

## Crecimiento de plántulas de *Pinus tecunumanii* usando fertilizantes foliares y sustratos en un vivero de Oxapampa, Perú

### Growth of *Pinus tecunumanii* seedlings using foliar fertilizers and substrates in a nursery of Oxapampa, Peru

Junior López-Fernández<sup>1,\*</sup>, José Giacomotti<sup>1</sup> y Ignacio Lombardi<sup>1</sup>

---

**Recibido:** 21 octubre 2023 | **Aceptado:** 13 enero 2024 | **Publicado en línea:** 29 enero 2024

**Citación:** López-Fernández, J; Giacomotti, J; Lombardi, I. 2023. Crecimiento de plántulas de *Pinus tecunumanii* usando fertilizantes y sustratos en un vivero de Oxapampa, Perú. Revista Forestal del Perú 38(2): 209-227. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2075>

---

#### Resumen

*Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguluz & J.P. Perry es una especie forestal introducida en el Perú usada en proyectos de reforestación debido a su buen desarrollo en viveros, su rápido crecimiento y los usos que brinda su madera. El presente trabajo se realizó en un vivero temporal de una plantación forestal del Fundo “El Pino” en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa. El objetivo fue evaluar el crecimiento de plántulas *Pinus tecunumanii* en tubetes de 115 cm<sup>3</sup> en su etapa de vivero durante 80 días (cerca de tres meses). Estas plántulas crecieron sobre los sustratos S1 (tierra)-Testigo, S2 (tierra y turba), S3 (tierra y arena) y S4 (tierra, turba y arena), a los que se les aplicó cuatro tipos de fertilización: F1 (fertilizantes foliares QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL), F2 (QUIMIFOL P680 PLUS con AGROSTEMIN GL), F3 (QUIMIFOL N510 PLUS con AGROSTEMIN GL) y F4 (Prueba testigo), teniendo 16 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, evaluando en total 160 plántulas de *Pinus tecunumanii*. En las plántulas evaluadas se determinaron los atributos morfológicos (altura, diámetro, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular) y los índices de calidad (relación entre la biomasa seca aérea y la biomasa seca radicular, el índice de robustez y el índice de calidad de Dickson). Los resultados muestran que el tratamiento T6 que usó la fertilización F2 (fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL) en el sustrato S2 (50% tierra + 50% turba) presentó los mejores resultados en altura, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular, recomendando su uso para la producción de plántulas de *Pinus tecunumanii*. Además, el sustrato S2 (50% tierra del área de estudio + 50% turba) fue beneficioso en el desarrollo de la altura, diámetro, Biomasa seca aérea y Biomasa seca radicular de las plántulas de esta especie bajo condición de vivero.

**Palabras clave:** fertilización foliar, sustratos orgánicos, viveros, atributos morfológicos, índices de calidad

---

<sup>1</sup>Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

\* Autor de Correspondencia: [juniorlopez@lamolina.edu.pe](mailto:juniorlopez@lamolina.edu.pe)

### Abstract

*Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz y JP Perry is a forestry species introduced in Peru, used in reforestation projects due to its favorable development in nurseries, its rapid growth and the usage its wood offers. The present research was developed in a temporary nursery in a forest plantation at the Fundo "El Pino" in the district of Huancabamba, province of Oxapampa. The objective of the research was to evaluate the growth of the *Pinus tecunumanii*'s seedlings in containers of 115 cm<sup>3</sup> during nursery stage for 80 days (near three months). These seedlings grew on the substrates S1 (soil)-witness, S2 (soil and peat), S3 (soil and sand) and S4 (soil, peat and sand), to which it was applied four types of fertilization: F1 (foliar fertilizers QUIMIFOL P680 PLUS and QUIMIFOL N510 PLUS along with the biostimulant AGROSTEMIN GL), F2 (QUIMIFOL P680 PLUS with AGROSTEMIN GL), F3 (QUIMIFOL N510 PLUS with AGROSTEMIN GL) and F4 (witness test), having 16 treatments with 10 repetitions each, evaluating a total of 160 *Pinus tecunumanii*'s seedlings. In the evaluated seedlings, it was determined morphological attributes (height, diameter, aerial dry biomass and radicular dry biomass) and quality indexes (relationship between aerial dry biomass and radicular dry biomass, robustness index and Dickson's quality index). The results show that the treatment T6 which used fertilization F2 (foliar fertilizer QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulant AGROSTEMIN GL) on the substrate S2 (50% soil + 50% peat) presented the best results in height, aerial dry biomass and radicular dry biomass, recommending its use for the production of *Pinus tecunumanii* seedlings. Furthermore, the substrate S2 (50% soil from study area + 50% peat) was beneficial for the development of height, diameter, aerial dry biomass and radicular dry biomass of this species under nursery conditions..

**Palabras clave:** foliar fertilization, organic substrates, nurseries, morfological atributes, quality indexes

### Introducción

*Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguiluz & J.P. Perry es una especie forestal introducida en el Perú, presenta un desarrollo favorable y rápido crecimiento; su madera se usa para la construcción de interiores como puertas y marcos de ventanas, postes, muebles, contrachapados, artículos y artesanías (Cordero y Boshier 2003), además de ser moderadamente resistente al ataque de hongos xilófagos (Claros *et al.* 2017). En nuestro país se viene promoviendo las plantaciones forestales con *Pinus tecunumanii*, principalmente en territorios de comunidades indígenas y rurales, en pequeños predios privados y por empresas reforestadoras, especialmente en la selva central (Guariquata *et al.* 2017).

