerrero, en México. Sin embargo, el examen de ADN de árboles de estas zonas, utilizando

marcadores moleculares, indica que están emparentados con el *Pinus patula* y el *Pinus herrerae* y no con el *Pinus tecunumanii* (Dvorak *et al.*, 2000).

### 2.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinacea

Género: *Pinus*

Subgenero: *Pinus*

Especie: *tecunumanii*

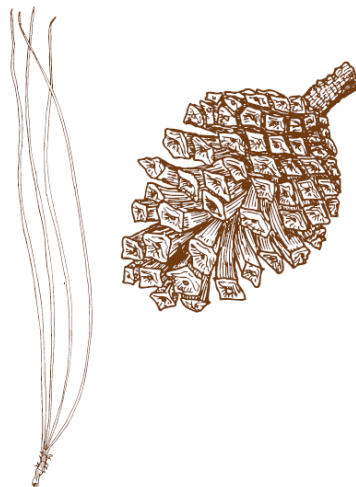
Nombre científico : *Pinus tecunumanii* (Schwerdtf.) Eguluz & Perry.

Nombres comunes : Pinabete (Honduras), pino acote (Guatemala), son señalados por WCMC (2000).

Sinónimos : *Pinus oocarpa* var. *ochoterena* Martínez; *Pinus patula* Schiede & Deppe spp. *tecunumanii* (Eguluz & Perry), fueron señalados por el Missouri Botanical Garden (2019).

Árbol que alcanza alturas de 55 m y (diámetro a la altura del pecho) DAP de 50-90 cm, con fuste recto y limpio de ramas hasta 40 - 60 por ciento de su altura. Es considerado el pino con mejor forma del fuste de todos los pinos tropicales. Copa: pequeña o compacta, cónica, con ramas delgadas y cortas. Corteza: gris rojiza, áspera y fisurada en la base del fuste, más lisa y rojiza en la parte superior; se exfolia en escamas, exponiendo la corteza interna de color rojo anaranjado. Hojas: acículas (en forma de aguja), en grupos de cuatro (algunas veces 3 o 5), de 12-25 cm de largo, más o menos péndulas, abiertas, de color verde claro. Flores: las flores masculinas ocurren al final de las ramitas; las femeninas son cónicas, pequeñas, de color café claro verdoso, con pedúnculos largos y delgados, escasos y dispersos en la copa. Frutos: los conos son pequeños (7 x 3.5cm), brillosos, con apariencia barnizada, solitarios, o en pares y ocasionalmente en grupos de tres. Las semillas son puntiagudas, pequeñas, color

café claro, jaspeadas, con una ala membranosa color café claro, con rayas oscuras, muy quebradiza (Boshier y Cordero, 2003).



**Figura 1:** Muestra botánica del *Pinus tecunumanii*

**Fuente:** OFI-CATIE Arboles de Centro América (2004).

### 2.1.3 ECOLOGÍA

Urrego (1969), los bosques de pino se relacionan con características típicas de la podsolización, proceso, de formación de suelos además asociado con una precipitación pluvial alta y materiales parentales de textura gruesa.

Los pinos aún en malas condiciones edáficas y climáticas de Brasil y Colombia, pueden llegar a producir hasta  $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y específicamente el *Pinus tecunumanii* hasta  $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Poggiani *et al.*, 1983). Los árboles del género *Pinus* varían mucho en altura y diámetro, según la especie; se encuentran especies de alrededor de 3 metros de altura y otras que alcanzan 50 metros o más, el tronco es más o menos cilíndrico y la corteza de las especies varías de lisa a áspera, presentando un color generalmente cenizo oscuro (Carvalho *et al.*, 1983).

El Missouri Botanical Garden (MBGAR, 2005) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 2000), menciona que la distribución de la especie parece estar determinada por la geología y la precipitación. Salazar *et al.*, (2000) mencionan que el *Pinus tecunumanii* prefiere suelos ácidos, arenosos, derivados de rocas basálticas o andesitas,



con ocurrencia en sitios 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, humedad relativa aproximada de un 80 por ciento, donde usualmente se forma una neblina densa. 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 valles fértiles o cañones de 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*.

#### **2.1.4 EXPERIENCIA DE PLANTACIONES *PINUS TECUNUMANII* EN EL PERÚ**

En el Perú durante los años 1983 – 1994 con la ayuda del Gobierno Alemán, se hicieron ensayos experimentales con diferente pinos, eucaliptos y cipres (Bockor, 1986), obtenido buenos resultados con el *Pinus tecunumanii* (Palomino *at al.*, 1991) es por ello que FONDEBOSQUE promocionó la reforestación desde el año 2001 hasta el 2010 con esta especie originaria de Centro América. A la fecha en la Selva Central específicamente la provincia de Oxapampa se tienen plantaciones maduras entre 20 y 25 años y se está iniciando con el aprovechamiento o cosecha.

EL *Pinus tecunumanii* ha sido plantado en muchos países de los trópicos y sub trópicos, originalmente en ensayos de adaptación y evaluación de procedencia y progenies y luego se han establecido grandes plantaciones. Los países con los mayores programas de evaluación son Australia, Brasil, Colombia, Malawi, Swazilandia, Venezuela y Zimbabwe (FAO, 2005).

#### **2.1.5 CALIDAD DE LA MADERA**

De acuerdo al (CATIE, 2004) describe que, la madera es moderadamente pesada (0.51-0.56) g cm<sup>-3</sup>, color castaño amarillenta, textura fina, grano recto, brillo bajo, con menor contenido de resina comparada con *P. caribaea* o *P. elliottii*. Es fácil de secar, preservar y trabajar, y moderadamente resistente a hongos. Olor característico resinoso, pero no sabor. Para

producción de pulpa, muestra propiedades similares a otros pinos tropicales. Produce resina de buena calidad para la producción de terpentina y otros productos.

La madera de *Pinus tecunumanii* tiene un color amarillento, con escaso contenido de extractos en la mayoría de las estaciones. Con respecto a los otros pinos mesoamericanos plantados como especies exóticas, la densidad de la madera del *Pinus tecunumanii* es generalmente mayor que la del *Pinus patula*, inferior a la del *Pinus oocarpa*, y mayor que la del *Pinus caribaea var. Hondurensis*, cuando se planta en altitudes intermedias. Cuando se planta en altitudes bajas, la densidad de la madera del *Pinus tecunumanii* es igual o inferior a la del *Pinus caribaea var. hondurensis*. Los estudios realizados por investigadores en Sudáfrica, demostraron que el *Pinus tecunumanii* tiene células de traqueídas con diámetros de sección transversal mucho mayores que los del *Pinus patula* o el *Pinus taeda*.

El *Pinus tecunumanii* tiene un menor porcentaje de madera tardía, lo que explica porque los gradientes de densidad entre la médula y la corteza en esta especie no sean tan extremados como en el caso de los pinos del sur de los Estados Unidos cuando se desarrollan en Sudáfrica. Una serie de estudios de transformación en diversos países indican que la madera es muy aceptable para pulpa, papel y productos de madera maciza (Dvorak *et al.*, 2000).

Torres *et al.*, (2005) menciona que, el *P. tecunumanii* presenta una densidad alta para una edad de 12 años entre las coníferas  $0.466 \text{ g m}^{-3}$  comparados con estudios realizados en Brasil (12 años) y en Colombia (8 años) con árboles de la misma especie encontraron densidades promedio de  $0.445 \text{ g m}^{-3}$  y  $0.361 \text{ g m}^{-3}$  respectivamente. También presenta densidad superior cuando se compara con otras especies del género *Pinus*, utilizadas para la producción de pulpas celulósicas, tales como el *Pinus taeda* y *Pinus radiata*, los cuales alcanzan valores promedios de  $0.370 \text{ g m}^{-3}$  y  $0.400 \text{ g m}^{-3}$  respectivamente.

De acuerdo con el estudio de (Gomes da Silva *et al.*, 2009), la densidad de una plantación de *Pinus tecunumanii* de 21 años espaciado a 3x3 metros indica que su densidad es de  $0.87 \text{ g cm}^{-3}$ .

## **2.2 NUTRICIÓN VEGETAL, NUTRICIÓN MINERAL Y ELEMENTOS ESENCIALES**

Carvalho *et al.* (1983) indica que, la importancia que tiene la nutrición y fertilización de los géneros *Pinus* y *Cupressus*, en los sistemas de producción comercial de madera, pulpa y de conservación de suelos en laderas en regiones tropicales y subtropicales. Los autores mencionan que los pinos pueden agruparse de acuerdo con las condiciones climáticas donde prosperan, en tropicales (*Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*W y *Pinus kesiya*) y subtropicales (*Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Pinus patula*).

Solamente en Centroamérica existen alrededor de 21 especies del género *Pinus*, seis de las cuales han concentrado los principales esfuerzos de investigación: *Pinus ayacahuite* (Pinabete, Acalocote) *Pinus montezumae* (Pino, Ocote, Montesuma), *Pinus pseudostrobus* (Pino, Ocote Chino), *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea var. Hondurensis* (Pino Honduras, Pino Caribe). La mayoría de estas especies tienen una gran capacidad de tolerar las quemadas y los suelos ácidos, así como resistir ambientes fríos, suelos de fertilidad baja, drenaje marginal y poca profundidad efectiva.

### **2.2.1 FERTILIZACIÓN DEL *PINUS TECUNUMANII***

Davey (1990) considera que en general, para el crecimiento satisfactorio de coníferas se necesita al menos una concentración mínima de nutrientes disponible en el sustrato. En adición, (Carlos, 2001) al resumir los resultados de 71 ensayos de fertilización al momento de la plantación de *Pinus patula*, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*, *Pinus tecunumanii* y *Pinus caribaea*, menciona que en suelos de África del Sur y Swazilandia, más del 80% de los ensayos mostraron respuesta significativa a la adición de 20 g de Fosforo (P) y que la respuesta al elemento del 67% de los ensayos no se mantuvo cuando los árboles alcanzaron los 9 años de edad (efecto residual), lo que obliga a realizar una o más aplicaciones de este elemento hasta alcanzar dicha edad.

Como menciona (Etchevers y Volke, 1991), la fertilización es la acción de suministrar nutrimentos al suelo por medio de abonos orgánicos o inorgánicos, con el fin de incrementar la fertilidad del suelo y a la vez la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas.

Una fertilización equilibrada esencialmente significa una oferta de N, P y K en relación con las reservas del suelo, los requerimientos y los rendimientos esperados del cultivo, con el agregado de Mg, S y microelementos donde sea necesario (FAO, 2002).

### **2.2.2 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PLANTA**

Como la concentración de nutrimentos entre los tejidos del árbol es grande, su patrón de acumulación difiere de la acumulación de los mismos en la biomasa. De esta manera, la mayor acumulación de nutrimentos ocurre en la parte joven de la corona de los árboles durante los primeros años de la rotación. Una vez que se cierra el dosel, la demanda por nutrimentos disminuye, ya que se requiere absorberlos mayormente para la producción de madera (Brujinzeel, 1983; Miller, 1984; Gholz *et al.*, 1985).

A pesar que la biomasa foliar representa tan solo el 15% del total de la biomasa, los nutrimentos asociados a esta fracción representa el 48% del P y el 59% del Ca, mientras que la madera cosechada representa el 70% de la biomasa total y tan solo contiene el 37% del P y el 20% del Ca (Waterloo, 1994), por lo que la extracción y reposición posterior de estos nutrimentos al ecosistema en este tipo de plantaciones es poca. Castro *et al.*, (1980), mencionados por Carvalho *et al.*, (1983) ha estudiado, la distribución de biomasa de *Pinus oocarpa* con diferentes edades, observaron las siguientes proporciones: 14% copa, 13% corteza, 73% el tronco y los nutrimentos corresponden 37% la copa, 15% corteza y 45% al tronco.

## **2.3 ÍNDICES MORFOLÓGICOS DE CALIDAD DE PLANTAS**

### **2.3.1 CALIDAD DE LOS PLANTONES**

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2002) indica que, la selección adecuada de los plantones en vivero, tiene como finalidad mejorar la calidad de

las plantaciones, que conjuntamente con otros factores, contribuirá a formar plantaciones forestales homogéneas y económicamente rentables. Los parámetros a considerar pueden ser:

- Cualitativos: vigor, consistencia, coloración de hojas, aspectos sanitarios entre otros.
- Cuantitativos: morfológicos (forma y estructura) y la fisiología (funciones y procesos vitales).

Los viveros forestales presentan diversas condiciones ambientales que influyen en la calidad de los plantones, sólo algunas que pueden ser controladas, por ello, el viverista debe identificar los factores que pueda incrementar o disminuir la calidad de su producto y así modificar actividades que le permitan tener control sobre estos factores para mejorar la calidad de la planta (Birchler *et al.*, 1998).

Como indican (Ramírez y Rodríguez, 2004) consideran que, la calidad de la planta en términos de las características morfológicas y fisiológicas que se logran con la aplicación de diversos tratamientos durante su producción en vivero. Sin embargo, la calidad de una planta la determina su capacidad para desarrollarse adecuadamente una vez plantada y condicionada por su origen genético y por las fases de producción, desde la colecta de semilla y la germinación hasta su establecimiento en una plantación (Prieto y Sáenz, 2011). Muchas son las características de la planta que pueden medirse y la proporción de esas características se pueden calcular. La altura del tallo y el diámetro del cuello de la raíz, biomasa húmeda y biomasa seca; son las cualidades morfológicas frecuentemente más medidas, y son los criterios de clasificación más comúnmente utilizados. En la misma línea de conceptos Quiroz *et al.*, (2009) menciona que, los atributos morfológicos comúnmente medidos para determinar la calidad de la planta son en relación con la altura, diámetro, relación diámetro/altura y características visuales de hojas o acículas, tallos y raíces. En tanto que para los atributos fisiológicos se consideran la concentración de macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre) y micronutrientes (Fierro, Manganeso, Zinc, Cobre y Boro), los cuales se establecen para todas las plantaciones forestales.

Orozco *et al.*, (2010) menciona que, la calidad de los plántones producidas en vivero se determinan con 12 variables; 7 atributos morfológicos (altura de la parte aérea, diámetro del cuello, biomasa en húmedo de la parte aérea y del sistema radical, relación tallo/raíz, índice de esbeltez, índice de lignificación, biomasa en seco de la parte aérea y del sistema radical) y 5 variables fisiológicas (Contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, lignina y carbono). El autor menciona que los resultados morfológicos obtenidos determinaran las mejores plantas propagadas en vivero; a este concepto, (Johnson y Cline, 1991) le suman el aspecto económico, e indican que un plánton de buena calidad es aquella producida al menor costo posible en función de su objetivo, además de tener la capacidad de sobrevivir y crecer adecuadamente después de ser instalada.

### **2.3.2 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS**

Juan de Dios (2015) menciona que, para evaluar la calidad de los plántones en vivero existen criterios u atributos morfológicos establecidos; sin embargo, es difícil determinar un estándar que deben cumplir cada plánton debido a que las características de cada lote varía en función del contenedor, especie y el objetivo del plánton, así como de las condiciones del sitio donde será instaladas; sin embargo, para garantizar el apropiado establecimiento y crecimiento de los plántones de *Pinus tecunumanii* debemos considera los siguientes atributos que deben cumplir antes de ser trasladados a campo definitivo.

#### **ALTURA**

Este índice es un buen predictor de la altura futura en campo, pero no asegura 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).

La altura está correlacionada con el número de acículas (agujas) en el tallo y es, por lo tanto, un buen estimador de la capacidad fotosintética y área de transpiración (Ritchie *et al.*, 2010). La altura de una planta, se mide desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal (Thompson, 1985).

## **DIÁMETRO DEL CUELLO**

Se considera la mejor característica para predecir la supervivencia y el crecimiento de los plantones, una vez que se establecen en campo definitivo; mientras más grande sea el diámetro del tallo, la cantidad de raíces también aumenta (Haase, 2006).

Santiago *et al.*, (2007) determina que, el diámetro del cuello determina el desarrollo y conformación de las raíces, la resistencia al viento, a las deficiencias de humedad y al ataque de plagas y enfermedades, por lo que a mayor diámetro, la planta es más resistente y por consiguiente, tiene mayores posibilidades de supervivencia y desarrollo en el campo. El tamaño del diámetro varía de acuerdo a la especie, pero se obtienen tallos delgados cuando se tienen altas densidades de plantas, las cuales están determinadas por el tamaño del contenedor. Por otra lado, Prieto *et al.* (2009) menciona que, el diámetro del cuello es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie.

## **BIOMASA**

La biomasa es la cantidad o volumen de materia seca presente en una planta; ésta puede ser aérea, subterránea o total; incluyendo en el primer caso las hojas, flores, frutos, puntas, ramas, y tronco; y en el segundo se incluye la raíz principal, raíces secundarias, y demás raíces existentes.

La biomasa ha sido correlacionada con la supervivencia y crecimiento posterior de muchas especies, por diversos investigadores (Rodríguez, 2008). A mayor cantidad de biomasa presente (considerando plantas con dimensiones similares), la probabilidad de supervivencia es mayor debido a la alta concentración de materia seca, aunque, también influye la concentración de la materia orgánica en la parte aérea y subterránea, debido a que no siempre está distribuido en cantidades similares.