La producción de plantas de buena calidad debe satisfacer la demanda de diferentes proyectos de reforestación y restauración de áreas degradadas, por lo que es muy importante que aquellas que salgan de los viveros

posean atributos morfológicos y características fisiológicas deseables para que logren establecerse y tengan un óptimo crecimiento en el campo, además de poder adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio a plantar (Prieto-Ruiz *et al.* 2009). Por ello, durante la fase de vivero, las plántulas necesitan de buenos sustratos y de una adecuada fertilización para su desarrollo.

Los sustratos son importantes porque otorgan soporte, proporcionan agua, suministran nutrimentos y ayudan al intercambio de gases desde y hacia las raíces en las plantas (Salas 2002), los cuales ayudan a corregir las deficiencias nutricionales que pudieran tener las plántulas, beneficiando su desarrollo (Molina 2002). Mientras que, la fertilización de las plántulas es una práctica primordial en la etapa de vivero y se debe basar en los requerimientos nutricionales que éstas necesitan, con la finalidad de alcanzar un crecimiento aéreo y un desarrollo radicular óptimo, sobre todo porque

se da en un período corto de tiempo (Alvarado 2012).

La propagación de *Pinus tecunumanii* en viveros ha sido muy difundida en los últimos años en la selva central peruana, en especial en la provincia de Oxapampa, con proyectos que van desde la producción de esta especie mediante el uso de espumas fenólicas (Mendo 2023), su propagación con semillas locales e importadas (Huaraca 2020) y usando Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC) en la fase de vivero (Terán 2018). Esto nos lleva a seguir impulsando la propagación de esta especie mediante distintas técnicas de crecimiento y desarrollo, con la finalidad de optimizar su producción en viveros.

Esta investigación fue desarrollada en un vivero forestal ubicado en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, en la Selva Central del Perú. Su objetivo principal fue evaluar los tratamientos utilizados en el crecimiento de plántulas de la especie *Pinus tecunumanii* durante su desa-

rollo en la etapa de vivero, estos tratamientos fueron obtenidos a partir de la combinación de cuatro tipos de fertilización y cuatro tipos de sustratos. Para ello, se evaluaron en las plántulas sus atributos morfológicos como altura, diámetro, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular, y los índices de calidad como la relación biomasa seca aérea y radicular, el índice de robustez y el índice de calidad de Dickson.

### Materiales y Métodos

#### Área de estudio

La presente investigación se realizó en un vivero temporal del Fundo “El Pino” como parte del programa nacional de FONDEBOSQUE con la finalidad de propagar la especie forestal *Pinus tecunumanii*, en el distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco (Figura 1). Huancabamba se encuentra a una altitud de 1666 msnm (Tongo-Pizarro y Soplín-Villacorta 2022), se caracteriza por la presencia de bosques húmedos y por poseer un clima templado donde predominan las lluvias

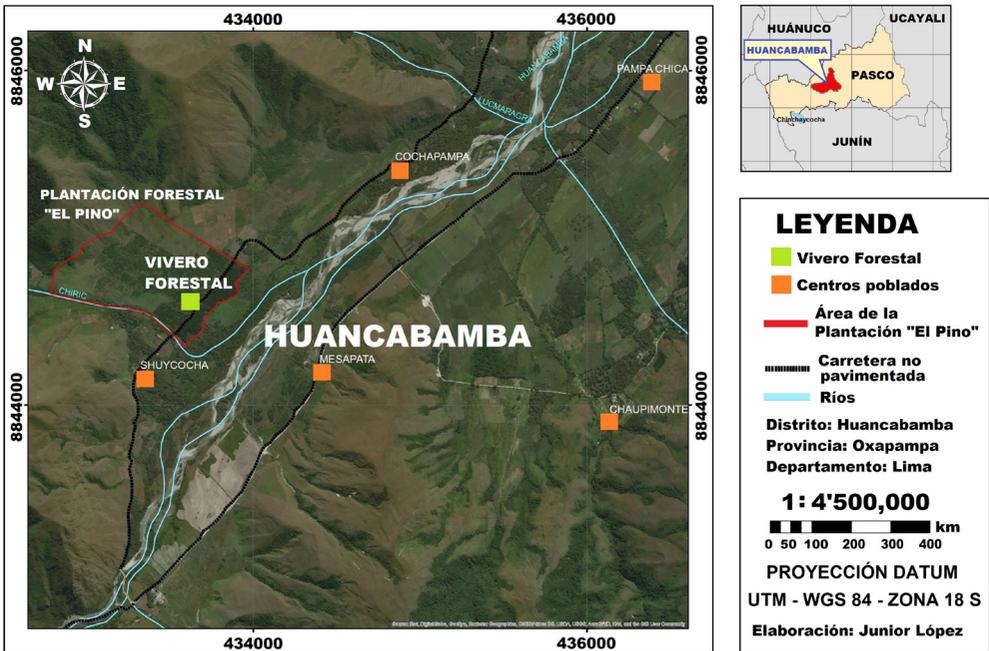


Figura 1. Mapa de ubicación del vivero temporal en el Fundo “El Pino”, Oxapampa, Perú.

y la humedad durante todas las estaciones del año (Castro *et al.*, 2021). El área de estudio pertenece al ecosistema Bosque montano de Yunga (MINAM 2019).

**Diseño y análisis estadístico**

En esta investigación se realizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial. El primer factor corresponde al tipo de sustrato utilizado: Sustrato 1 (Testigo), Sustrato 2, Sustrato 3 y Sustrato 4. El segundo factor corresponde al tipo de fertilización aplicada: Fertilización 1, Fertilización 2, Fertilización 3 y Fertilización 4 (Testigo). En total se realizaron 16 tratamientos, con 10 repeticiones por tratamiento (Cuadro 1), haciendo un total de 160 pruebas, donde se evaluaron 160 plántulas de *Pinus tecunumanii* durante un periodo de 80 días en el vivero. Definiéndose como unidad experimental una planta.

Para determinar si los resultados presentaron una distribución normal, primero se compro-

baron los supuestos elementales mediante una prueba de normalidad, que en este caso fue la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se realizó un análisis de Varianza (ANOVA) de dos vías con un nivel de confianza del 95%. Se seleccionaron por cada tratamiento 10 repeticiones con sus respectivas variables evaluadas (atributos morfológicos e índices de calidad de las plantas) para determinar si hay diferencias significativas en el uso de los cuatro fertilizantes y en el de los cuatro sustratos. Luego se aplicó la prueba Tukey a los resultados que presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Estas pruebas se realizaron con el software Statistix versión 9.0. El modelo estadístico para el diseño factorial fue:  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$ . Con  $i = 1, 2, 3, 4$ ;  $j = 1, 2, 3, 4$ . Donde:

- $Y_{ij}$ : crecimiento con el  $i$ -ésimo sustrato en la  $j$ -ésima fertilización.
- $\mu$ : Media general.
- $\tau_i$ : Efecto producido por el nivel  $i$ -ésimo del factor sustrato.

Tratamiento (T)*: Tipo de fertilización (F) + Tipo de sustrato (S)		Fertilización (F)
T1	F1+S1 (100% tierra)	Fertilización F1: QUIMIFOL P680 PLUS + QUIMIFOL N510 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.
T2	F1+S2 (50% tierra y 50% turba)	
T3	F1+S3 (50% tierra y 50% arena)	
T4	F1+S4 (50% tierra, 25% turba y 25% arena)	
T5	F2+S1 (100% tierra)	Fertilización F2: QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.
T6	F2+S2 (50% tierra y 50% turba)	
T7	F2+S3 (50% tierra y 50% arena)	
T8	F2+S4 (50% tierra, 25% turba y 25% arena)	
T9	F3+S1 (100% tierra)	Fertilización F3: QUIMIFOL N510 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados con agua.
T10	F3+S2 (50% tierra y 50% turba)	
T11	F3+S3 (50% tierra y 50% arena)	
T12	F3+S4 (50% tierra, 25% turba y 25% arena)	
T13 (Testigo)	F4+S1 (100% tierra)	Fertilización F4: No se aplicó ningún tipo de fertilizante foliar, ni el bioestimulante (Prueba testigo).
T14	F4+S2 (50% tierra y 50% turba)	
T15	F4+S3 (50% tierra y 50% arena)	
T16	F4+S4 (50% tierra, 25% turba y 25% arena)	

**Cuadro 1.** Descripción de los 16 tratamientos usados para la propagación de *Pinus tecunumanii*. (\*) Cada tratamiento está compuesto por 10 plántulas de *Pinus tecunumanii*, teniendo en total 160 plántulas evaluadas en esta investigación.

-  $\beta_j$ : efecto producido por el nivel j-ésimo del factor fertilización.

-  $(\tau\beta)_{ij}$ : es el efecto producido por las interacciones entre factores: sustrato x fertilizante.

-  $\epsilon_{ij}$ : Efecto aleatorio del error experimental en el i-ésimo contenedor y la j-ésima fertilización.

### Elaboración de sustratos

Se utilizaron como insumos a la tierra propia del área de estudio, la turba Klamix 45M y arena blanca para elaborar los cuatro sustratos usados en la presente investigación:

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

### Propagación de *Pinus tecunumanii*

Para la propagación de la especie se obtuvieron semillas de árboles plus de polinización abierta de *Pinus tecunumanii* de 15 a más años de edad, seleccionados dentro de la plantación del Fundo "El Pino". Se trabajó con material vegetativo propio del área de estudio, con la finalidad que las plántulas se adapten mejor a las condiciones del lugar. Se aplicó un tratamiento pregerminativo de sumersión en agua durante 12 horas a todas las semillas de *Pinus tecunumanii* utilizadas (CATIE 2000).

Las semillas se sembraron en tubetes de polipropileno con una capacidad de 115 cm<sup>3</sup> a una profundidad de 2 - 3 cm, colocando tres semillas por tubete. Desde el momento de la siembra hasta la germinación, se realizó un riego pulverizado de tipo neblina de forma manual con ayuda de la bomba aspersora. El riego fue diario excepto cuando ocurrió una fuerte lluvia a lo largo del día, para evitar la sobresaturación del agua. Además, en los días que se presentó una fuerte radiación solar, el riego se realizó dos veces al día, en la mañana y en la tarde, para evitar la escasez del agua en las plántulas.

La germinación duró entre 15 a 17 días después de la siembra de las semillas. Cuando se obtuvieron más de una plántula en el mismo tubete, éstas fueron eliminadas dejando solo una plántula por tubete. Pasado el tiempo de la germinación, el riego fue interdiario.