### **2.3.3 INTERACCIÓN DE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS**

#### **ÍNDICE DE ROBUSTEZ**

Conocido también como índice de esbeltez. Toral (1997) define como, la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro (mm) e indica que valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta, respecto al diámetro, por su parte valores menores a 5, indican un plantón de poca altura respecto al diámetro. Por otra parte, Rodríguez (2008) menciona que, la relación entre la altura del plantón (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm) debe ser menor a seis y es un indicador de la resistencia del plantón a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos. El menor valor indica que se trata de plantones más bajos y gruesos, aptos para sitios con limitación de humedad, ya que valores superiores a seis los dispone a los daños por viento, sequía y helada. Asimismo, valores más bajos están asociados a una mejor calidad de los plantones e indica que es más robusta y con tallo vigoroso; en cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos alargados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2003 y Prieto *et al.*, 2009).

#### **RELACIÓN BIOMASA AÉREA Y RADICULAR (RELACIÓN BSA/BSR)**

Es la relación del peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular. La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de los plantones en vivero. Una relación 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, 2008), por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (Thompson, 1985).



## **ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN**

La disminución del suministro de agua induce el estrés hídrico, lo cual contribuye a reducir el crecimiento en altura, promover la aparición de la yema apical e inicia mecanismos de resistencia a sequías y bajas temperaturas (Tinoco y Ramírez, 2014).

La restricción de humedad al medio de crecimiento de los plántones, previo a su establecimiento en campo definitivo, permite reducir el crecimiento de las plantas, propicia la aparición de la yema apical, incrementando el proceso de lignificación e inicia el mecanismo de resistencia a sequías y bajas temperaturas. El índice de lignificación consiste en determinar el porcentaje de peso seco, con relación al contenido de agua en las plantas, lo cual expresa el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas al momento de salir del vivero (Prieto, 2004).

Para Sáenz *et al.* (2010) menciona que, una buena relación debe fluctuar entre 11.3% - 17.01% son plántones con un pre-acondicionamiento óptimo calidad alta, entre 10% - 11.3% pre-acondicionamiento intermedio calidad baja y valores menores a 10% indican que los plántones no están preparados para ser trasladados a campo calidad baja.

## **ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON**

Es un método propuesto por Dickson en 1960, en donde a mayor índice mejor calidad de los plántones. 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 (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 plántones desproporcionados y descartar ejemplares de menor altura pero con mayor vigor. Un plánton de buena calidad debe tener un diámetro de cuello grande, bajo valor de robustez (cociente altura/diámetro de cuello), un sistema radical fibroso y un valor bajo del cociente biomasa aérea / biomasa radicular (Fonseca *et al.*, 2002 citado por García 2007).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

##### 3.1.1 LUGAR

El estudio de caracterización se realizó en el Vivero Forestal sede Oxapampa de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (VF sede Oxapampa – FCF - UNALM). Ubicado en el centro poblado San José, distrito Chontabamba, provincia de Oxapampa, departamento Pasco. El Vivero Forestal está situado en la siguiente coordenada UTM (453713 E - 88282985 S) a una altitud de 1 820 msnm. (Ver Figura 2).



**Figura 2:** Ubicación del Vivero Forestal sede Oxapampa

##### 3.1.2 CLIMA

Las condiciones climáticas para el distrito de Chontabamba son en promedio 17,9 °C de temperatura, una precipitación anual de 1 603 mm y una humedad relativa media anual de 85.9% (SENAHMI recopilados por Pluspetrol 2018).

##### 3.1.3 ZONA DE VIDA

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Zonas de Vida propuesto por el Dr. L. H. Holdridge, el lugar de estudio se encuentra comprendido en las formaciones ecológicas, Bosque Húmedo Montano bajo Tropical y Bosque Muy Húmedo Montano bajo Tropical

### 3.2 MATERIALES E INSUMOS

Para el presente estudio de caracterización se utilizó los materiales, insumos, herramientas, equipos y software; que se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Elementos utilizados para la investigación

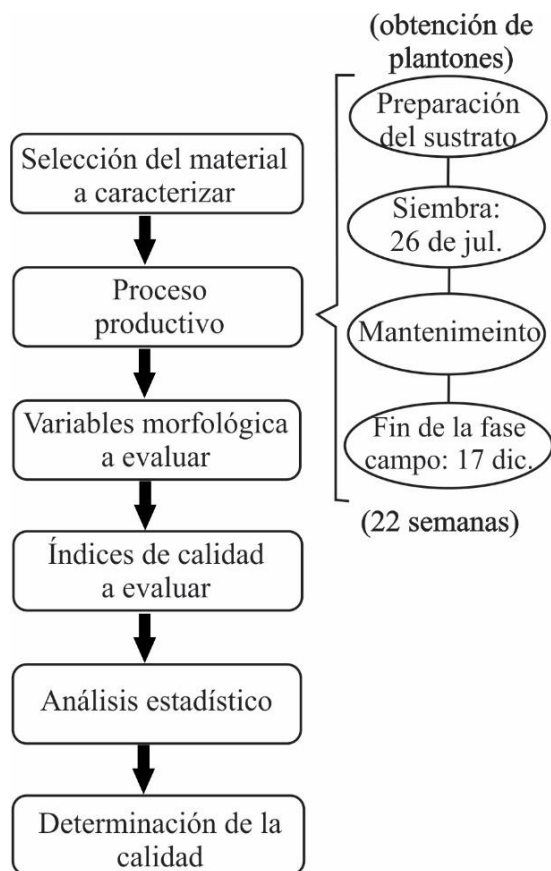
| <b>Materiales e insumos</b>   | <b>Herramientas y Equipos</b>                                  | <b>Software</b>  |
|---|--|------------------|
| 6.39 g semillas procedencia 1.                                      | Mochila fumigadora.  | Microsoft Excel. |
| 5.59 g semillas procedencia 2.                                      | Pico.  | Microsoft Word.  |
| Tierra orgánica.  | Pala cuchara.  | Minitab 19.      |
| Cascarilla de arroz.  | Carretilla.  | SPSS 25.         |
| Arena de río.   | Zaranda.   |                  |
| Acícula de pino molido.   | Balanza digital de 5 kg de capacidad y 0,1 g de precisión.     |                  |
| Corteza de pino molido.   | Balanza digital de 210 g de capacidad y 0,0001 g de precisión. |                  |
| Micorriza.  | Vernier digital 6", marca Vogel.                               |                  |
| Fertilizante Plantacote pluss (14-9-15) 6M + micronutrientes.       | Placas Petri.  |                  |
| Marcador permanente.  | Horno de secado.   |                  |
| Etiquetas.  | Tamices.   |                  |
| Bolsas kraf.  | Pinzas.  |                  |
| Bolsas de polietileno de 4"x7"x2mm de capacidad de 300 cc.          | Sembrador de madera.   |                  |
| Malla en tejido raschel color negro (70 por ciento de paso de luz). | Dosificador de fertilizante graduado (1.4 g)                   |                  |
|   | Regla metálica de 50 cm de longitud.                           |                  |

### 3.3 METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se realizó es comparativa durante la fase vivero para los plántones de *Pinus tecunumanii* propagados a partir de semillas de dos procedencias diferentes.

La investigación se divide en 06 etapas: 1) Selección del material a caracterizar, 2) Proceso productivo, 3) Atributos morfológicos a evaluar, 4) Índices de calidad a evaluar, 5) Análisis estadístico y 6) Determinación de la calidad.

A continuación se presenta la Figura 3 indicando las etapas de las actividades realizadas durante toda la investigación:



**Figura 3:** Etapas del trabajo de investigación en el Vivero Forestal sede Oxapampa

### 3.3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL A CARACTERIZAR

El estudio inició con la obtención de las semillas de ambas procedencias como se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Información de las semillas de acuerdo a su procedencia

| <b>Origen</b>            | <b>Procedencia 1</b>   | <b>Procedencia 2</b>   |
|--------------------------|--|--|
|                          | Las semillas fueron cosechadas en mayo del 2019 de una plantación de 30 años de edad y trasladadas al Laboratorio de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestal de la UNALM para realizar los análisis de calidad. (Ver ANEXO 2) | Las semillas fueron cosechadas en marzo del año 2018 y trasladadas Banco de Semillas Forestales del (CATIE), luego fueron adquiridas por la UNALM y se realizó el análisis de calidad. (Ver ANEXO 3) |
| <b>Inform. Botánica</b>  |  |  |
| Familia                  | Pinaceae   | Pinaceae   |
| Nombre común             | Pino   | Pino rojo  |
| Nombre botánico          | <i>Pinus tecunumanii</i>   | <i>Pinus tecunumanii</i>   |
| <b>Inform. del lugar</b> |  |  |
| Centro poblado           | Pampa chica  | El Rodeo   |
| Distrito                 | Huancabamba  | El Rodeo   |
| Provincia                | Oxapampa   | Comayagua  |
| País                     | Perú   | Honduras   |
| Altitud                  | 1912 msnm  | (500 – 600) msnm   |
| PMA*                     | 1.603 mm   | 1.908 mm   |
| TMA**                    | 17,9°C   | 21.8°C   |
| Zona de Vida             | bh - MBT   | bh – ST  |

\*PMA (Precipitación media anual) y \*\*TMA (Temperatura media anual).

La investigación continuó con el análisis de germinación de las semillas obtenidas de ambas procedencias. El análisis se realizó en el laboratorio de Silvicultura de la FCF de la UNALM teniéndose como resultado la Tabla 3.

**Tabla 3:** Análisis de germinación de las semillas de acuerdo a su procedencia

| <b>Parámetros</b>             | <b>Procedencia 1</b> | <b>Procedencia 2</b> |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Peso de 1000 semillas (g)     | 14.4                 | 14.9                 |
| Sustrato                      | Arena de río         | Arena de río         |
| Temperatura (°C)              | 25.0                 | 25.0                 |
| Luz                           | Natural – indirecta  | Natural – indirecta  |
| Humedad (%)                   | 100                  | 100                  |
| Tratamiento pre-germinativo   | Ninguna              | Ninguna              |
| Tratamiento Fito-sanitario    | Farmathe             | Farmathe             |
| Grado de pureza (%)           | 100                  | 100                  |
| Energía de germinación (%)    | 46                   | 54                   |
| Porcentaje de germinación (%) | 71                   | 84                   |
| Peso total del lote (g)       | 817.48               | 716.19               |
| Número de semillas            | 56 769               | 48 066               |
| <b>Número de plantones</b>    | <b>40 306</b>        | <b>40 376</b>        |

Con los resultados obtenidos del Laboratorio de Silvicultura, se determinó el número de plantones que se dispone por cada procedencia.

Luego se determinó el tamaño de la muestra para cada procedencia empleando la fórmula propuesta por (Milton y Tsokos 2001), la fórmula es utilizada para diferentes situaciones biológicas y ciencias de la salud. El resultado obtenido a partir de la fórmula permite obtener una muestra representativa de la población. A partir de la muestra podemos estimar los parámetros morfológicos y además encontraremos diferencias significativas entre ambas procedencias.

Hernández *et al.* (2010) definen la muestra como un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos relevantes, y que tiene que definirse o delimitarse con precisión, éste deberá ser representativo de dicha población para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2(N - 1)) + k^2 * p * q}$$

**N:** Es el tamaño de la población o universo.

**k:** Es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95 % de confianza es lo mismo que decir que podemos equivocarnos con una probabilidad del 5 %. Para la investigación k tiene un valor de 1.96.

**e:** es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

**p:** Es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que p=q=0.5 que es la opción más segura.

**q:** Es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

**n:** Es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

**Tabla 4:** Número de plántones que se evaluaron de cada procedencia

| <i>P. tecunumanii</i> | Plantones | Nivel de confianza | Error muestral | n de plántones |
|-----------------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|
| <b>Procedencia 1</b>  | 40 306    | 95 %               | 5 %            | 315            |
| <b>Procedencia 2</b>  | 40 376    | 95 %               | 5 %            | 315            |

**Fuente:** Elaboración propia.

Con los resultados del Laboratorio de Silvicultura y el tamaño de muestra a evaluar según la Tabla 4, se procedió a determinar los gramos de semillas que se requieren de cada procedencia: 6.39 g Procedencia 1 y 5.59 g Procedencia 2 (Ver figura 4).



**Figura 4:** Semilla de *Pinus tecunumanii* Procedencia 1 “Izquierda” - Procedencia 2  
“derecha”

### **3.3.2 PROCESO PRODUCTIVO**

El proceso productivo de los plantones se realizó en el periodo (agosto – diciembre) 2019, teniendo como referencia el calendario forestal anual. Los plantones de pinos para el presente estudio de caracterización fueron propagados utilizando los estándares de producción del Vivero Forestal sede Oxapampa - FCF - UNALM, teniéndose como única variable el origen de las semillas, el resto del procesos productivo fue de igual forma para ambas procedencias. La secuencia de actividades se detalla a continuación.

### **PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

La preparación del sustrato de los plantones fue realizado en el galpón del vivero teniendo la siguiente composición descrita en la Tabla 5. La micorriza se incorpora cuando los plantones tienen 5 semanas de propagados (Ver Figura 5).



**Tabla 5:** Composición del sustrato utilizado en la propagación

| Insumos                | (carretillas) |
|------------------------|---------------|
| Tierra orgánica        | 10            |
| Cascarilla de arroz    | 1             |
| Arena de río           | 1             |
| Acícula de pino molido | 1             |
| Corteza de pino molido | 1             |
| Tierra micorrizada     | 0.5           |

Fuente: FONDEBOSQUE 2007

Se trasladó muestras del sustrato del Vivero Forestal al Laboratorio de Análisis de Suelo de la UNALM para realizar pruebas de caracterización general. (Ver Anexo 4 y 5)



**Figura 5:** Mezcla del sustrato para los platones de *Pinus tecunumanii*

## EMBOLSADO Y ACOMODADO

Las bolsas de polietileno de 4"x7"x2 mm fueron similar a la dimensión utilizada en el estudio de producción de plántones de *Pinus tecunumanii* (Méndez, 2017). El tamaño de la bolsa permite una mejor manipulación y transporte de los plántones (70 plántones/caja), además de la disponibilidad en el mercado. Las bolsas fueron rellenas con el sustrato mezclado, luego fueron acomodadas en el área de crecimiento del vivero (Ver Figura 6).



**Figura 6:** Llenado y acomodado de las bolsas de polietileno

## **SIEMBRA**

La siembra de las semillas se realizó de forma directa (fecha de siembra: 26 de julio del 2019) en las bolsas que previamente son llenadas y acomodadas. Se utilizó esta técnica con la finalidad de evitar pérdidas de plántones durante y después de repicar.

Primero se procede a humedecer el sustrato pero sin saturar, luego hacer un hoyo superficial con un instrumento puntiagudo y finalmente se introduce una semilla por bolsa (Terán 2018). Finalizada la siembra se procedió a protegerlas utilizando una malla de tejido raschel color negro de 50 por ciento de paso de luz.

Se sembraron 444 semillas de la Procedencia 1 y 375 semillas de Procedencia 2 con la finalidad de que al término del estudio se contabilice 315 plántones de cada procedencia (Ver Figura 7).



**Figura 7:** Siembra de semillas de *Pinus tecunumanii*

## MONITOREO Y PROTECCIÓN FITOSANITARIO

El *Pinus tecunumanii* es una especie muy susceptible a la enfermedad chupadera fungosa, manifestándose primero la marchitez y posteriormente la muerte de las plántulas, cuando éstas todavía tienen sus tejidos tiernos. El principal causante de esta enfermedad es el hongo *Rhizoctonia solani*, que ocasiona la pudrición de la semilla o mata a la plántula recién germinada Terán (2018). De forma preventiva se aplicó los fungicidas en las dosis indicadas en la Tabla 6 durante las 4 primeras semanas de germinación.

**Tabla 6:** Producto, momento y dosis utilizada de los fungicidas

| Producto | Momento    | Dosis                           |
|----------|------------|---------------------------------|
| Vitavax  | Siembra    | 1 cuchara (3.8 g) en 5 litros   |
| Ridomil  | 02 semanas | 0.5 cuchara (1.9 g) en 5 litros |
| Homaii   | 04 semanas | 1 cuchara en (3.8 g) 5 litros   |

**Fuente:** Elaboración propia.

Debido a la presencia de aves, grillos, hormigas y polillas; se instaló una mallas Raschel en el área designada para la propagación, esto limitó el ingreso y causar posibles daños mecánicos, además se realizó un control visual diario con la finalidad de seguir el desarrollo normal de los plantones. La presencia de roedores también genera daño, de forma preventiva se aplicó un cebo de nombre comercial Klerat, se aplicó 13 g alrededor de la zona de propagación durante la etapa de germinación de las semillas.



**Figura 8:** Fumigación de los plantones de *Pinus tecunumanii* durante 3° semana

## RIEGO

El agua que se utiliza en el vivero forestal es filtrada y bombeada desde un pozo subterráneo a los tanques de almacenamiento con la ayuda de una electrobomba. Durante la fase de propagación el riego fue durante la mañana teniendo en cuenta la precipitación, radiación y temperatura pudiendo ser diaria e inter diaria.

Quispe (2018) menciona que, es necesario mantener el sustrato en su capacidad de campo para favorecer la germinación y luego el crecimiento constante de la plántula. Los meses julio, agosto y setiembre, meses donde no se presentan lluvias se aplicó 0.14 litros por planta/día como recomienda (Terán 2018). El riego también favorece la liberación de los nutrientes presentes en el Fertilizante de Liberación Controlada (FLC) – Plantacote Plus 6M.

## FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó usando el (FLC) comercialmente llamado PLANTACOTE PLUS 6M y se aplicó durante la semana 05 de haber germinado el total de las semillas como se muestra en la Figura 9. La dosis utilizada fue de 1.4 gramos planta<sup>-1</sup> como recomienda (Terán 2018).