### Preparación y aplicación de los fertilizantes

Una vez obtenidas las 160 plántulas de *Pinus tecunumanii* en los cuatro tipos de sustratos (40 en el sustrato S1-Testigo, 40 en el sustrato S2, 40 en el sustrato S3 y 40 en el sustrato S4), se les aplicó los cuatro tipos de fertilización (F1, F2, F3 y F4-Testigo) 25 días después de la siembra debido a que las plántulas ya contaban con sus dos primeros pares de hojas verdaderas, y durante los días número 35, 45, 55, 65 y 75 en que se hizo este estudio (Cuadro 2). En esta investigación se emplearon los fertilizantes foliares QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS, además del bioestimulante AGROSTEMIN - GL, los cuales han sido descritos en el Cuadro 2. Estos fueron aplicados cada 10 días con una bomba aspersora de 2 litros mediante riego pulverizado de tipo neblina, donde se combinaron el agua, los fertilizantes foliares y el bioestimulante, usando las siguientes dosis: QUIMIFOL P680 PLUS (5 gramos en 2 litros de agua), QUIMIFOL N510 PLUS (50 gramos en 2 litros de agua) y AGROSTEMIN GL (100 gramos en 2 litros de agua). Durante esta etapa se realizó el riego diario de las plántulas, salvo en días lluviosos. La fertilización fue aplicada según un cronograma de trabajo (Cuadro 2) y la distribución de las 160 plántulas evaluadas dentro de un área del vivero se muestra en la Figura 2.

### Evaluación de los atributos morfológicos

En las plántulas se evaluaron los atributos morfológicos de altura, diámetro, biomasa seca aérea (BSA) y biomasa seca radicular (BSR), los cuales vienen a ser una manifestación de la respuesta fisiológica de las plántulas a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales realizadas en el vivero (Birchler *et al.* 1998). La germinación de las semillas empezó en el día 15 después que estas fueron sembradas. Posteriormente, pasaron 10 días desde su

Tipo de fertilización	Etapas								
	Siembra de semillas (Día 1)	Germinación de semillas (Día 15)	Cronograma de fertilización						
			Día 25	Día 35	Día 45	Día 55	Día 65	Día 75	Día 80
F1: Fertilización foliar. QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
F2: Fertilización foliar. QUIMIFOL P680 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados en agua.	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
F3: Fertilización foliar. QUIMIFOL N510 PLUS junto con el bioestimulante AGROSTEMIN GL combinados con agua.	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
F4: Prueba testigo. No se aplicó ningún tipo de fertilizante foliar ni el bioestimulante.	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Fertilizantes	Usos							Fuente	
<b>QUIMIFOL P680 PLUS</b> Fertilizante foliar en polvo totalmente soluble, presenta un alto contenido en fósforo, hierro, cobre y vitamina B, la cual activa el crecimiento del sistema radicular, logrando el aprovechamiento del agua y de los nutrientes disponibles en el suelo.	Indicado para las plantas durante el crecimiento vegetativo, la prefloración y para el engrosamiento de los frutos (mezclado con boro). Ayuda al desarrollo radicular y produce efectos positivos en la preservación de los frutos. Se emplea en las fases iniciales del cultivo (plantas tiernas) y en plantas cercanas a la floración para favorecer la fecundación.							Química Suiza, s.f.	
<b>QUIMIFOL N510 PLUS</b> Fertilizante foliar en polvo totalmente soluble, con un alto contenido de nitrógeno, zinc y vitamina B.	Se usa en los primeros estadios del crecimiento vegetativo y en la fase de mayor crecimiento vegetativo en todos los cultivos. Se emplea cuando la planta sufre estrés por bajas temperaturas o si se quiere neutralizar los efectos negativos del uso incorrecto de herbicidas.							Química Suiza, s.f.	
<b>AGROSTEMIN - GL</b> Este bioestimulante es un extracto natural de algas frescas de la especie <i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis que no contiene ningún aditivo artificial (100% natural).	Contiene protohormonas naturales que promueven, dentro de la planta la liberación natural de auxinas, giberelinas y citoquininas							Química Suiza, s.f.	

**Cuadro 2.** Tipos de fertilización y Cronograma de aplicación en *Pinus tecunumanii*.

germinación y se obtuvieron las plántulas en el vivero, a las cuales se les realizó su primera medición de altura y diámetro debido a que mostraron signos de prendimiento. Las siguientes mediciones fueron hechas cada 10 días, haciendo un total de seis evaluaciones (Cuadro

2), hay que indicar que la altura y el diámetro se registraron antes de aplicar los fertilizantes. La altura de las plántulas se evaluó con una regla de 30 cm graduada en milímetros, desde la base de la plántula a nivel del suelo hasta su ápice. El diámetro de las plántulas se evaluó

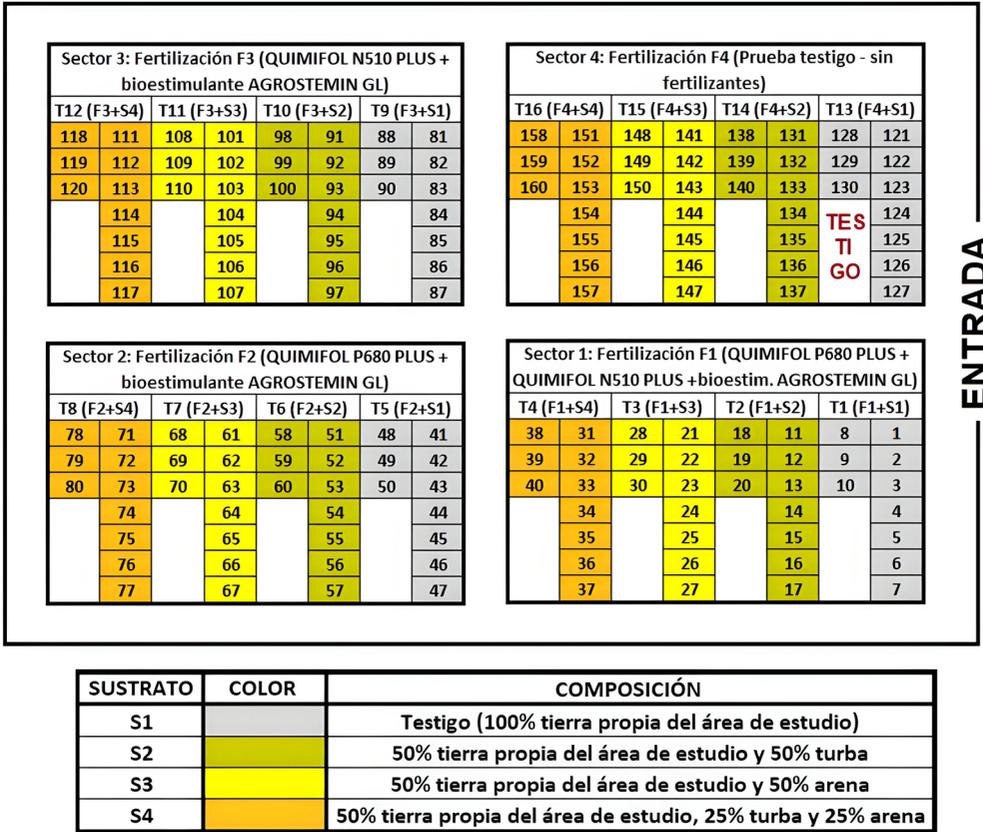


Figura 2. Croquis de distribución de las 160 plántulas de *Pinus tecunumanii* en tubetes dentro de un área del vivero.

con un vernier o pie de rey en milímetros a un centímetro del nivel del suelo.

Para evaluar la biomasa seca aérea (BSA) y la biomasa seca radicular (BSR), extrajimos las 160 plántulas enteras con sus hojas, tallo y raíz, las secamos a la intemperie y las guardamos en bolsas ziploc. Posteriormente, las llevamos al Laboratorio de Tecnología de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en la ciudad de Lima, donde separamos la parte aérea y radicular con un corte a nivel del cuello de la raíz. La parte aérea (el follaje de las plántulas) y la parte radicular fueron colocadas en bolsas de papel kraft codificadas por tratamientos, para luego secarlas en una

estufa eléctrica durante 24 horas a 75 °C (Mondragón 2016). Una vez secas las muestras, procedimos a pesar la biomasa aérea y radicular con una balanza analítica. A continuación, se muestra una secuencia fotográfica de las actividades realizadas en la fase de campo durante la presente investigación (Figura 3).

**Evaluación de los índices de calidad**

Con los valores de altura, diámetro, biomasa seca total, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular obtuvimos la relación biomasa seca aérea y radicular, el índice de robustez y el índice de calidad de Dickson (Rodríguez 2008, Sáenz *et al.* 2010, Escamilla-Hernández *et al.* 2015).

**Relación biomasa seca aérea y radicular (Relación BSA/BSR).** El desarrollo de una planta en un vivero se puede ver reflejada con su producción de biomasa. Comúnmente la relación BSA/BSR es mayor a uno, por lo que el tamaño del tallo y hojas es mayor al sistema de raíces, si en caso es menor a uno, entonces la biomasa subterránea supera a la aérea, si en caso este valor fuera igual a uno, la biomasa aérea y subterránea serían iguales (Rodríguez 2008, Sáenz *et al.* 2010). A partir de los valores obtenidos de la relación BSA/BSR se puede clasificar a las plantas en un vivero como plantas de calidad alta (1,5 a 2,0), plantas de calidad media (2,0 a 2,5) y plantas de calidad baja (mayores a 2,5) (Sáenz *et al.* 2010). Las plantas que presentan valores bajos de la relación BSA/BSR podrán sobrevivir mejor, puesto que tienen una reducida superficie transpirante respecto a la absorbente (Ramos-Huapaya y Lombardi 2020).

Fórmula de la Relación biomasa seca aérea y radicular (Relación BSA/BSR) (Sáenz *et al.* 2010, Escamilla-Hernández *et al.* 2015):

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

**El Índice de robustez (IR).** Viene a ser la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm), sirve para indicar la resistencia de la planta a la desecación por el viento y su crecimiento en lugares secos. Un valor del IR menor a seis indica que la planta puede sobrevivir en lugares con poca humedad y un valor del IR mayor a seis indica que planta es vulnerable a los vientos, sequías y heladas (Rodríguez 2008; Sáenz *et al.* 2010). A partir de los valores del índice de robustez (IR) las plantas se pueden clasificar en plantas de calidad alta (menores de 6,0), plantas de calidad media (6,0 a 8,0) y plantas de calidad baja (mayores a 8,0) (Sáenz *et al.* 2010).