**Figura 9:** Fertilización de los plantones de *Pinus tecunumanii* durante la 5° semana

## **MANTENIMIENTO**

Quispe (2018) indica que, el mantenimiento es el retiro de la malezas que germina junto al plantón y es retirada de forma manual a fin de evitar que éstas compitan con los plantones de pino ya sea por espacio, luz, nutrientes o puedan dañar sus raíces.

Mencionar que contar con un sustrato adecuado, fertilización y riego propicia el desarrollo de la maleza y sea una competencia importante para los plantones, por lo que deben ser retiradas apenas emerjan, de lo contrario puede afectar el crecimiento de los plantones (FONDEBOSQUE 2007).

El mantenimiento se realizó de manera constante durante toda la fase de propagación retirando las malezas apenas emergían en las bolsas de los plantones.

### **3.3.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS A EVALUAR DEL MUESTREO**

La evaluación de la altura y el diámetro se realizó con una frecuencia de 4 semanas. Durante la semana 22 las raíces de los plantones de ambas procedencias empiezan a emerger de las bolsas, por lo tanto, se dio por finalizado la fase de campo.

A partir de la semana 22 se procedió al procesamiento de los datos evaluados previamente y se complementó la evaluación con el registro de otros atributos morfológicos como: biomasa seca aérea (BSA), biomasa seca radicular (BSR), biomasa húmeda aérea (BHA) y biomasa húmeda radicular (BHR).

### **EVALUACIÓN DE LA ALTURA**

La fase de campo está comprendida por 22 semanas y el registro de la altura se realizó cada 4 semanas, esta variable fue medida desde la base del tallo (cuello de la raíz) hasta la yema terminal del plantón (Landis *et al.* 2010). Se midió con ayuda de una regla metálica (en centímetros) tal como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10:** Medición de la altura de *Pinus tecunumanii* durante la 22<sup>o</sup> semana

## EVALUACIÓN DEL DIÁMETRO DEL CUELLO

El registro del diámetro a la altura del cuello se realizó cada 4 semanas. La variable fue medida a la altura del cuello de la raíz (Landis *et al* 2010). Se midió con ayuda de Vernier digital 6" (en milímetros) tal como se muestra en la Figura 11.



**Figura 11:** Medición del diámetro del cuello de la raíz de *Pinus tecunumanii* durante la 22<sup>o</sup> semana.

## EVALUACIÓN DE LA BIOMASA HÚMEDA

Luego de registrar la altura y el diámetro a la altura del cuello se procedió a separar la parte aérea y radicular, haciéndose un corte en el cuello de la raíz, utilizando una tijera de podar. La parte aérea y la raíz fueron pesados usando la balanza electrónica, luego se introdujeron en las bolsas kraf codificadas como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12:** Separación, pesado y empaquetado de la parte aérea y radicular de *Pinus tecunumanii* durante la 22<sup>o</sup> semana.

## EVALUACIÓN DE LA BIOMASA SECA

Las muestras codificadas y empaquetadas fueron enviadas al laboratorio de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM para ser secadas en la estufa con circulación y renovación de aire.

Las muestras fueron colocadas a 100 °C durante 12 horas de acuerdo al manual técnico recomendado por la marca TECNAL. Luego se limpió la tierra adherida a las raíces con ayuda del ventilador, posteriormente se procedió a pesar la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular utilizando la balanza electrónica. Con esta información se completó la recolección de datos de campo completando los formatos de evaluación (Ver ANEXO 1) diseñado para realizar el estudio de caracterización de ambas procedencias.



**Figura 13:** Secado y pesado de la parte aérea y radicular de *Pinus tecunumanii* durante la 22<sup>o</sup> semana.

### 3.3.4 ÍNDICE DE CALIDAD A EVALUAR DEL MUESTREO

Colectados todos los datos morfológicos de ambas procedencias, se procedió a calcular los índices de calidad de los plantones a partir de la relación de los atributos morfológicos según sus definiciones respectivas.

#### ÍNDICE DE ROBUSTEZ

Es la relación entre la altura de la plántula (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm), es un indicador de la resistencia del plantón a la supervivencia en campo, desecación por el viento y el crecimiento potencial en sitios secos.

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



## RELACIÓN DE BIOMASA SECA AÉREA Y RADICULAR

La biomasa aérea y radical de los plantones tiene alta correlación con la supervivencia en campo, además refleja el desarrollo del plantón en fase de vivero.

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

## ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN

Es el porcentaje de peso seco con relación al contenido de agua en los plantones.

$$IL = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Peso húmedo total de la planta (g)}}$$

## ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON

Indica la calidad de los plantones debido a que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero mayor vigor (Sáenz *et al.*, 2010).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Dímetro del cuello de la raíz}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

### 3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Una vez obtenidos todos los datos seguimos con la etapa de gabinete. Se subió y organizó la información en el paquete de Microsoft Excel 2017 (Microsoft Office 2017). Posteriormente se realizó el análisis de los datos de acuerdo al modelo t de STUDENT para dos muestras independientes, se calculó la probabilidad de que las dos muestras pueden provenir de la misma distribución y que la diferencia que vemos es por varianza en esa población. En otras palabras: queremos saber si dos muestras con la diferencia observada ( $x_1 - x_2$ ) podrían tener la misma población.

Los datos se agruparon de acuerdo a la procedencia. Se utilizó el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS) versión Statistics 25. Luego se calculó los estadísticos descriptivos media y error estándar, con los límites de confianza del 95% y nivel de significancia t-student 0.050. Se usará el software Minitab versión 19.

Para las pruebas de hipótesis se asume que el error experimental es una variable independiente distribuida normalmente con media cero y varianza común " $\sigma^2$ ". Asimismo, para la formulación de las hipótesis, estas se basaron en las medias de las procedencias, para lo cual se consideró:

- Hipótesis nula: La calidad de los plántones de la especie de *Pinus tecunumanii* propagados utilizando semillas locales "Procedencia 1" es similar a la calidad de los plántones propagados utilizando semillas importadas "Procedencia 2".
- Hipótesis alterna: La calidad de los plántones de *Pinus tecunumanii* propagados varía dependiendo de la procedencia de las semillas.

### **3.3.6 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PLANTONES**

La calidad de los plántones se determinó utilizando los intervalos óptimos de la calidad de los plántones en vivero de coníferas no cespitosas, de clima templado señalado por Rueda *et al.* (2012) como se muestra en la Tabla 7; los cuales se emplearon para calificar los plántones obtenidos a partir de semillas local (Procedencia 1) y semillas importadas (Procedencia 2). Los atributos morfológicos se clasifican en tres niveles: alto, medio y bajo de acuerdo a los resultados obtenidos.

Luego de determinar la calidad de los plántones, se indicará si están listos para ser trasladados a campo definitivo con los siguientes criterios:

1. Plántones listos para ser trasladados a campo: Son aquellos que registren por lo menos 02 atributos o índices de calidad altas (A) y 02 atributos o índices de calidad media (M).

2. Plantones en proceso para ser trasladados a campo: Son aquellos que registren por lo menos 01 atributo o índice de calidad alto (A) y 02 medio (M).
3. Plantones que no son aptos para ser trasladados a campo: Son aquellos que no registren atributo morfológico o índice de calidad alto (A), por no ofrecer ningún elemento que asegure la supervivencia y crecimiento del plantón.

**Tabla 7:** Valores determinados de la calidad de los plantones con crecimiento normal en fase de vivero

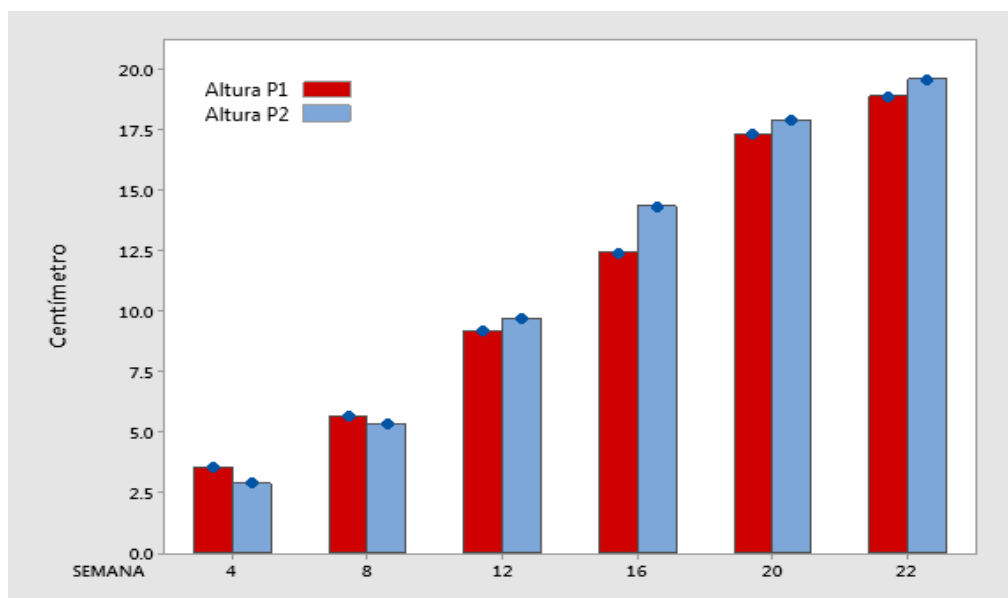
| N° | ATRIBUTOS<br>MORFOLÓGICOS          | CALIDAD |             |              |
|----|------------------------------------|---------|-------------|--------------|
|    |                                    | BAJA    | MEDIA       | ALTA         |
| 1  | Altura (cm)                        | < 10.0  | 10.0 – 11.9 | > 12.0       |
| 2  | Diámetro (mm)                      | <2.5    | 2.5 – 3.9   | >4.0         |
| 3  | I. Robustez (cm mm <sup>-1</sup> ) | > 8.0   | 7.9 – 6.0   | < 6.0        |
| 4  | R BSA/BSR                          | >2.5    | 2.4 – 2.0   | < 2.0        |
| 5  | IL (%)*                            | < 10    | 10 – 11.3   | 11.3 – 17.01 |
| 6  | ICD                                | < 0.2   | 0.2 – 0.4   | >0.5         |

**Fuente:** Modificado de Rueda *et al.* (2012) con aportaciones de Santiago *et al.* (2007) y CONAFOR (2009)

**\*Fuente:** Sáenz *et al.*, (2010)

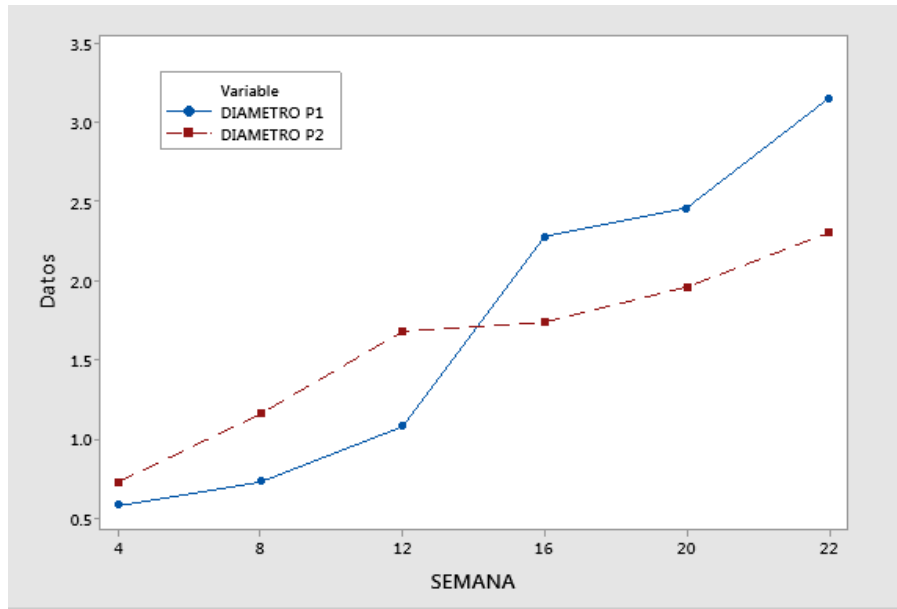
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE CREMIENTO DE LA ALTURA Y DIÁMETRO EN LOS PLANTONES



**Figura 14 :** Incremento de la altura en los plantones de *Pinus tecunumanii* de dos procedencias.

Tal como se observa en la Figura 14, los plantones de *Pinus tecunumanii* de Procedencia 1 presentaron un mayor crecimiento promedio en altura durante las ocho primeras semanas que se realizó el control en comparación con la Procedencia 2. Luego se observa que durante las evaluaciones posteriores, los plantones de la Procedencia 2 superaron en altura promedio a los plantones de Procedencia 1 y en la decimosegunda semana de la evaluación se registró una altura promedio de 19.60 cm para la Procedencia 2 y 18.90 cm en la Procedencia 1.



**Figura 15 :** Incremento del diámetro en los plántones de *Pinus tecunumanii* de dos procedencias

Como se muestra en la Figura 15, los plántones de *Pinus tecunumanii* de Procedencia 2 presentaron un mayor crecimiento promedio en diámetro durante las doce primeras semanas de evaluación, en comparación con los plántones de la Procedencia 1; luego se observa que los plántones de la Procedencia 1 superan el diámetro promedio a los plántones de Procedencia 2, manteniendo este resultado durante toda la fase de evaluación y en la decimosegunda semana de la evaluación se registró un diámetro promedio de 2.12 mm para la Procedencia 2 y 3.15 mm en la Procedencia 1.

Finalmente se puede indicar que los plántones de la Procedencia 1 en las primeras semanas de su desarrollo experimentan un rápido crecimiento en altura, pero un lento crecimiento en diámetro en comparación con los plántones de Procedencia 2; a partir de la décima semana de evaluación se observa un comportamiento inverso en los plántones de Procedencia 1, disminuye su crecimiento en altura pero se incrementa el diámetro en comparación con los plántones de Procedencia 2.

## 4.2 PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE LOS ATRIBUTOS MORFOLOGICOS

La prueba t de STUDENT, se diseñó para examinar las diferencias entre dos muestras independientes y pequeñas que tengan distribución normal y homogeneidad en sus varianzas (Sánchez 2015). Por lo tanto, finalizada la etapa de campo se procedió a realizar las gráficas de igualdad de varianzas para los atributos morfológicos e índices de calidad de los plántones de ambas procedencias. Para obtener los resultados estadísticos descriptivos se realizó la prueba de t STUDENT para dos muestras independientes. Esta prueba permite comparar las muestras y luego establecer las diferencias entre las medias de las muestras. Se planteó las hipótesis nula ( $H_0$ ) a un nivel de significancia de ( $\alpha = 0.05$ ) y luego se comparó este resultado con el Valor P ( $p < \alpha$ ). De acuerdo al resultado obtenido se acepta o se rechaza la hipótesis nula respectivamente.

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Los atributos morfológicos de los plántones de la especie de *Pinus tecunumanii* propagados utilizando semillas locales “Procedencia 1” es similar a calidad de los plántones propagados utilizando semillas importadas “Procedencia 2”.
- Hipótesis alterna ( $H_1$ ): Los atributos morfológicos de los plántones de *Pinus tecunumanii* propagados varía dependiendo de la procedencia de las semillas.

**Tabla 8:** Prueba de igualdad de varianzas de los parámetros e índices de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| Atributos morfológicos | Método | GL  | Estadística de prueba | Relación Estimada | IC de 95% para la relación usando F | Valor p | Signifi. |
|------------------------|--------|-----|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------|----------|
| ALTURA                 | F      | 314 | 0.710                 | 0.707             | (0.567, 0.882)                      | 0.002   | ES       |
| DIÁMETRO               | F      | 314 | 2.290                 | 2.291             | (1.835, 2.859)                      | 0.000   | ES       |
| BHT*                   | F      | 314 | 1.000                 | 1.002             | (0.803, 1.251)                      | 0.984   | NS       |
| BSA*                   | F      | 314 | 0.570                 | 0.574             | (0.460, 0.717)                      | 0.000   | ES       |
| BSR*                   | F      | 314 | 1.180                 | 1.180             | (0.946, 1.473)                      | 0.147   | NS       |
| IR*                    | F      | 314 | 2.040                 | 2.041             | (1.635, 2.547)                      | 0.000   | ES       |
| RB A/R*                | F      | 314 | 0.270                 | 0.271             | (0.217, 0.338)                      | 0.000   | ES       |
| ICD*                   | F      | 314 | 1.190                 | 1.186             | (0.951, 1.481)                      | 0.031   | ES       |
| IL*                    | F      | 314 | 2.300                 | 2.301             | (1.843, 2.871)                      | 0.000   | ES       |

ES (Estadísticamente significativo). NS (No significativo)

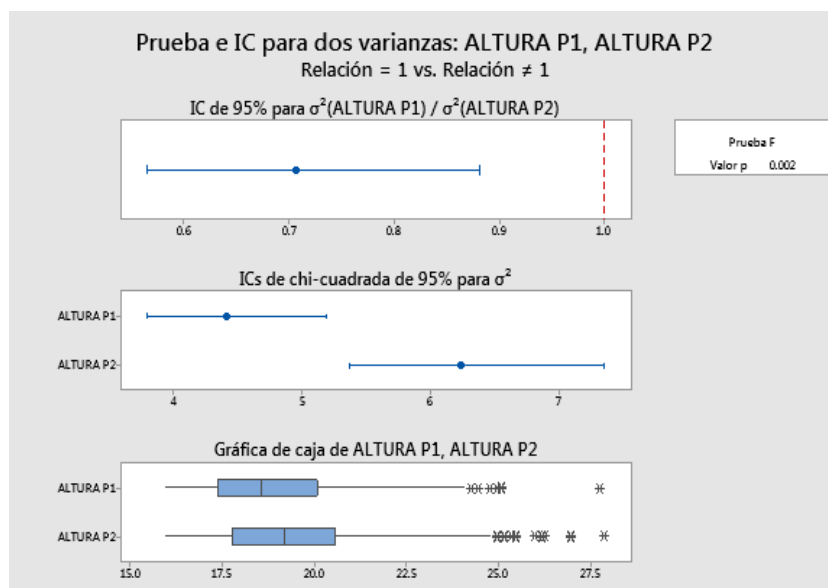
\*Dónde: BHT (biomasa húmeda total), BSA (biomasa húmeda seca), BSR (biomasa seca radicular), IR (Índice de robustez), RB A/R (relación entre la biomasa aérea y radicular), ICD (índice de calidad de Dickson) e IL (índice de lignificación)

Como se muestra en la Tabla 8 se realizó la prueba de igualdad de varianzas para los atributos morfológicos (altura, diámetro, biomasa húmeda total, biomasa húmeda seca, biomasa seca radicular, índice de robustez, relación entre la biomasa aérea y radicular, índice de calidad de Dickson e índice de lignificación) según la procedencia del plantón.