Fórmula del Índice de robustez (IR) (Sáenz *et al.* 2010, Escamilla-Hernández *et al.* 2015):

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

**Índice de calidad de Dickson (ICD).** Es un índice usado para indicar la calidad de planta, y sirve para descartar plantas desproporcionadas o de menor altura, muestra el equilibrio entre la distribución de la masa y la robustez (Sáenz *et al.* 2010). Los valores del índice de calidad de Dickson (ICD) pueden clasificar a las plantas en plantas de calidad alta (mayores o iguales a 0,5), en plantas de calidad media (0,2 a 2,5) y en plantas de calidad baja (menores a 0,2) (Sáenz *et al.* 2010).

Fórmula del Índice de calidad de Dickson (ICD) (Dickson *et al.* 1960; Escamilla-Hernández *et al.* 2015):

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

### Análisis de los sustratos en laboratorio

En el terreno de las plantaciones de *Pinus tecunumanii* se extrajeron tres submuestras de suelos de al azar a una profundidad de 15 cm (capa arable), las que se combinaron de manera uniforme obteniéndose una sola muestra de suelo final (Bazán 2017), que fue llevada al Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM donde se determinó su textura, % de materia orgánica y sus propiedades químicas. Esta muestra de suelo también sirvió para evaluar el sustrato S1 (sustrato testigo) compuesto en un 100% por tierra de la zona de estudio.

## Resultados

### Atributos morfológicos

**Altura.** El tratamiento T6 (F2+S2) presentó la mayor altura promedio con 8,270 cm (Cuadro 3), este tratamiento recibió la fertilización F2 (QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL) en el sustrato S2 (50% de tierra propia del área de estudio y 50% de turba).

**Diámetro.** El tratamiento T13-Testigo (F4+S1) presentó el mayor diámetro promedio con 0,919 mm, este recibió la fertilización F4 (sin fertilizantes y sin bioestimulante) en el sustrato S1 (100% tierra propia del área de es-



**Figura 3.** Actividades realizadas en la fase de campo. 1. Instalación del vivero temporal. 2. Obtención de los insumos y materiales para la producción de las plántulas de *Pinus tecunumanii*. 3. Preparación de los sustratos y acondicionamiento de los tubetes. 4. Siembra de semillas de *Pinus tecunumanii*. 5. Germinación de semillas de *Pinus tecunumanii* (15 a 17 días). 6. Aplicación de los tipos de fertilización según cada tratamiento (Cada 10 días x 2 meses). 7. Evaluación de los atributos morfológicos en cada tratamiento (Cada 10 días). 8. Extracción de las plántulas de *Pinus tecunumanii* para obtener la biomasa aérea y la biomasa de raíz.

Atributo morfológico	Media de Tratamientos							
	T1 (F1+S1)	T2 (F1+S2)	T3 (F1+S3)	T4 (F1+S4)	T5 (F2+S1)	T6 (F2+S2)	T7 (F2+S3)	T8 (F2+S4)
Altura (cm)	6,600	7,850	7,755	7,495	7,465	8,270	7,450	7,335
Diámetro (mm)	0,837	0,874	0,848	0,839	0,817	0,848	0,799	0,793
Biomasa Seca Aérea (g)	0,031	0,044	0,040	0,047	0,051	0,055	0,050	0,047
Biomasa Seca Radicular (g)	0,006	0,006	0,007	0,007	0,009	0,009	0,009	0,008
Atributo morfológico	Media de Tratamientos							
	T9 (F3+S1)	T10 (F3+S2)	T11 (F3+S3)	T12 (F3+S4)	T13 (F4+S1) (Testigo)	T14 (F4+S2)	T15 (F4+S3)	T16 (F4+S4)
Altura (cm)	7,555	7,620	7,365	7,435	5,645	6,590	6,545	6,740
Diámetro (mm)	0,850	0,882	0,840	0,820	0,919	0,903	0,833	0,813
Biomasa Seca Aérea (g)	0,042	0,041	0,047	0,045	0,032	0,034	0,037	0,040
Biomasa Seca Radicular (g)	0,007	0,006	0,008	0,007	0,006	0,005	0,007	0,006

Cuadro 3. Media de los 16 tratamientos según sus atributos morfológicos.

tudio). El tratamiento T14 (F4+S2) presentó el segundo mayor diámetro promedio con 0,903 mm (Cuadro 3), el cual recibió la fertilización F4 (sin fertilizantes y sin bioestimulante) sobre el sustrato S2 (50% tierra propia del área de estudio y 50% turba).

**Biomasa seca aérea (BSA).** El tratamiento T6 (F2+S2) presentó la mayor Biomasa seca aérea (BSA) promedio con 0,055 g (Cuadro 3), dicho tratamiento recibió la fertilización F2 (QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL) sobre el sustrato S2 (50% de tierra propia del área de estudio y 50 % de turba).

**Biomasa seca radicular (BSR).** Los tratamientos T5 (F2+S1), T6 (F2+S2) y T7 (F2+S3)

presentaron en promedio la mayor Biomasa seca radicular (BSR) con 0,009 g para cada uno de los tres (Cuadro 3).

### Índices de calidad

**Relación Biomasa seca aérea y Biomasa seca radicular (BSA/BSR).** Los 16 tratamientos presentaron valores de relación BSA/BSR entre 5,522 y 7,378 (Cuadro 4), siendo estos valores altos por encima de 2,5, los que se considerarían para plantas de baja calidad (Sáenz *et al.* 2010).

**Índice de robustez (IR).** Los valores del índice de robustez para los 16 tratamientos estuvieron en el rango entre 6,202 y 9,874 (Cuadro 4). Los tratamientos que presentaron valores de índice

Índices de calidad	Media de Tratamientos							
	T1 (F1+S1)	T2 (F1+S2)	T3 (F1+S3)	T4 (F1+S4)	T5 (F2+S1)	T6 (F2+S2)	T7 (F2+S3)	T8 (F2+S4)
Relación BSA/BSR	5,522	7,795	5,617	6,709	6,083	6,461	5,648	5,859
Índice de Robustez	7,895	9,024	9,244	9,012	9,159	9,874	9,368	9,253
Índice de Calidad de Dickson	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004
Índices de calidad	Media de Tratamientos							
	T9 (F3+S1)	T10 (F3+S2)	T11 (F3+S3)	T12 (F3+S4)	T13 (F4+S1) (Testigo)	T14 (F4+S2)	T15 (F4+S3)	T16 (F4+S4)
Relación BSA/BSR	5,829	7,059	6,379	6,275	6,032	7,378	6,174	6,771
Índice de Robustez	8,931	8,703	8,841	9,069	6,202	7,300	7,878	8,491
Índice de Calidad de Dickson	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Cuadro 4. Media de los 16 tratamientos según sus índices de calidad.

de robustez (IR) de calidad media para las plantas entre 6,0 y 8,0 (Sáenz *et al.* 2010) fueron T1 (F1+S1), T13 (F4+S1)-Testigo, T14 (F4+S2) y T15 (F4+S3) (Cuadro 4).

**Índice de calidad de Dickson (ICD).** Los 16 tratamientos presentaron un ICD de calidad baja para las plantas al reportar valores menores a 0,2 (Sáenz *et al.* 2010) (Cuadro 4). De los 16 tratamientos, los cinco que presentaron el mayor ICD en promedio con un valor de 0,004 fueron T5 (F2+S1), T6 (F2+S2), T7 (F2+S3), T8 (F2+S4) y T11 (F3+S3), mientras que los 11 restantes presentaron un valor promedio de 0,003 (Cuadro 4).

#### Análisis estadístico

Mediante el análisis de Varianza (ANOVA) para los atributos morfológicos (altura,

diámetro, BSA y BSR) y para los índices de calidad (relación BSA/BSR, índice de robustez e índice de calidad de Dickson), se validaron los cuatro tipos de fertilización y los cuatro sustratos aplicados en los 16 tratamientos obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 5). Se aplicó la prueba Tukey para las medias de los tipos de fertilización y de los sustratos donde el *p*-valor fue menor a 0,05 ( $p < 0,05$ ), debido a que estas medias presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 5).

#### Análisis de los componentes de los sustratos

Se obtuvieron los resultados del análisis del suelo para la tierra proveniente del área de la plantación de *Pinus tecunumanii*, que viene a ser el 100% del sustrato S1-Testigo y el 50% de los sustratos S2, S3 y S4 (Cuadro 6). Las propiedades de la turba Klamix 45M fueron toma-

dos de la ficha técnica comprada a la empresa Maruplast (Cuadro 6), hay que indicar que la turba Klamix 45M constituyó el 50% del sustrato S2 y el 25% del sustrato S4. En cambio, la arena que conformó el 50% del sustrato S3 y el 25% del sustrato S4, es un sustrato que se considera químicamente inerte, y que actúa como medio de soporte físico para las plantas (Martínez y Roca 2011).

## Discusión

### Atributos morfológicos

**Altura.** La altura promedio de las 160 plántulas evaluadas de *Pinus tecunumanii* estuvo por debajo de los 10 cm, presentando un rango promedio de altura entre 5,645 y 8,270 cm (Cuadro 3) después de permanecer 80 días (cerca a los tres meses) en el vivero. Mendo (2023) reportó en un vivero de Oxapampa que plántulas de *Pinus tecunumanii* propagadas sobre espumas fenólicas, presentaron alturas entre 5,05 y 5,28 cm después de cuatro meses de evaluación. Terán (2018) en otro vivero de Oxapampa, reportó alturas por encima de 14 cm para plántulas de *Pinus tecunumanii* en tubetes de 115 cm<sup>3</sup>, pero agregando fertilizantes de liberación controlada y después de cuatro meses y medio de evaluación. Esta investigación contó con un

mes y medio menos de evaluación, lo que influiría en el menor tamaño en altura promedio de las plántulas evaluadas. Rueda *et al.* (2012) indican la altura promedio para coníferas no cespitosas (coníferas de porte arbóreo) de calidad alta (mayores o iguales 12 cm), de calidad media (10 - 11,9 cm) y de calidad baja (menores a 10 cm). El tratamiento T6 (F2+S2) logró que las plántulas de *Pinus tecunumanii* presenten en promedio la mayor altura (8,270 cm), lo que indicaría que es el tratamiento más viable para obtener un mayor crecimiento en altura para las plántulas de esta especie en condiciones de vivero.