Los atributos morfológicos que obtuvieron un Valor ( $p > 0.05$ ) fueron la biomasa húmeda total (BHT) y biomasa seca radicular (BSR), por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se puede afirmar con un nivel de significancia del 5% que no existe diferencia entre la media de los atributos para ambas procedencias.

Para el resto de los atributos morfológicos se obtuvo un Valor ( $p = 0.000$ ) menor a 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia del 5% existe diferencia entre los atributos de los plantones de ambas procedencias.

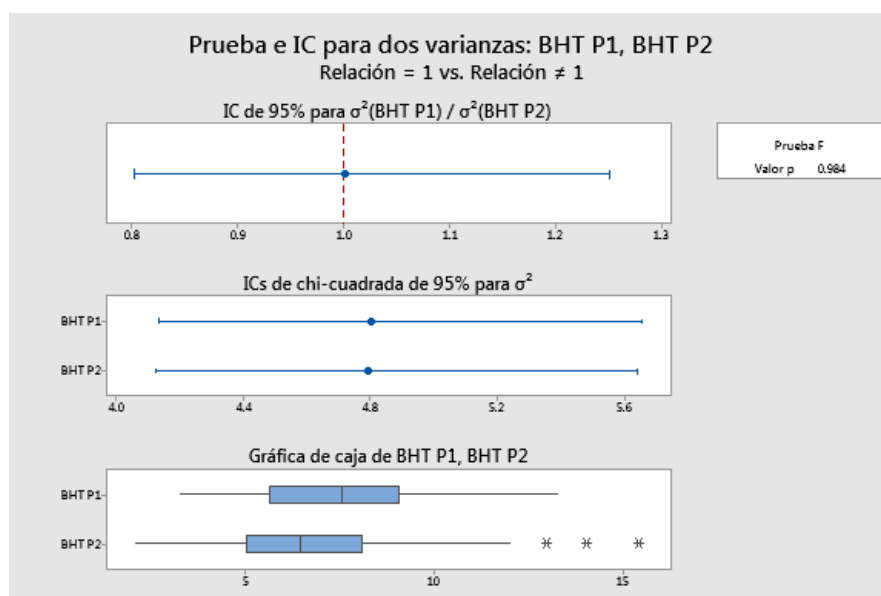
Luego se procedió a realizar una prueba de igualdad de varianza de forma gráfica para todos los atributos morfológicos, con la finalidad de describir mejor los resultados presentados en la Tabla 8, de acuerdo al Valor P se acepta o rechaza la hipótesis nula.



**Figura 16 :** Prueba de igualdad de varianzas de las alturas de *Pinus tecunumanii* para ambas procedencias

Como se puede observar en el la Figura 16, la primera sección muestra a un 95% de probabilidad el rango de (0.567 - 0.882) cm que pueden tener la desviación estándar para la altura; el valor crítico determinado no está contenido en el rango, por lo tanto podemos afirmar que existe diferencia significativa de las desviaciones entre ambas procedencias, la segunda sección muestra a un 95% los intervalos de confianza (IC) con una varianza de 6.252 cm para la Procedencia 2 y 4.421 cm para la Procedencia 1 no existe probabilidad de que se los intervalos estén sobrepuestos y la tercera sección muestra un diagrama de bigote y cajas donde se observa que la Procedencia 2 tiene una mayor variabilidad en comparación con la altura de la Procedencia 1.

Los atributos morfológicos que presentaron similar comportamiento Valor ( $p = 0.00$ ) descrito para la altura y observada en la Figura 16, fueron del diámetro (D), biomasa seca aérea (BSA), índice de robustez (IR) y relación entre la biomasa aérea y biomasa radicular (RB A/R), índice de lignificación (IL) e índice de calidad de Dickson (ICD), se pueden ver el Anexo 6.



**Figura 17:** Prueba de igualdad de varianzas de biomasa húmeda total de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.



La primera sección de la Figura 17 muestra a un 95% de probabilidad el rango de valores (0.803 - 1.251) g que pueden tener la desviación estándar para la biomasa húmeda total; el valor crítico determinado está contenido en el rango, por lo tanto podemos afirmar que no existe diferencia de las desviaciones entre ambas procedencias, la segunda sección muestra a un 95% los intervalos de confianza (IC) con una varianza de 4.806 g para la Procedencia 1 y 4.795 g para la Procedencia 2 como se observa que los intervalos están sobrepuestos por lo tanto se afirma que las biomasa húmedas totales son iguales y la tercera sección muestra un diagrama de bigote y cajas donde se observa que la Procedencia 1 tiene una mayor variabilidad con respecto a la biomasa húmeda total de la Procedencia 2.

El atributo morfológico que presento similar comportamiento descrito para la biomasa húmeda total (BHT) fue la biomasa seca radicular (BSR); y se pueden ver el Anexo 7.

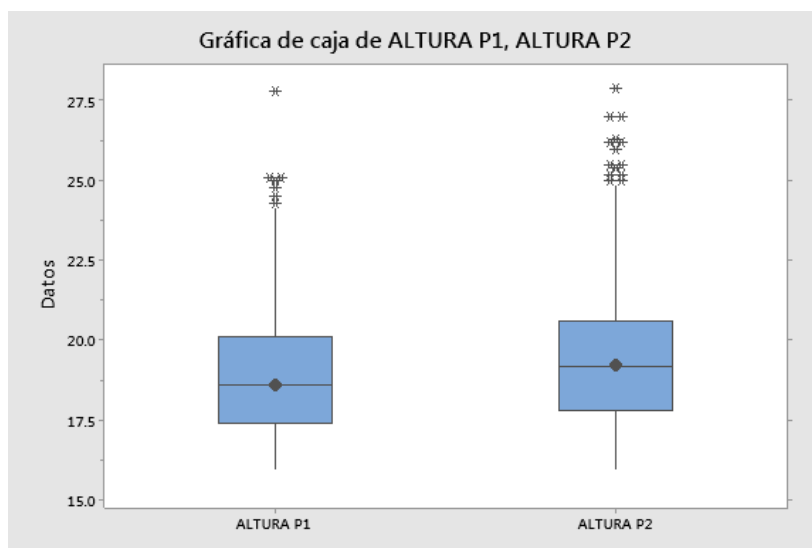
### 4.3 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS A EVALUAR DE AMBAS PROCEDENCIAS

#### 4.3.1 ANÁLISIS DE LA ALTURA

**Tabla 9:** Resumen estadístico de la altura de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| VARIABLES             | PROCEDENCIA |       |
|-----------------------|-------------|-------|
|                       | P1          | P2    |
| N                     | 315         | 315   |
| Media (cm)            | 18.90       | 19.60 |
| Error Esta Media (cm) | 0.118       | 0.141 |
| Des. Estan. (cm)      | 2.103       | 2.500 |
| Varianza (cm)         | 4.421       | 6.252 |
| Coe. Varia (%)        | 11.13       | 12.76 |
| Mínimo (cm)           | 16          | 16    |
| Q1 (cm)               | 17.4        | 17.8  |
| Mediana (cm)          | 18.6        | 19.2  |
| Q3 (cm)               | 20.1        | 20.6  |
| Máximo (cm)           | 27.8        | 27.9  |
| IQR (cm)              | 2.7         | 2.8   |
| Moda                  | 18          | 19    |
| N° para la moda       | 16          | 18    |

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 18:** Representación de caja de la variable Altura de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

La evaluación estadística de la altura y demás atributos morfológicos se realizó finalizada la fase de vivero. Con respecto a la altura se puede decir que es un buen predictor de la altura futura en campo como lo menciona (Mexal y Landis, citados por Sáenz 2010), el mejor resultado promedio en cuanto al crecimiento de la altura fue la Procedencia 2 con una media de 19.60 cm y la Procedencia 1 con 18.90 cm, tal y como se aprecia en la Tabla 9, según los rangos de calificación de la Tabla 7 (Pág. 33) ambas procedencias se encuentra dentro del rango establecido de Calidad Alto > 12.0 cm.

Debemos mencionas que esta variable cuantitativa por sí solo no asegura un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado, por lo tanto es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su real utilidad (Duryea 1985). Se puede observar en la Figura 18 que la Procedencia 1 tiene un menor ancho de caja y una menor variación.

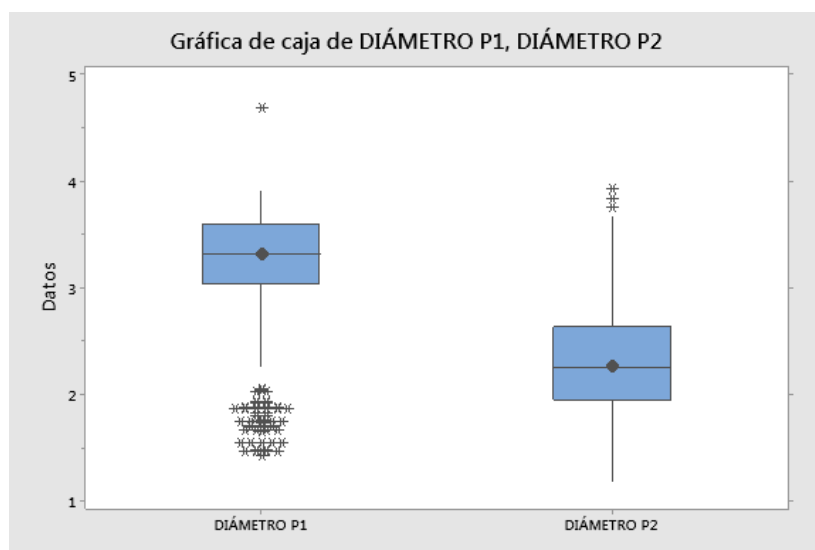
La altura de los plántones de la Procedencia 1 varían entre 16 cm y 27.8 cm y con respecto a la Procedencia 2 esta variación es entre 16.0 y 27.9 cm como se observa en la Tabla 9. Con los resultados estadísticos obtenidos podemos predecir que los plántones de la Procedencia 2 alcanzarían una altura mayor cuando estén establecidas en campo definitivo y que los plántones de Procedencia 1 muestran un crecimiento homogéneo.

### 4.3.2 ANÁLISIS DE LOS DIAMETROS

**Tabla 10:** Resumen estadístico del diámetro de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| VARIABLES                           | PROCEDENCIA |       |
|-------------------------------------|-------------|-------|
|                                     | P1          | P2    |
| <b>N</b>                            | 315         | 315   |
| <b>Media (mm)</b>                   | 3.153       | 2.303 |
| <b>Error Estan de la media (mm)</b> | 0.042       | 0.028 |
| <b>Des. Estan. (mm)</b>             | 0.740       | 0.489 |
| <b>Varianza (mm)</b>                | 0.548       | 0.239 |
| <b>Coe. Varia (%)</b>               | 23.48       | 21.24 |
| <b>Mínimo (mm)</b>                  | 1.42        | 1.19  |
| <b>Q1 (mm)</b>                      | 3.04        | 1.95  |
| <b>Mediana (mm)</b>                 | 3.32        | 2.26  |
| <b>Q3 (mm)</b>                      | 3.60        | 2.64  |
| <b>Máximo (mm)</b>                  | 4.70        | 3.93  |
| <b>IQR (mm)</b>                     | 0.56        | 0.69  |
| <b>Moda</b>                         | 3.60        | 2.64  |
| <b>N° para la moda</b>              | 70          | 12    |

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 19:** Representación de caja del diámetro de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

Este atributo morfológico es mejor para predecir la supervivencia y el crecimiento de los plantones, existe una relación directa entre el grosor del diámetro y la cantidad de raíces que desarrollara (Haase 2006).

Santiago *et al.* (2007) menciona otros beneficios adicionales como la resistencia al viento, a las deficiencias de humedad, al ataque de plagas y enfermedades. Plantones con mayor diámetro son más resistentes y por consiguiente, tiene mayor posibilidad de sobrevivencia y desarrollo en el campo definitivo.

Como se observa en la Tabla 10 se tienen un promedio de diámetro de 3.153 mm para Procedencia 1 y 2.303 mm para la Procedencia 2, según la calificación de calidad de la Tabla 7 (Pág. 33), los plantones de procedencia 1 se encuentra dentro del rango establecido de Calidad media entre 2.5 y 3.9 mm y con respecto a la Procedencia 2 se clasifica como Calidad baja por estar dentro del rango de < 2.5 mm. El tipo y espaciamiento entre contenedores influye el diámetro del cuello de la raíz y tiene implicaciones sobre el crecimiento de la planta, para el estudio ambas procedencias fueron sometidas a las mismas condiciones y se utilizaron contenedores de 4"x7"x2 mm dimensión.

Muñoz *et al.* (2011) observó que, aquéllas que crecen a bajas densidades reciben 10 veces más radiación en la parte baja y desarrollan mejor su diámetro. Si bien los autores mencionan la gran utilidad del atributo morfológico es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su real utilidad.

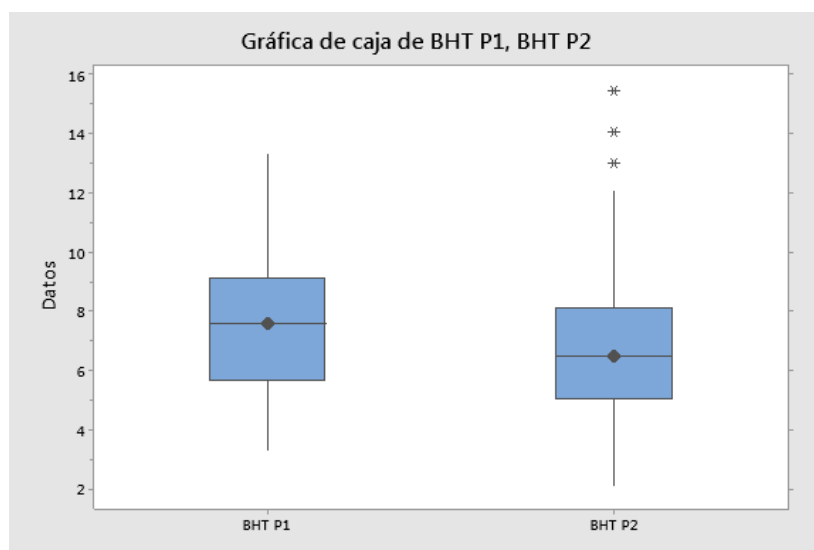
Se puede observar en la Figura 19, que la Procedencia 1 tiene un menor ancho de caja 0.56 mm y una menor variación en comparación con la Procedencia 2, además se observa que el diámetro a la altura del cuello de los plantones de la Procedencia 1 varían entre 1.42 y 4.7 mm; para la Procedencia 2 entre 1.19 y 3.93 mm. Con los resultados estadísticos obtenidos en la Tabla 10 podemos predecir que los plantones de la Procedencia 1 tienen mayor posibilidad de sobrevivir y desarrollarse en campo definitivo.

### 4.3.3 ANÁLISIS DE LA BIOMASA HUMEDA TOTAL

**Tabla 11:** Resumen estadístico de la biomasa húmeda total de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

| VARIABLES                          | PROCEDENCIA |       |
|------------------------------------|-------------|-------|
|                                    | P1          | P2    |
| <b>N</b>                           | 315         | 315   |
| <b>Media (g)</b>                   | 7.479       | 6.608 |
| <b>Error Estan de la media (g)</b> | 0.124       | 0.123 |
| <b>Des. Estan. (g)</b>             | 2.192       | 2.19  |
| <b>Varianza (g)</b>                | 4.806       | 4.795 |
| <b>Coe. Varia (%)</b>              | 29.31       | 33.14 |
| <b>Mínimo (g)</b>                  | 3.31        | 2.14  |
| <b>Q1 (g)</b>                      | 5.67        | 5.05  |
| <b>Mediana (g)</b>                 | 7.6         | 6.5   |
| <b>Q3 (g)</b>                      | 9.12        | 8.14  |
| <b>Máximo (g)</b>                  | 13.3        | 15.49 |
| <b>IQR (g)</b>                     | 3.45        | 3.09  |
| <b>Moda</b>                        | 10.3        | 5.07  |
| <b>N° para la moda</b>             | 22          | 6     |

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 20:** Representación de caja de la biomasa húmeda total de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

El atributo morfológico de la biomasa húmeda total se relaciona con diversos procesos fisiológicos como la eficiencia de la fotosíntesis (Thompson 1985, citado por Sigala 2013). Generalmente, es difícil medir la biomasa húmeda directamente en un lote de plantas, esto puede variar dependiendo de la situación climática, especie, edad de los plántones y la forma de obtención de las muestras con la finalidad de obtener una media representativa de cada procedencia.

Existen índices de calidad compuestos por dos o más atributos morfológicos, en este caso la biomasa húmeda total permitirá determinar el índice de lignificación (IL).

El mejor resultado en cuanto a la biomasa húmeda total de los plántones de *Pinus tecunumanii* fue la Procedencia 1 con una media de 7.479 g y la Procedencia 2 con 6.608 g, tal y como se aprecia en la Tabla 11.

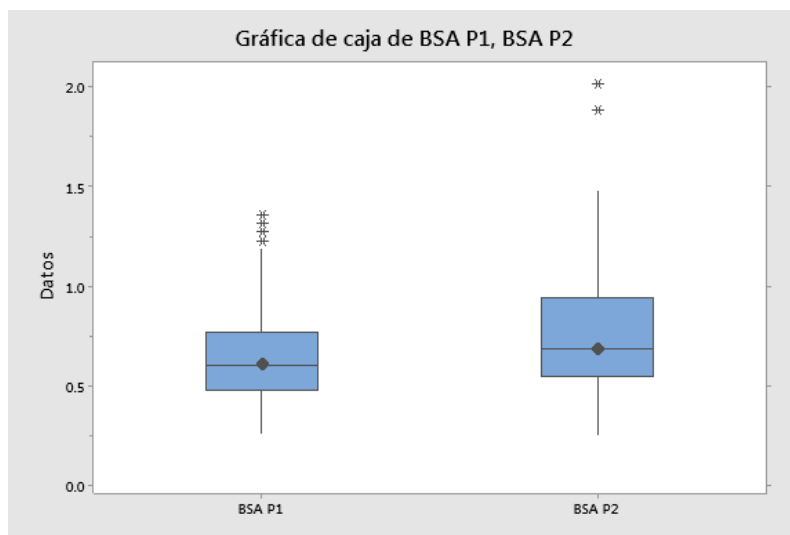
Se observa en la Figura 20 representado por la gráfica de caja que la Procedencia 2 tiene un ancho de caja menor y varianza. El peso húmedo total de los plántones de la Procedencia 1 varían entre 3.31 y 13.3 g; para la Procedencia 2 entre 2.14 y 15.49 g. Con los resultados estadísticos obtenidos podemos indicar que los plántones de ambas procedencias tienen la misma eficiencia fotosintética al no encontrarse diferencias significativas como lo muestran la Tabla 8 donde se observa una (Valor P = 0.984).

#### 4.3.4 ANÁLISIS DE LA BIOMASA SECA AÉREA

**Tabla 12:** Resumen estadístico de la biomasa seca aérea de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| VARIABLE                      | PROCEDENCIA |        |
|-------------------------------|-------------|--------|
|                               | P1          | P2     |
| N                             | 315         | 315    |
| Media (g)                     | 0.650       | 0.749  |
| Error Estand. de la media (g) | 0.012       | 0.016  |
| Des. Estand. (g)              | 0.218       | 0.287  |
| Varianza (g)                  | 0.047       | 0.082  |
| Coe. Varia (%)                | 33.470      | 38.330 |
| Mínimo (g)                    | 0.265       | 0.261  |
| Q1 (g)                        | 0.481       | 0.551  |
| Mediana (g)                   | 0.607       | 0.685  |
| Q3 (g)                        | 0.771       | 0.943  |
| Máximo (g)                    | 1.359       | 2.018  |
| IQR (g)                       | 0.290       | 0.392  |
| Moda                          | 0.607       | 0.660  |
| N° para la moda               | 4           | 4      |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21:** Representación de caja de la biomasa seca aérea de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

La biomasa es la cantidad o volumen de materia seca presente en una planta; ésta puede ser aérea, subterránea o total; para este análisis se consideró solo las hojas (acículas), tallo y yema terminal.

La biomasa seca aérea está relacionada con la supervivencia y crecimiento posterior, plantones con mejor biomasa seca aérea tienen mayor posibilidad de establecerse en campo definitivo (Rodríguez 2008). En la misma línea Haase (2006) menciona que, existe una relación directa entre la concentración de biomasa seca y la probabilidad de sobrevivencia de la planta en campo. Si queremos comparar este atributo morfológico se debe tener en cuenta que las plantas cuenten con las mismas condiciones y edad. Otro atributo morfológico para determinar la sobrevivencia en campo es la masa seca radicular y la relación entre ambas masas.

El mejor resultado obtenido con respecto a la biomasa seca aérea de los plantones de *Pinus tecunumanii* fue la Procedencia 2 con un promedio de 0.749 g y la Procedencia 1 con 0.650 g, tal y como se aprecia en la Tabla 12, por lo tanto se puede indicar que los plantones de Procedencia 2 tienen mayor posibilidad de supervivencia y crecimiento cuando sean trasladados a campo definitivo.

Se observa en la Figura 21 representado por una gráfica de caja donde la Procedencia 1 tiene un ancho de caja mejor y variabilidad. La biomasa seca aérea de los plantones de la Procedencia 1 varía entre 0.256 y 1.359 g; para la Procedencia 2 entre 0.261 - 2.018 g. Con los resultados estadísticos obtenidos podemos predecir que los plantones de la Procedencia 2 tiene una mejor condición al momento de ser llevados a campo definitivo.

Este resultado guarda coherencia también con la altura analizada en el punto 4.3.1 en donde la Procedencia 2 registro una mayor altura promedio, observándose una relación directa entre la altura promedio de los plantones y la biomasa seca aérea promedio.

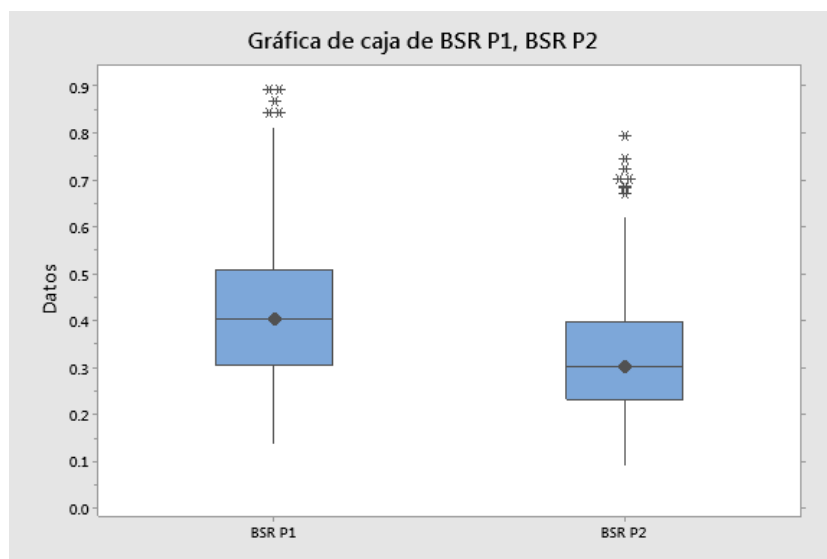


### 4.3.5 ANÁLISIS DE LA BIOMASA SECA RADICULAR

**Tabla 13:** Resumen estadístico de la biomasa seca radicular de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

| VARIABLES                    | PROCEDENCIA |        |
|------------------------------|-------------|--------|
|                              | P1          | P2     |
| N                            | 315         | 315    |
| Media (g)                    | 0.4147      | 0.3189 |
| Error Estan. de la media (g) | 0.0081      | 0.0075 |
| Des. Estan. (g)              | 0.1453      | 0.1337 |
| Varianza (g)                 | 0.0211      | 0.0178 |
| Coe. Varia (%)               | 35.04       | 41.94  |
| Mínimo (g)                   | 0.1383      | 0.0919 |
| Q1 (g)                       | 0.3061      | 0.2326 |
| Mediana (g)                  | 0.4045      | 0.3008 |
| Q3 (g)                       | 0.5081      | 0.397  |
| Máximo (g)                   | 0.8955      | 0.7971 |
| IQR (g)                      | 0.202       | 0.1644 |
| Moda                         | 0.5266      | 0.2869 |
| N° para la moda              | 4           | 4      |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 22:** Representación de caja de la biomasa seca radicular de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

Los contenedores tienen características diseñadas que buscan el desarrollo de un sistema radical de alta calidad y su protección durabilidad hasta el establecimiento en campo definitivo, resultando la parte aérea reflejo del desarrollo y crecimiento del sistema radicular.

El suministro de fotoasimilados y diferentes reguladores de crecimiento del plantón, se interrelaciona con volumen seco radicular, ya que la biomasa aérea depende de la biomasa radicular para el anclaje y estabilidad mecánico de la planta al suelo (sustrato), la absorción de agua y nutrientes y la producción de hormonas (Lagoute *et al.* 2009). La biomasa seca radical para la Procedencia 1 registro un promedio de 0.4147 g y la Procedencia 2 con 0.3189 g, tal y como se aprecia en la Tabla 13.

Se observa en la Figura 22 representada por una gráfica de caja donde la Procedencia 2 tiene un ancho de caja menor y variabilidad en comparación con la Procedencia 1. La biomasa seca radical de los plantones de la Procedencia 1 varían entre 0.1383 y 0.8955 g; para la Procedencia 2 entre 0.0919 y 0.7971 g.

Con los resultados estadísticos obtenidos podemos indicar que los plantones de ambas procedencias tienen la misma condición para suministrar nutriente y estabilidad a las parte aérea, debido a que no se encontró diferencias significativas como lo muestran la Tabla 8 donde se observa una (Valor  $P = 0.147$ ). Se debe considerar que este atributo morfológico de manera independientemente no es un buen indicador de calidad, por lo que se tiene que relacionar con otros atributos con la finalidad de obtener índices de calidad más precisos.

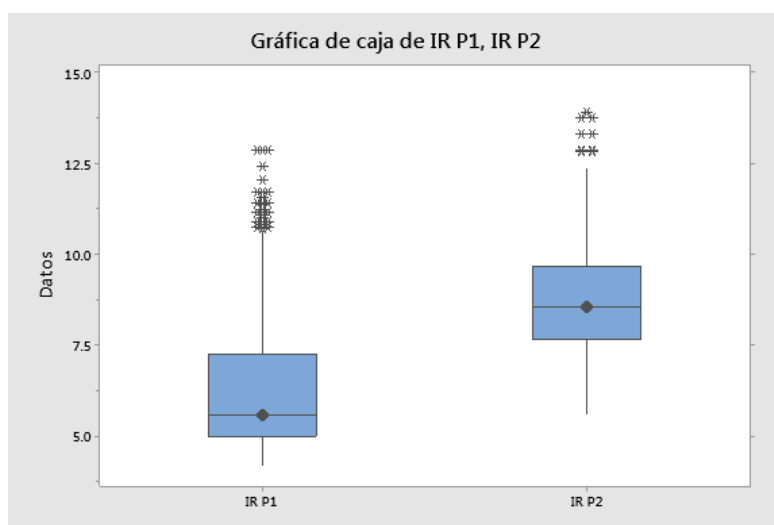
## 4.4 ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AMBAS PROCEDENCIAS

### 4.4.1 ÍNDICE DE ROBUSTEZ

**Tabla 14:** Resumen estadístico del Índice de Robustez de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| VARIABLE                                       | PROCEDENCIA |         |
|--|-------------|---------|
|  | P1          | P2      |
| N  | 315         | 315     |
| Media (cm mm <sup>-1</sup> )                   | 6.175       | 8.7606  |
| Error Estan de la media (cm mm <sup>-1</sup> ) | 0.122       | 0.0856  |
| Des. Estan. (cm mm <sup>-1</sup> )             | 2.169       | 1.5186  |
| Varianza (cm mm <sup>-1</sup> )                | 4.706       | 2.3062  |
| Coe. Varia (%)                                 | 33.5        | 17.33   |
| Mínimo (cm mm <sup>-1</sup> )                  | 4.211       | 5.6284  |
| Q1 (cm mm <sup>-1</sup> )                      | 5           | 7.6692  |
| Mediana (cm mm <sup>-1</sup> )                 | 5.583       | 8.5427  |
| Q3 (cm mm <sup>-1</sup> )                      | 7.259       | 9.6635  |
| Máximo (cm mm <sup>-1</sup> )                  | 12.887      | 13.9073 |
| IQR (cm mm <sup>-1</sup> )                     | 2.259       | 1.9943  |
| Moda   | 4.3421      | 8.5106  |
| N° para la moda                                | 6           | 4       |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 23:** Representación de caja de la biomasa seca radicular de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

Llamado también índice de esbeltez. Este índice indica la proporción entre la altura del plantón y el diámetro a la altura del cuello. Según el Comisión Nacional Forestal CONAFOR (2009) plantones con Índice de Robustez (IR) mayor e igual a 8.0 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ) es calificado como calidad baja, entre 7.9 y 6.0 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ) calidad Media y menor a 6.0 calidad Alta. Rodríguez (2008) menciona que, valores superiores a 6 sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro a la altura del cuello, siendo tallos elongados con diámetros delgados; describen plantones más vulnerables a daños por viento, sequía y heladas.

Como se aprecia en la Tabla 14, la Procedencia 1 tienen un IR de 6.17 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ) según los rangos de calificación de la calidad propuesta en la Tabla 7 (Pág. 33) se estable como Calidad media por encontrarse entre 7.9 y 6.0 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ). Con respecto a la Procedencia 2 con 8.7606 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ) se encuentra dentro del rango establecido de Calidad baja  $> 8.0$ . Además se observó en el estudio valores de índice de robustez considerados relativamente altos para la Procedencia 2, ya que basados en un criterio de relación entre la altura y el diámetro del cuello para una producción comercial es tradicionalmente exigible que la altura del plantón no presente diámetros delgados.

La calidad basado en los indicadores morfológicos depende principalmente de la especie, metodología de propagación y edad, valores recomendados para *Pinus taeda* L., *P. ponderosa* Laws. y *P. elliotti* Engelm, de IR registro entre 8.0 y 9.90 en el mismo estudio valores de IR para *P. palustris* Mili, superaron los 8.5 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ) Barnett (2002). En este caso los plantones de *Pinus tecunumanii* propagados a partir de semillas importadas se encuentran en los rangos registrados por el autor en otras especies de pinos.

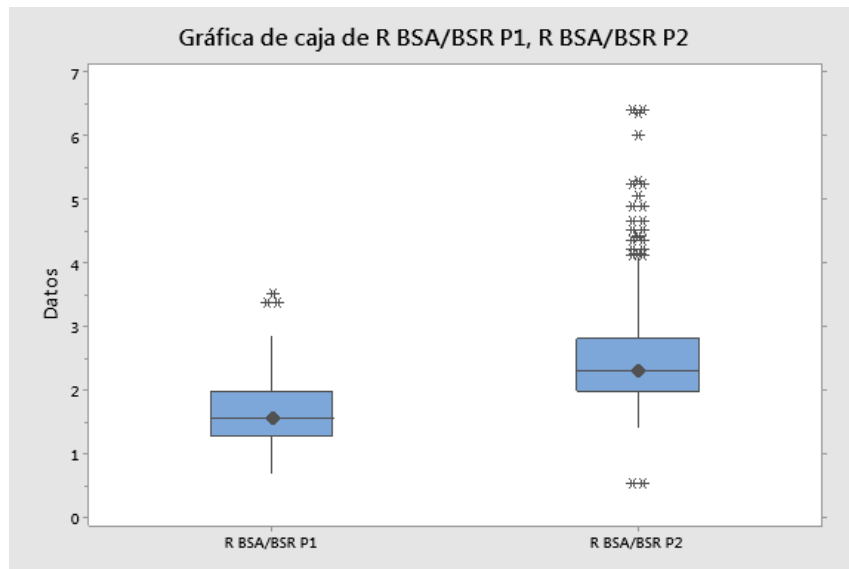
Se observa en la Figura 23 representada por una gráfica de caja donde la Procedencia 2 tiene un menor ancho de caja y variabilidad. Podemos indicar que el IR de los plantones de la Procedencia 1 varían entre 4.311 y 12.887 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ); para la procedencia 2 entre 5.6284 y 13.9073 ( $\text{cm mm}^{-1}$ ).

#### 4.4.2 RELACIÓN DE BIOMASA SECA AÉREA Y RADICULAR

**Tabla 15:** Resumen estadístico de la Relación (BSA/BSR) de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

| VARIABLES               | PROCEDENCIA |        |
|-------------------------|-------------|--------|
|                         | P1          | P2     |
| N                       | 315         | 315    |
| Media                   | 1.6472      | 2.5321 |
| Error Estan de la media | 0.0267      | 0.0513 |
| Des. Estan.             | 0.4735      | 0.9097 |
| Varianza                | 0.2242      | 0.8276 |
| Coe. Varia (%)          | 28.74       | 35.93  |
| Mínimo                  | 0.7006      | 0.5252 |
| Q1                      | 1.2904      | 1.988  |
| Mediana                 | 1.574       | 2.311  |
| Q3                      | 1.9928      | 2.825  |
| Máximo                  | 3.5193      | 6.4072 |
| IQR                     | 0.7023      | 0.837  |
| Moda                    | 1           | 0.5252 |
| N° para la moda         | 4           | 2      |

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 24:** Representación de caja de la Relación (BSA/BSR) de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias.

La producción de biomasa es importante debido que refleja el desarrollo de la planta en vivero, por lo tanto la relación de biomasa entre el peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular indica que tanto están desarrollados los plantones y la existencia de una proporción entre ambos. Según CONAFOR (2009) plantones con una Relación (BSA/BSR) mayor e igual a 2.5 son calificados como calidad baja, entre 2.4 y 2.0 calidad media y menor a 2.0 calidad alta.

Según (Thompson, 1985) una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta; el cociente de ésta relación no debe ser mayor a 2.5, especialmente cuando las precipitaciones sean escasas en las zonas de reforestación.

Como se observa en la Tabla 15 la media de la relación de biomasa (BSA/BSR) para la Procedencia 1 fue de 1.647 según los rangos de calificación de la Tabla 7 (Pág. 33) es calificada como Calidad alta  $< 2.0$  podemos decir que existe una buena proporción entre la biomasa seca aérea y radicular. Con respecto a la Procedencia 2 es calificada como calidad baja por encontrarse en el rango establecido de  $> 2.5$ . Además, se observó en el estudio valores de relación (BSA/BSR) relativamente altos para la Procedencia 2, ya que basados en un criterio de equilibrio de biomasa para una producción comercial es tradicionalmente exigible que el peso de la parte aérea no duplique el peso radicular.

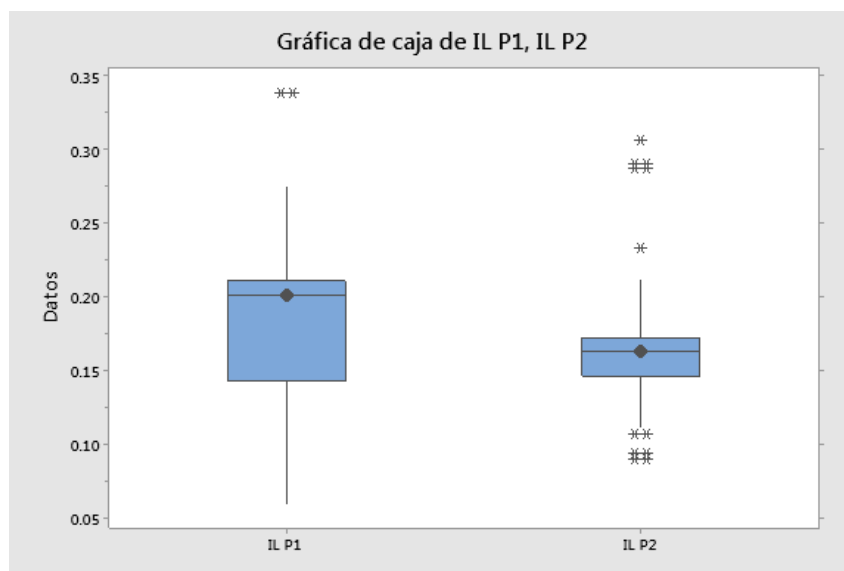
El resultado también se puede observar en la Figura 24 representada por una gráfica de caja donde la Procedencia 1 presenta un menor ancho de caja y variabilidad. La grafica también indica que la Relación (BSA/BSR) de los plantones de la Procedencia 1 varían entre 0.7006 y 3.5193; para la procedencia 2 entre 0.5252 g y 6.407.

#### 4.4.3 ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN

**Tabla 16:** Resumen estadístico del Índice de Lignificación (IL) de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias

| VARIABLES                   | PROCEDENCIA |        |
|-----------------------------|-------------|--------|
|                             | P1          | P2     |
| N                           | 315         | 315    |
| Media (%)                   | 0.2069      | 0.1620 |
| Error Estan de la media (%) | 0.0022      | 0.0014 |
| Des. Estan. (%)             | 0.0398      | 0.0262 |
| Varianza (%)                | 0.0015      | 0.0006 |
| Coe. Varia (%)              | 27.14       | 16.22  |
| Mínimo (%)                  | 0.058       | 0.089  |
| Q1 (%)                      | 0.124       | 0.146  |
| Mediana (%)                 | 0.141       | 0.162  |
| Q3 (%)                      | 0.160       | 0.172  |
| Máximo (%)                  | 0.338       | 0.306  |
| IQR (%)                     | 0.035       | 0.026  |
| Moda                        | 0.076       | 0.114  |
| N° para la moda             | 2           | 2      |

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 25:** Representación de cajas del Índice de Lignificación (IL) de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

El índice de lignificación permite saber si el plantón tiene las condiciones óptimas para soportar las sequías y bajas temperaturas (Tinoco y Ramírez, 2014). Esta relación permite expresar el nivel de pre-acondicionamiento de las plantas al momento de salir del vivero.

En la evaluación el Índice de Lignificación (IL) es de 20.69% y 16.20 % Procedencia 1 y Procedencia 2 respectivamente, según los rangos de calificación de la Tabla 7 (Pág. 33) ambas procedencias se califican como calidad alta por encontrarse sobre el rango de 11.3% - 17.01 %. Con lo mencionado antes, se puede indicar que los plantones de ambas procedencias tienen un pre-acondicionamiento óptimo, además estos promedios significa que los plantones estuvieron sometidos a un estrés hídrico alto como lo indica (Prieto, 2004).

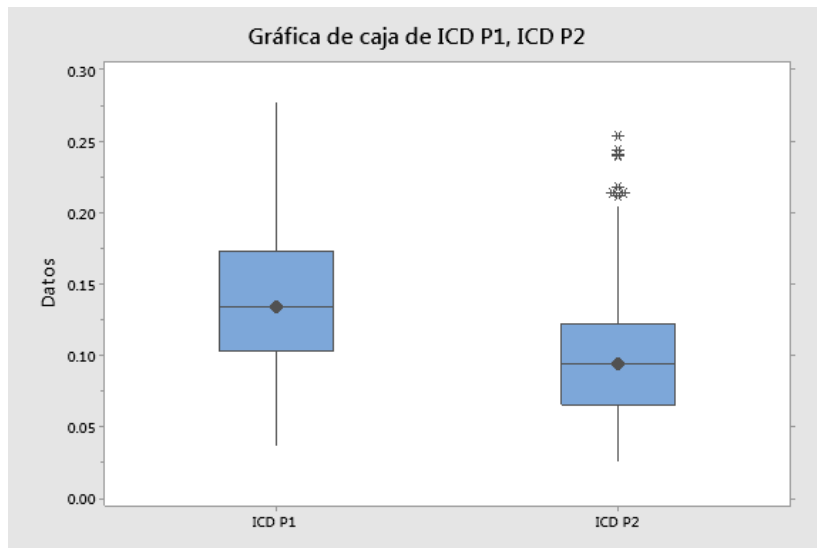
Se observa en la Figura 25 una representación de graficas de cajas en donde la Procedencia 2 tiene un valor menor con respecto al ancho de la caja y una menor variabilidad, así mismo los plantones de la Procedencia 1 varían entre 5.0% y 33.8%; para la Procedencia 2 entre 8.98% y 30.63%, tal y como se observa. Finalmente, el análisis estadístico para el índice de lignificación presentó diferencia significativa entre ambas procedencias.

#### 4.4.4 ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON

**Tabla 17:** Resumen estadístico del Índice de Calidad de Dickson (ICD) de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

| VARIABLES                                 | PROCEDENCIA |        |
|---|-------------|--------|
|   | P1          | P2     |
| N   | 315         | 315    |
| Media (g mm cm <sup>-1</sup> )            | 0.1380      | 0.0988 |
| Er. Est de media (g mm cm <sup>-1</sup> ) | 0.0027      | 0.0024 |
| Des. Estan. (g mm cm <sup>-1</sup> )      | 0.0479      | 0.0440 |
| Varianza (g mm cm <sup>-1</sup> )         | 0.0023      | 0.0019 |
| Coe. Varia (%)                            | 34.77       | 44.58  |
| Mínimo (g mm cm <sup>-1</sup> )           | 0.037       | 0.026  |
| Q1 (g mm cm <sup>-1</sup> )               | 0.103       | 0.065  |
| Mediana (g mm cm <sup>-1</sup> )          | 0.134       | 0.093  |
| Q3 (g mm cm <sup>-1</sup> )               | 0.172       | 0.121  |
| Máximo (g mm cm <sup>-1</sup> )           | 0.276       | 0.254  |
| IQR (g mm cm <sup>-1</sup> )              | 0.069       | 0.056  |
| Moda                                      | 0.068       | 0.033  |
| N° para la moda                           | 2           | 2      |





**Figura 26:** Representación de cajas del Índice de Calidad de Dickson (ICD) de *Pinus tecunumanii* en ambas procedencias

El índice de calidad de Dickson es uno de los índices más completos que ayuda a determinar mejor la calidad de los plántones antes de ser trasladados a campo definitivo porque nos ayuda a expresar el equilibrio de la distribución entre la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plántones de menor altura pero con mayor robustez según (García citado por Sáenz 2010). Según CONAFOR (2009) plantas con un (ICD) mayor e igual a 0.5 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ) es calificado como calidad Alta, entre 0.4 – 0.2 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ) calidad Media y menor a 0.2 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ) calidad Baja.

En la evaluación del Índice de Calidad de Dickson (ICD) los promedios obtenidos son de 0.138 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ) y 0.0988 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ) para la Procedencia 1 y Procedencia 2 respectivamente, según los rangos de calificación de la Tabla 7 (Pág. 33) ambas procedencias se encuentran dentro de la Calidad baja menor a 0.20 ( $\text{g mm cm}^{-1}$ ).

El resultado también se observa en la Figura 26 representada por una gráfica de caja donde la Procedencia 2 tiene un valor menor con respecto al ancho de la caja y menor variabilidad.

El (ICD) de los plántones de la Procedencia 1 varían entre  $0.035 \text{ (g mm cm}^{-1}\text{)}$  y  $0.205 \text{ (g mm cm}^{-1}\text{)}$ ; para la Procedencia 2 entre  $0.026 \text{ (g mm cm}^{-1}\text{)}$  y  $0.254 \text{ (g mm cm}^{-1}\text{)}$ , tal y como se aprecia en la Tabla 17, con los promedios registrados podemos indicar que los plántones presentan un desequilibrio entre la masa y la robustez, podemos inferir que son plántones de mayor altura pero con un menor vigor. Similar comportamiento se registró en la investigación realizada por Terán (2018) en donde indicó que todos sus tratamientos obtuvieron un resultado menor a  $0.2 \text{ (g mm cm}^{-1}\text{)}$  utilizando dos tipos de contenedores tebetes de 115 cc y bolsas de 300 cc.

Para Mexal y Landis (1990) mencionan que, el ICD no hay una mejora en la predicción de calidad, por lo que recomienda aplicar la relación entre la altura y el diámetro o el índice de robustez, como relación que predice mejor la supervivencia y el buen crecimiento cualquiera sea el ambiente de plantación.

**Tabla 18:** Resumen de la calidad de los atributos morfológicos por procedencia de *Pinus tecunumanii*

| N° | ATRIBUTOS<br>MORFOLÓGICOS          | <i>Pinus tecunumanii</i> |               | Prueba de<br>hipótesis H <sub>0</sub> |
|----|------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------------------|
|    |                                    | Procedencia 1            | Procedencia 2 |                                       |
| 1  | Edad (semana)                      | 22                       | 22            | -                                     |
| 2  | Altura (cm)                        | 18.90 (A)                | 19.60 (A)     | <b>Rechaza</b>                        |
| 3  | Diámetro (mm)                      | 3.153 (M)                | 2.30 (B)      | <b>Rechaza</b>                        |
| 4  | Biomasa húmeda Total (g)           | 7.47 *                   | 6.60*         | <b>Acepta</b>                         |
| 5  | Biomasa Seca Aérea (g)             | 0.65*                    | 0.74*         | <b>Rechaza</b>                        |
| 6  | Biomasa Seca Radicular (g)         | 0.4147*                  | 0.3189*       | <b>Acepta</b>                         |
| 7  | I. Robustez (cm mm <sup>-1</sup> ) | 6.175 (M)                | 8.76 (B)      | <b>Rechaza</b>                        |
| 8  | R BSA/BSR                          | 1.64 (A)                 | 2.53 (B)      | <b>Rechaza</b>                        |
| 9  | IL (%)                             | 20.69 (A)                | 16.20 (A)     | <b>Rechaza</b>                        |
| 10 | ICD (g mm cm <sup>-1</sup> )       | 0.138 (B)                | 0.0988 (B)    | <b>Rechaza</b>                        |

**Fuente:** Elaboración propia.

Nota: A (Calidad alta), M (Calidad media) y B (Calidad baja).

\* Datos de biomasa de platones de 22 semanas.

Se observar en la Tabla 18, con respecto al análisis estadístico de la altura se indica que existe una diferencia significativa entre ambas procedencias y son consideradas de calidad alta (A); con respecto la Procedencia 1 registro 18.90 cm y la Procedencia 2 registro un promedio 19.60 cm; con relación al diámetro a la altura del cuello se observa que los plantones de la Procedencia 1 registraron 3.153 mm calidad media (M) y la Procedencia 2 registraron 3.20 mm calidad baja (B) y el análisis estadístico indica que existe diferencia significativa entre ambas procedencias.

El análisis estadístico de los atributos morfológicos de biomasa húmeda total (BHT) y biomasa seca radicular (BSR) indican que no existe diferencias significativas. La BHT registró un valor de 7.74 g para la Procedencia 1 y 6.60 g para la Procedencia 2 en plantones de 22 semanas de edad. Con respecto a la BSR la Procedencia 1 registro 0.4147 g un valor promedio mayor con respecto a la Procedencia 2. Con respecto a la biomasa seca aérea (BSA) el análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre ambas procedencias,

la Procedencia 2 registró un valor promedio de 0.74 g mayor a la Procedencia 1 con 0.65 g. Estos datos son registro para la zona de Selva Central en plántones de 22 semanas de edad en fase de vivero.

Con respecto a los índices morfológicos (IR, R BSA/BSR, ICD Y IL) se observa en la Tabla 18 que ambas procedencias tienen diferencias significativas. Con respecto a índices de Robustez (IR), la Procedencia 1 registro 6.175 calidad media (M) y la Procedencia 2 registró 8.76 calidad baja (B), con respecto Índice de Calidad de Dickson (ICD), ambas procedencias registraron calidad baja (B), con relación al Índice de lignificación (IL), ambas procedencias registraron calidad alta (A).

La relación entre la BSA/BSR de la Procedencia 1 registro un promedio de 1.64 clasificada como de calidad alta (A) indicando que tienen un buen desarrollo de la biomasa y una proporción adecuada entre la parte aérea y radicular, además registraron mayor números de características deseables en comparación con la Procedencia 2 que registro 2.53 calidad baja (B), por lo tanto se puede afirmar que en fase de vivero la Procedencia 1 tiene la capacidad de sobrevivir y crecer óptimamente en campo definitivo.

El mejor promedio respecto al índice de calidad de Dickson se obtuvo en los plántones de Procedencia 1 registrando 0.138 (g mm cm<sup>-1</sup>). Indicar que todos los plántones han sido producidos a las mismas condiciones de sustrato, contenedor, humedad y temperatura, por lo que la diferencias obtenidas entre los plántones se puede atribuir principalmente a la procedencia de semillas; por lo tanto se puede mencionar que los plántones obtenidos a partir de semillas local están mejor adaptadas a la zona de la Selva Central durante la fase de vivero.

**Tabla 19:** Resumen estadístico de los atributos morfológicos e índices de calidad de los plantones de *Pinus tecunumanii* de ambas procedencias.

| VARIABLES         | ALTURA |       | DIÁMETRO |       | BHT*  |       | BSA*  |       | BSR*  |       | IR*   |       | RBSA/BSR* |       | IL*   |       | ICD*  |       |
|-------------------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | P1     | P2    | P1       | P2    | P1    | P2    | P1    | P2    | P1    | P2    | P1    | P2    | P1        | P2    | P1    | P2    | P1    | P2    |
| <b>N</b>          | 315    | 315   | 315      | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   | 315       | 315   | 315   | 315   | 315   | 315   |
| <b>Media</b>      | 18.90  | 19.60 | 3.15     | 2.30  | 7.48  | 6.61  | 0.65  | 0.75  | 0.41  | 0.32  | 6.18  | 8.76  | 1.65      | 2.53  | 0.21  | 0.16  | 0.14  | 0.10  |
| <b>Er Est Med</b> | 0.12   | 0.14  | 0.04     | 0.03  | 0.12  | 0.12  | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.01  | 0.12  | 0.09  | 0.03      | 0.05  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| <b>Des. Esta.</b> | 2.10   | 2.50  | 0.74     | 0.49  | 2.19  | 2.19  | 0.22  | 0.29  | 0.15  | 0.13  | 2.17  | 1.52  | 0.47      | 0.91  | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.04  |
| <b>Varianza</b>   | 4.42   | 6.25  | 0.55     | 0.24  | 4.81  | 4.80  | 0.05  | 0.08  | 0.02  | 0.02  | 4.71  | 2.31  | 0.22      | 0.83  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| <b>Coe. Var**</b> | 11.13  | 12.76 | 23.48    | 21.24 | 29.31 | 33.14 | 33.47 | 38.33 | 35.04 | 41.94 | 33.50 | 17.33 | 28.74     | 35.93 | 27.14 | 16.22 | 34.77 | 44.58 |
| <b>Mínimo</b>     | 16.00  | 16.00 | 1.42     | 1.19  | 3.31  | 2.14  | 0.27  | 0.26  | 0.14  | 0.09  | 4.21  | 5.63  | 0.70      | 0.53  | 0.06  | 0.09  | 0.04  | 0.03  |
| <b>Q1</b>         | 17.40  | 17.80 | 3.04     | 1.95  | 5.67  | 5.05  | 0.48  | 0.55  | 0.31  | 0.23  | 5.00  | 7.67  | 1.29      | 1.99  | 0.12  | 0.15  | 0.10  | 0.07  |
| <b>Mediana</b>    | 18.60  | 19.20 | 3.32     | 2.26  | 7.60  | 6.50  | 0.61  | 0.68  | 0.40  | 0.30  | 5.58  | 8.54  | 1.57      | 2.31  | 0.14  | 0.16  | 0.13  | 0.09  |
| <b>Q3</b>         | 20.10  | 20.60 | 3.60     | 2.64  | 9.12  | 8.14  | 0.77  | 0.94  | 0.51  | 0.40  | 7.26  | 9.66  | 1.99      | 2.83  | 0.16  | 0.17  | 0.17  | 0.12  |
| <b>Máximo</b>     | 27.80  | 27.90 | 4.70     | 3.93  | 13.30 | 15.49 | 1.36  | 2.02  | 0.90  | 0.80  | 12.89 | 13.91 | 3.52      | 6.41  | 0.34  | 0.31  | 0.28  | 0.25  |
| <b>IQR</b>        | 2.70   | 2.80  | 0.56     | 0.69  | 3.45  | 3.09  | 0.29  | 0.39  | 0.20  | 0.16  | 2.26  | 1.99  | 0.70      | 0.84  | 0.04  | 0.03  | 0.07  | 0.06  |
| <b>Moda</b>       | 18.00  | 19.00 | 3.60     | 2.64  | 10.30 | 5.07  | 0.61  | 0.66  | 0.53  | 0.29  | 4.34  | 8.51  | 1.00      | 0.53  | 0.08  | 0.11  | 0.07  | 0.03  |
| <b>N° Moda</b>    | 16     | 18    | 70       | 12    | 22    | 6     | 4     | 4     | 4     | 4     | 6     | 4     | 4         | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |

**Fuente:** Elaboración propia.

Nota: P1 (Procedencia 1) semillas de local y P2 (Procedencia 2) semilla importada.

\*Dónde: BHT (Biomasa húmeda total), BSA (Biomasa húmeda seca), BSR (biomasa seca radicular), IR (Índice de robustez), R BSA/BSR (relación entre la biomasa seca aérea y biomasa seca radicular), ICD (índice de calidad de Dickson) e IL (índice de lignificación). \*\* Datos de coeficiente de variabilidad para ambas procedencias en platonos de 22 semanas.

## V. CONCLUSIONES

- 1) Los plántones de *Pinus tecunumanii* de la Procedencia 2 propagados, registraron una altura promedio mayor 19.60 cm en las primeras 22 semanas de edad en comparación con la Procedencia 1 con 18.90 cm, ambas son clasificadas como de calidad alta. Con respecto al diámetro a la altura del cuello se registra una calidad media para la Procedencia 1 con 3.15 mm y calidad baja para la Procedencia 2 con 2.30 mm; por lo que los índices de robustez para la Procedencia 1 (6.18) y Procedencia 2 (8.76) fueron de calidad media y baja respectivamente.
- 2) Los resultados para la biomasa húmeda total (BHT) y biomasa seca radicular (BSA) en plántones de 22 semanas de edad no presentaron diferencias estadísticas, con respecto a la relación entre la biomasa seca aérea y radicular ( $R\ BSA/BSR$ ) se registró una calidad alta para la Procedencia 1 con (1.64) y calidad baja para la Procedencia 2 con (2.53).
- 3) Los plántones propagados de ambas procedencias fueron calificados como de calidad alta con respecto al índice de lignificación (IL) y para el índice de calidad de Dickson (ICD) fueron calificados como calidad baja.
- 4) De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación los plántones de 22 semanas de edad de *Pinus tecunumanii* que reunieron los mejores atributos morfológicos e indicadores de calidad fueron las semillas locales denominadas como Procedencia 1 en comparación con los plántones de las semillas importadas denominadas Procedencia 2, por lo tanto se concluye que la “Procedencia 1” tiene mejor calidad en la fase de vivero.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda identificar otros posibles rodales semilleros en la provincia de Oxapampa, con la finalidad de mejorar la calidad de los plántones propagados en esta zona de la Selva Central, se sabe que existen otras plantaciones que cumplen con las características de edad suficiente, apariencia fenotípica superior a otros rodales de la misma edad y sitio y están produciendo abundante semillas. De esta forma incrementamos la calidad de los plántones procedentes de semillas locales.

Con los resultados registrados de la Procedencia 1, recomendamos continuar con estudios de los atributos morfológicos y fisiológicos para luego compararlos con otros plántones propagados a partir de semillas locales. Con estos datos obtenidos se podría determinar el rango más preciso de cada atributo morfológico para Selva Central de Perú, considerando que es una especie introducida que se adaptó bien a la zona y presenta una demanda para reforestar.

Los plántones propagados que alcanzan la altura entre 18 y 20 cm pueden ser trasladados a campo definitivo, en la investigación esta altura promedio se logró a las 22 semanas de edad con una calidad baja con respecto al índice de calidad de Dickson; se recomienda determinar la edad de los plántones en donde este índice es calificado como media o alta.

Se recomienda identificar otras plantaciones forestales en la zona de la Selva Central específicamente en las zonas de protección con la finalidad de ser evaluadas con potencial de ser consideradas como proveedoras de semillas de calidad a las futuras plantaciones en otras zonas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnett, P. (2002). Proceedings of Workshops on growing longleaf pine in containers 1999 and 2001. Gen. Tech. Rep. SRS- 56. Asheville, N.C. USDA. Forest Service, Southern Research Station. 63p.
- Birchler, T.; Rose, R.; 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.
- Blackwell, P.; Shea, S.; Storer, P.; Solaiman, Z.; Kerkmans, M.; Stanley, I. (2007). Improving wheat production with deep banded oil mallee charcoal in Western Australia. En: The First Asia-Pacific Biochar Conference. Terrigal, Australia.
- Brujinzeel, A. (1983). Hidrological and biogeochemical aspects of man-made forests in south central Java, Indonesia. Tesis de Doctorado. Universidad Vrije de Amsterdam, Institute of Earth Sciences, Amsterdam, Holanda. 249 p.
- Burr, E. (1990). The target seedling concept: Bud dormancy and cold hardiness. Proceedings, Combined meeting of the Western forest nursery associations. Páginas 79-90. USDA, Forest Service, Roseburg, Oregon.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), (2009). Criterios técnicos para la producción de especies forestales de ciclo corto (rápido crecimiento), con fines de restauración. Documento técnico. CONAFOR. Guadalajara, Jal. México. 9 p.
- Carlson, A. (2001). A summary of the literatura concerting the fertilization of pine at planting in the summer rainfall región of South Africa and some current thoughts on fertilizer recommendations. South Africa Institute for Commercial Forestry Research (ICFR) Bulletin N° 3.28p.



- Carvalho, J. y Vargas, G. (2002). Procesos de hidrológicos. In MR Guariguata y GH Catan (eds.) Ecología y conservación de bosques neotropicales. Catago, Costa Rica. Librería Universitaria Regional. Pp 145-165.
- Cordero, J. y Boshier, D. (2003). Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, CR. University of Oxford /CATIE. 1077 p.
- Davey, B. (1995). Fertilización de plantaciones forestales en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. In: Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/INRENARE. P. 54-64.
- Dvorak, S.; Hodge, R.; Gutiérrez, A.; Osorio, F.; Malan, S.; Stanger, K. (2000). Resultados de veinte años de investigación sobre el *Pinus tecunumanii* por la Cooperativa de CAMCORE. Conservation and Testing of Tropical and Subtropical Forest Species, NCSU. Raleigh, NC. USA. pp: 188-209. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y2316s02.htm#TopOfPage>
- Dickson, A.; Leaf, A.; Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chron. 36:10-13.
- Duryea, L. (1985). Evaluating seedling quality: importance to reforestation. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. Páginas 1-4.
- Etchevers, D.; Volke, V. (1991). Generación de tecnologías mejoradas para pequeños productores. Serie Cuadernos de edafología 17. CEDAF. Motecillo, Edo. MEX. 46 p.
- Fagerland, M. (2012). T-tests, non-parametric tests, and large studies-a paradox of statistical practice. BMC Med Res Methodol. México, Limusa Wiley. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/publicaciones.cgi?IDREVISTA=25&NO MBRE=Revista%2520Mexicana%2520de%2520Cardiolog%25EDa>

FAO. (2005) (En línea) Recuperado de: [www.fao-sict.un.hn](http://www.fao-sict.un.hn). *Pinus tecunumanii*

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación); IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes). (2002). Los Fertilizantes y su Uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. 4. ed. (en línea). París, FR. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2017). (En línea) Recuperado de: <http://www.fao.org/3/j7353s/j7353s09.htm>

Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal (FONDEBOSQUE). (2007). Instalación y Manejo de Plantaciones Forestales de Alta Productividad en la Selva Central del Perú. Primera edición, Pasco, Perú. 51 p.

García, A. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. 10 p. Recuperado de: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf>

Gomes da Silva, L.; Carvalho, I.; Reis, F.; Ferreira, M.; Teodoro de Melo, J.; Kato, E. (2009). Atributos físicos, químicos y biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. Brasil. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600010>

Haase, L. (2006). Morphological and physiological evaluations of seedling quality. RMRS-P-50. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. Fort Collins, CO. USA. Pp: 3-8. Recuperado de: <http://www.rngr.net/nurseries/publicatons/proceedings>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación 5° edición. México D.F: Mc Graw Hill.

Johnson, J. y Cline, M. (1991). Calidad de la plántula de pinos del Sur. Archivo digital. 19 p.

Juan de Dios, C. (2015). Efecto de sustratos comerciales en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J. P. Perry en condiciones de vivero. Tesis Ing. Forestal San Ramón, Chanchamayo, UNCP. 105 Pp.

Lagoutte, S.; Divo De Sesar, M.; Vilella, F. (2009). Efecto del tamaño de celdas y citoquininas en el crecimiento de plantas de petunia. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, v.78, n.1, p.31-36. Recuperado de:  
[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000113&pid=S01006762201400010001500016&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000113&pid=S01006762201400010001500016&lng=en)

Landis, D.; Tinas, W.; Mc Donald, E.; Barnett, P. (2010). *Containres and Growing Media*, Vol. 6, the Container Tree Nursey Manual. Agric. Handbk. 647. Washington DC, Estados Unidos, Department of Agriculture, Forest Service. 246 p.

Llano, U. (2006). Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el establecimiento de *Pinus tecunumanii* en Oxapampa. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 95 Pp.

Mendez J. (2017). Producción de plantones de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & J.P. Perry y *Pinus caribaea* Morelet. En 4 pisos altitudinales - Satipo. Tesis Ing. Ciencias Forestales. Lima, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Mexal, G. y Landis, D. (1990). Target seedling impositiumProceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. General Technical Report R. M-200. USDA Forest Service. Roserburg, OR, USA. 17-36 Pp.

Milton, S. y Tsokos J. (2001). Estadística para biología y ciencias de la salud. Madrid: Interamericana McGraw Hill.

Miller, H. (1984). Forest fertilization: some guiding concepts. *Forestry* 54:157-167 Pp.

Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI (2008). Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008 – 2020. (2° ed.). Lima, Perú: Recuperado de:  
<http://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu.pdf>

Missouri Botanical Garden (19 noviembre 2019). Recuperado de:  
<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/Nicaragua/projsflnic.html>

Mexal, J. y Landis, T. (1990). Target Seedling Symposium, Páginas 17-35. UDSA Forest Service, Roseburg (Oregon).

More, J.; Salazar, E.; Cuellar, J. (2018). Relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de ulcumano (*Retrophyllum rospigliosii*) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú. *Rev. Forestal venezolana*. Año LXII, Vol. 62, Número Único, 2018 pp 29 – 46.

Muñoz, H.; García, J.; Coria, V.; Orozco, G.; Muñoz, Y. (2011). Características morfológicas de plántulas de dos especies forestales tropicales propagadas en contenedores biodegradables y charolas styroblock. *Rev. Mex. Conciencia forestales* vol.2 no.8 México nov./dic. 2011. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S20071132201100060003&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20071132201100060003&lang=es)

OFI/CATIE. 2004. Manual de árboles de Centroamérica (en línea). Recuperado de:  
<http://www.fao-sict.un.hn/especies%20forestales/pinus%20tecunumanni.pdf>

- Orozco, G.; Muñoz, J.; Villaseñor, J.; Rueda, A.; Sigala, A.; Prieto, A. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México. 47 p.
- Palomino, J.; Barra, M.; Bohorquez, M.; Sosa, G. (1991). Ensayos Silviculturales con especies de pinus, eucaliptus y cupresus en Selva Central del Perú. Documento N° 71 INIAA, GTZ, San Ramón.
- PLUSPETROL. (2012). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Exploración Sísmica 2D en el lote 108. Lima. PE. Recuperado de:  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIA/S%20%20hidrocarburos/108/EIA%20DIGITAL/Cap%203A%20LB%20Fisicoquimico/Cap%203A%20Texto.pdf>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, KE). 2002. Manual técnico de plantaciones forestales. Lima, PE. 117 p
- Prieto, A.; García, L.; Mejía, M.; Huchin, S.; Aguilar, L. (2009). Producción de planta del Género Pinus en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 P.
- Prieto, A.; Vera G.; Merlín E. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, México 24 p.
- Prieto, A. (2004). Factores que influyen en la producción de planta de Pinus sp. En vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L. 110 p.

- Quispe, A.; Ramos, A. (2018). Guía Técnica Producción de plantas de Calidad en Viveros Forestales Tecnificados. Arborizaciones IERL/ SERFOR. Lima, Perú. 134p.
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.
- Rueda, A.; Benavides, J.; Prieto, J. (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Rev. Mex. de Cienc. Forestales vol.3 no.14 México nov./dic. 2012. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322012000600006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000600006)
- Sáenz, J.; Villaseñor, F.; Muñoz, M.; Rueda, A.; Prieto, A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan. Michoacán. MX. 48 p.
- Sáenz, J.; Muñoz, H.; Pérez, C.; Rueda, R.; Hernández, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero “Morelia”, estado de Michoacán. Rev. Mex. Cien. For. Vol. 5 Núm. 26, México, UNAM. 103 p.
- Salazar, R.; Soihet, C.; Ménez, J. (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Vol. 1. Turrialba, CR. Serie Técnica, Manual Técnico N° 41, 204 p.
- Sánchez, R. 2015. t-Student. Usos y abusos. Rev. Mex. Cardiol vol.26 no.1 México. Consultado el ene. 2020. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s018821982015000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s018821982015000100009)

- Santiago, T.; Sánchez V.; Monroy, R.; García, G. (2007). Manual de producción forestal tropical en contenedor. INFAP, CIRGOC, Campo Experimental El palmar. Folleto técnico Núm. 44., Veracruz, México. 73 p.
- Sigala, J. (2013). Efecto del manejo y calidad de planta en Vivero, en la supervivencia y crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lind. En sitios de baja Productividad. Tesis como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México. 96 pp.
- Terán, A. (2018). Efectos de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de vivero – Oxapampa. Tesis para optar el título de Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 111 p.
- Tinoco, J. y Ramírez, O. (2014). Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Pinus oocarpa* Schiede y su desarrollo inicial en plantación. Trabajo de graduación para optar al grado de Ingeniero Forestal. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 36p.
- Thompson, E. (1985). Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Duryea, M. L. (ed). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. Oregon State University, Corvallis. pp: 59-71
- Toral, IM. (1997). Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento técnico No. 1. PRODENFO-SEFUNCO. Guadalajara, Jal. 28 p.
- Torres, L.; Melo, R.; Colodette, J. (2005). Pulpa kraft blanqueada a partir de *Pinus tecunumanii*. Valdivia, Chile - Bosque, Vol. 26 N° 2, agosto 2005, pp. 115-122.
- Urrego, J. (1996). La forestación con coníferas y sus efectos sobre la acidificación, podsolización y pérdida de fertilización de los suelos. Cartón de Colombia, S.A., Cali. 14p. Informe de Investigación, N° 171.

Waterloo, J. (1994). Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in southwest Viti Lavu, Fiji. Tesis de Doctorado. Universidad Vrije de Amsterdam FEBODRUK B.V., Enschede, Holanda. 420 p.

World Conservation Monitoring Centre WCMC (2000). Contribution to an evaluation of tree species using the new CITES Listing Criteria (en línea). Annex 2. Profiles of Tree Species: The Americas. P.230 Recuperado de:  
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/119115#page/15/mode/1up>



## VIII. ANEXO

### ANEXO 1

#### FORMATO DE EVALUACIÓN PARA LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE *PINUS TECUNUMANII*

| Procedencia         |             |               |         |         |             |         |        |
|---------------------|-------------|---------------|---------|---------|-------------|---------|--------|
| Espece              |             |               |         |         |             |         |        |
| Fecha de evaluación |             |               | T (°C)  |         | Humedad (%) |         |        |
| Individuo           | Altura (cm) | Diámetro (mm) | BHA (g) | BHR (g) | BSA (g)     | BSR (g) | Obser. |
| 1                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 2                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 3                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 4                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 5                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 6                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 7                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 8                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 9                   |             |               |         |         |             |         |        |
| 10                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 11                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 12                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 13                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 14                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 15                  |             |               |         |         |             |         |        |
| 16                  |             |               |         |         |             |         |        |
| ...                 |             |               |         |         |             |         |        |
| 314                 |             |               |         |         |             |         |        |
| 315                 |             |               |         |         |             |         |        |

ANEXO 2

RESULTADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA SEMILLA DE  
PROCEDENCIA 1 - OXAPAMPA

Procedencia 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
LABORATORIO DE SILVICULTURA

DATOS DE SEMILLAS FORESTALES

Especie: Pinus tecunumanii  
 Nombre común: Piñu  
 Cantidad de semillas por unidad de peso: 1404 g.  
 Peso de 1000 semillas: 1404 g.  
 Substrato: Asena de río esteril con agua hervida  
 Temperatura: 25.3°C  
 Luz: Natural - Indirecta  
 Tratamiento Pre-germinativo: Ninguno  
 Tratamiento Fito-sanitario: Farmatre  
 Número de registro lote: Richard Huaraca (Oxapampa)  
 Fecha de cosecha: 2011  
 Fecha de recepción: 2019  
 Ubicación: Pampa Chica - Huenca bamba.  
 Condiciones y períodos de almacenamiento: 5°C  
 Resultado de Ensayo  
 Grado de pureza: ≅ 100%  
 Energía de germinación: 46%  
 Porcentaje de Germinación: 71%  
 Fecha de siembras: 13.07.19  
 Fecha de germinación: 20.09  
 Fecha de terminación de la prueba: 07.10 - 20/19

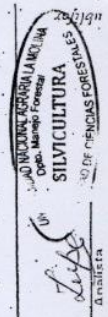
ANÁLISIS DE PUREZA

| Fecha de ejecución | Peso de muestra por repetición (g) | NÚMERO DE SEMILLAS POR REPETICIÓN |    |    |    |    | Promedio | Peso impurezas |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----------|----------------|
|                    |                                    | 1                                 | 2  | 3  | 4  | 5  |          |                |
| 07-10-2019         | 1.00                               | 69                                | 70 | 70 | 71 | 69 | 69,80    | 0,0067         |

PORCENTAJE ACUMULATIVO DE GERMINACION

| Repetición | D I A S |   |   |   |    |
|------------|---------|---|---|---|----|
|            | 1       | 2 | 3 | 4 | 5  |
| 1          | 0       | 0 | 1 | 3 | 23 |
| 2          | 0       | 0 | 1 | 3 | 46 |
| 3          | 0       | 0 | 1 | 3 | 55 |
| 4          | 0       | 0 | 1 | 3 | 71 |
| Promedio   |         |   |   |   |    |

Semillas por repetición: 100  
 Número total de semillas en pruebas: 100  
 Observaciones: La evaluación es acumulativa, presenta germinación epigea




*[Signature]*  
Analista

ANEXO 3

RESULTADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA SEMILLA DE  
PROCEDENCIA 2 - EL RODEO

Procedencia 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
LABORATORIO DE SILVICULTURA

DATOS DE SEMILLAS FORESTALES

Especie: Pinus tecunumanii      Procedencia: Richard Huacaca (Oxapampa)  
 Nombre común: Pinu      Fecha de cosecha: 2017  
 Cantidad de semillas por unidad de peso: 14.5g      Fecha de recepción: 2018      Ubicación: El Rodeo - Comayagua  
 Peso de 1000 semillas: 14.5g      Condiciones y períodos de almacenamiento: 500

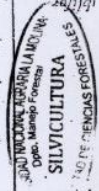
Substrato: Arena de No. extend con aquabrevida      Resultado de Ensayo: 100%  
 Temperatura: 25.00      Grado de pureza: 54%  
 Luz: Natural      Humedad: 100%      Porcentaje de Germinación: 84%  
 Tratamiento Pre-germinativo: Ninguno      Fecha de siembra: 13-07-17      Fecha de germinación: 23-09  
 Tratamiento Fito-sanitario: Fenaraditha      Fecha de terminación de la prueba: 09-10-2019

| ANÁLISIS DE PUREZA                 |    |    |    |    |    | Peso impurezas |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----------------|
| -NÚMERO DE SEMILLAS POR REPETICIÓN |    |    |    |    |    |                |
|                                    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | Promedio       |
| 09-10-19                           | 69 | 71 | 70 | 71 | 69 | 70.00          |
|                                    |    |    |    |    |    | 0.0068         |

| Repetición | PORCENTAJE ACUMULATIVO DE GERMINACIÓN |    |    |    |    |
|------------|---------------------------------------|----|----|----|----|
|            | D                                     | I  | A  | S  |    |
| 1          | 13                                    | 19 | 29 | 39 | 49 |
| 2          | 0                                     | 0  | 0  | 6  | 10 |
| 3          | 0                                     | 0  | 0  | 6  | 10 |
| 4          | 0                                     | 0  | 0  | 6  | 10 |
| Promedio   |                                       |    |    |    |    |

Semillas por repetición: 100  
 Número total de semillas en pruebas: 100  
 Observaciones: La evaluación es acumulativa y presenta germinación epigea



Subg

# ANEXO 4

## RESULTADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE MATERIA ORGANICA EN SUSTRATO UTILIZADO



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

### ANÁLISIS DE SUELOS : CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA

Solicitante : FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO AGRARIO  
Desarrollo : PASCO  
Distrito : CHONTABAMBA  
Referencia : H.R. 36864 178C-15

Provincia : OXAPAMPA  
Predio : VIVERO FORESTAL UNALM  
Fecha : 09/12/20

Fact. 37125

| L.R.  | Número de Muestras Clases | pH (1:1) | C.E. (1:1) cSm | CaCO <sub>3</sub> % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Macro: |             | CIC | Cationes Cambiables meq/100g |                      |                      | Suma de Cationes Bases | % Sal. De Bases |                    |                                      |      |     |
|-------|---------------------------|----------|----------------|---------------------|--------|-------|-------|-----------------|-------------|-----|------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|------|-----|
|       |                           |          |                |                     |        |       |       | Arrend. %       | Nitrógeno % |     | Caseo %                      | Ca <sup>2+</sup> meq | Mg <sup>2+</sup> meq |                        |                 | K <sup>+</sup> meq | Na <sup>+</sup> + H <sup>+</sup> meq |      |     |
| 15734 | Sustrato 1                | 4.85     | 0.19           | 0.00                | 4.96   | 5.4   | 114   | 67              | 26          | 15  | Fr.A. 14.40                  | 1.68                 | 0.38                 | 0.20                   | 0.00            | 1.40               | 3.61                                 | 2.41 | 1.7 |
| 15735 | Sustrato 2                | 5.46     | 3.40           | 0.00                | 8.17   | 5.2   | 336   | 71              | 20          | 9   | Fr.A. 14.40                  | 4.23                 | 1.28                 | 0.56                   | 0.10            | 0.20               | 6.37                                 | 5.17 | 4.3 |

A = Azufre; Ar = Arena; Fr.A. = Fracción Arenosa; P = Fósforo; H.L. = Hierro; Urea = Urea; N = Nitrógeno; Ca = Calcio; Mg = Magnesio; K = Potasio; Na = Sodio; H = Hidrógeno; C = Carbono; CIC = Capacidad Intercambio Cationico; Fr.Ar. = Fracción Arcillosa; Fr.Ar. = Hierro Aciloso.

**Sady García Bendezú**  
 Jefe del Laboratorio



Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 3419-5622 e-mail: labusuelo@lamolina.edu.pe

**ANEXO 5**

**RESULTADO DE ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL  
SUSTRATO UTILIZADO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMÍA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN**

Solicitante : FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO AGRARIO  
Departamento : PASCO  
Distrito : CHOTABAMBA  
Referencia : CIR. 56854-1750-18

Provincia : OXA-PAMPA  
Pueblo : VIVERO FORESTAL UNALM  
Fecha : 08/12/20

Fact: 37125

| Número de Muestra |            | C.E.<br>(1:1) dSm | CaCO <sub>3</sub><br>% | M.O<br>% | P<br>ppm | K<br>ppm | Análisis Mecánico |           |              | Cloro<br>Textura | C.P.  | Cationes Cambiables<br>meq/100g |                  |                |                 |                                  |                           |                       |      |    |
|-------------------|------------|-------------------|------------------------|----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|------------------|-------|---------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|------|----|
| Laboratorio       | Código     |                   |                        |          |          |          | Arena<br>%        | Limo<br>% | Arcilla<br>% |                  |       | Ca <sup>2+</sup>                | Mg <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | A <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup> | Suma de<br>Cationes Bases | %<br>Sat. De<br>Bases |      |    |
| 15735             | Sustrato 1 | 4.85              | 0.19                   | 0.00     | 4.60     | 5.4      | 114               | 67        | 28           | 15               | Fr.A. | 14.40                           | 1.50             | 0.38           | 0.25            | 0.08                             | 1.40                      | 3.81                  | 2.41 | 17 |
| 15736             | Sustrato 2 | 5.48              | 0.40                   | 0.00     | 4.17     | 6.2      | 338               | 71        | 20           | 9                | Fr.A. | 14.40                           | 4.23             | 1.28           | 0.58            | 0.10                             | 0.23                      | 6.31                  | 6.77 | 43 |

A = Argón; A.P. = Arena Fina; P.A. = Arena Gruesa; Fr. = Franco; F.L. = Franco Limoso; L. = Limo; P.A.A. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.A. = Franco Arcillo; M.O.L. = Materia Orgánica; M.O.S. = Materia Orgánica Soluble; N.L. = Nitrogenio; N.F. = Nitrogenio Fijo; Ar = arcilla

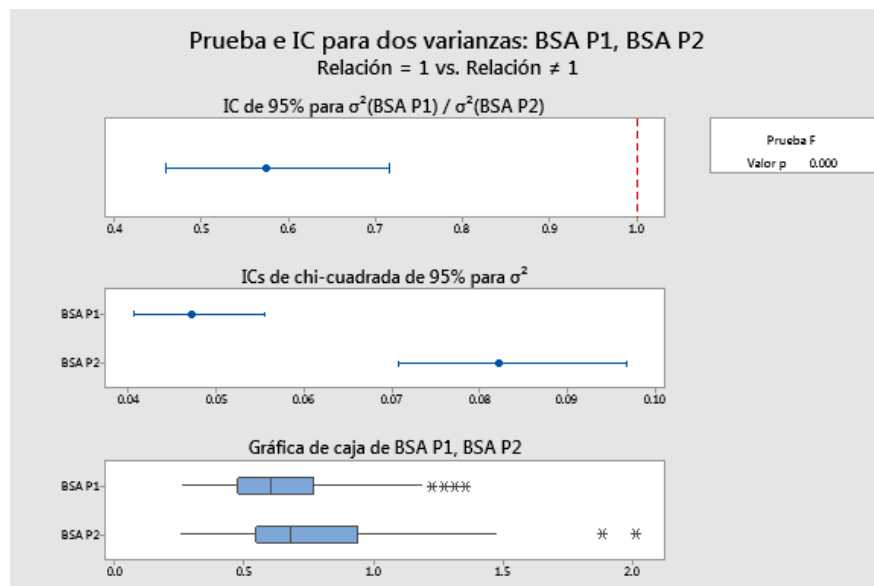
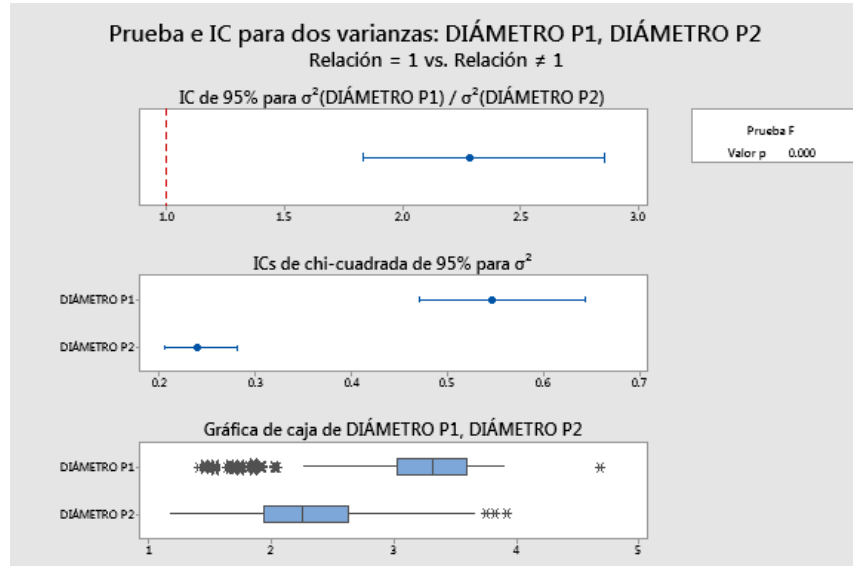
*(Signature)*  
Sady García Bendezú  
Jefe del Laboratorio

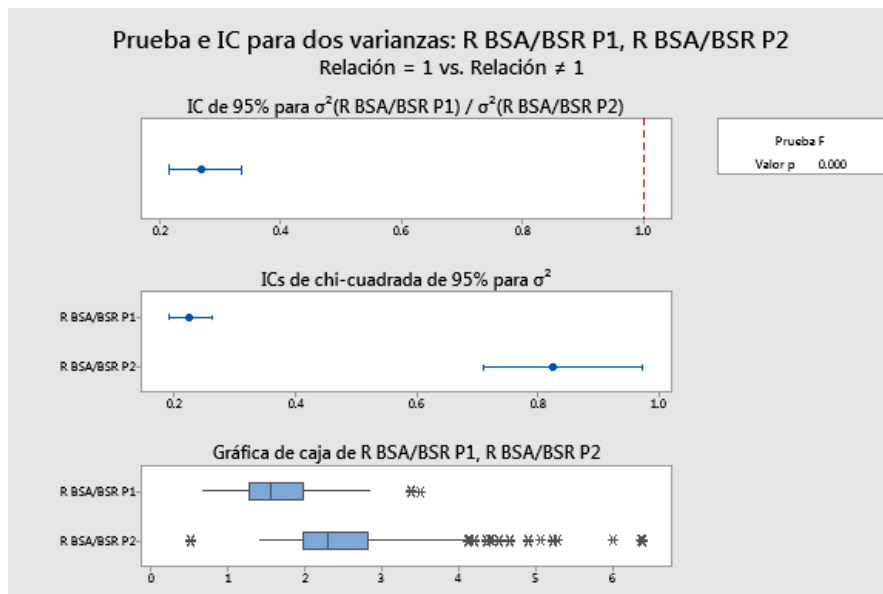
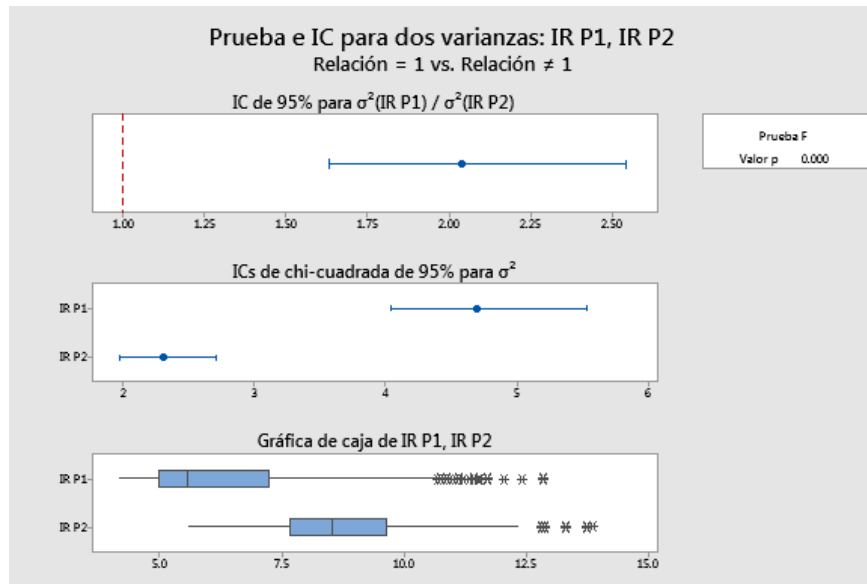


Av. La Molina sin Campus UNALM - Telf: 614-7800 Anexo 212 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: latsuelo@lamolina.edu.pe

## ANEXO 6

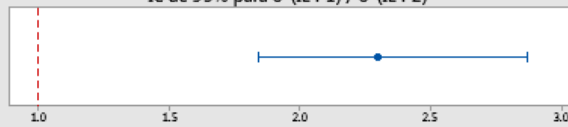
### GRÁFICAS DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS CON DIFERENCIA ESTADÍSTICA PARA AMBAS PROCEDENCIAS.





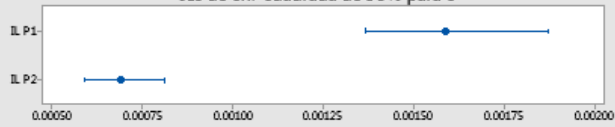
Prueba e IC para dos varianzas: IL P1, IL P2  
Relación = 1 vs. Relación  $\neq$  1

IC de 95% para  $\sigma^2(\text{IL P1}) / \sigma^2(\text{IL P2})$

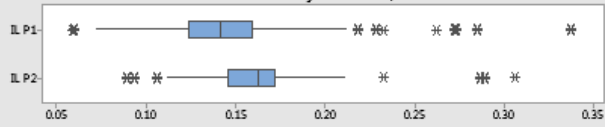


Prueba F  
Valor p 0.000

ICs de chi-cuadrada de 95% para  $\sigma^2$



Gráfica de caja de IL P1, IL P2





## ANEXO 7

### GRÁFICAS DE IGUALDAD DE VARIANZAS DE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS SIN DIFERENCIA ESTADÍSTICAS PARA AMBAS PROCEDENCIAS DE