**Diámetro.** Los tratamientos T13 (F4+S1)-Testigo y T14 (F4+S2) presentaron los mayores diámetros en promedio (0,919 mm y 0,903 mm respectivamente). Estos resultados siguen siendo bajos al compararse con los obtenidos por Mendo (2023) quien reportó diámetros de 1,5 mm en promedio para plántulas de *Pinus tecunumanii* después de cuatro meses de evaluación. Terán (2018) registró diámetros entre 2,53 y 3,03 mm para *Pinus tecunumanii* en tubetes de 115 cm<sup>3</sup> con fertilizantes de liberación controlada después de cuatro meses y medio de evaluación. Rueda *et al.* (2012) mencionan el diámetro promedio para coníferas no cespitosas (coníferas de porte

Atributo morfológico	FERTILIZACIÓN (p-value)	SUSTRATO (p-value)
Altura	0,0000 *	0,0431*
Diámetro	0,0139 *	0,0014 *
Biomasa seca aérea (BSA)	0,0000 *	0,0609 **
Biomasa seca radicular (BSR)	0,0000 *	0,0156 *
Índice de calidad	FERTILIZACIÓN (p-value)	SUSTRATO (p-value)
Relación BSA/BSR	0,3823 **	0,0005 *
Índice de robustez (IR)	0,000 *	0,0525 **
Índice de calidad de Dickson (ICD)	0,3340 **	0,5533 **

**Cuadro 5.** Análisis de Varianza (ANOVA) para los atributos morfológicos y los índices de calidad. (\*) Valores  $p < 0,05$  (si hay diferencias estadísticamente significativas). En los valores sombreados de gris se realizó prueba Tukey. (\*\*) Valores  $p > 0,05$  (no hay diferencias estadísticamente significativas). En los valores de color blanco no se realizó prueba Tukey.

Tierra del área de estudio	Turba Klamix 45M
Textura: Franca	Composición: Musgo de turba <i>Sphagnum</i> oligotrófico
pH: 4,71 (fuertemente ácido)	pH: 4,0 a 4,5 (fuertemente ácido)
% Materia orgánica: 3,68% (valor medio)	Capacidad de retención de agua: 75 - 80%
Fósforo disponible: 2,6 ppm (nivel bajo)	Capacidad de aireación: 10 -15%
Potasio disponible: 68 ppm (nivel bajo)	Granulometría: 0 -25 mm (media)
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): 16 (nivel medio)	Nutrientes: Sin fertilizantes de NPK agregados. Con elementos traza de Hierro.

**Cuadro 6.** Propiedades físicas y químicas de la tierra del área de estudio y de la turba Klamix 45M.

arbóreo) de calidad alta (mayores o iguales a 4 mm), de calidad media (2,5 - 3,9 mm) y de calidad baja (menores a 2,5 mm). El rango de diámetros reportado en esta investigación se considera bajo al presentar valores entre 0,793 y 0,919 mm. La evaluación del diámetro como de la altura de las plántulas estudiadas estaría influida porque se registraron a los 80 días (cerca a los tres meses) desde que fueron sembradas en los tubetes, tenido un periodo de evaluación más corto, por lo que su crecimiento sería menor.

**Biomasa seca aérea (BSA) y biomasa seca radicular (BSR).** Los tratamientos T6 (F2+S2), T5 (F2+S1) y T7 (F2+S3) presentaron los promedios más altos de Biomasa seca aérea (entre 0,050 y 0,055 g) y Biomasa seca radicular (0,009 g cada uno) (Cuadro 3). Nuestros resultados se encuentran por debajo a los registrados en plántulas de *Pinus tecunumanii* por Mendo (2023), quien reportó una BSA entre 0,06 y 0,07 g y una BSR de 0,03 g, y por Huarcaca (2020) con una BSA entre 0,256 y 2,018 g y una BSR entre 0,0919 y 0,8955 g. El bajo peso seco obtenido de la biomasa radicular podría estar asociado a la falta de fertilizantes en los

sustratos empleados, por lo que se recomienda fertilizar los sustratos con la finalidad de aumentar el desarrollo de las plántulas (Alvarado 2012), debido a que la biomasa radicular influye en la sobrevivencia y en el establecimiento de las plantas en campo definitivo (Ramos-Huapaya y Lombardi 2020).

Hay que indicar que a pesar de los bajos registros obtenidos de BSA y BSR, las plántulas con los promedios más altos en estas dos variables crecieron bajo los tratamientos T5, T6 y T7, los cuales fueron fertilizados con el fertilizante foliar F2 (QUIMIFOL P680 PLUS junto al bioestimulante AGROSTEMIN GL) en los sustratos S1, S2 y S3, lo que indicaría la efectividad del fertilizante foliar F2 (con contenido de fósforo) para el desarrollo de la biomasa foliar y radicular en las plántulas de *Pinus tecunumanii* bajo condiciones de vivero.

### Índices de calidad

**Relación Biomasa seca aérea con Biomasa seca radicular (BSA/BSR).** En los 16 tratamientos los valores de la relación BSA/BSR obtenidos en tres meses de evaluación en el vivero, estuvieron por encima de 2,5 (Cuadro 4). Sáenz *et al.* (2010) mencionan que valores

de la relación BSA/BSR por encima de 2,5 son indicadores de plantas de baja calidad. Valores altos indicarían una desproporción entre parte aérea de la planta y su sistema radicular, siendo este insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Terán 2018). El uso de los dos fertilizantes foliares junto con el bioestimulante promovió un mayor desarrollo de la parte aérea que la radicular en las plántulas evaluadas, con lo cual hubo una desproporción entre la altura y el diámetro.

**Índice de robustez (IR).** De los 16 tratamientos empleados 11 de ellos presentaron valores por encima de 8 (Cuadro 4), lo que significa que en relación a la robustez las plantas evaluadas presentaron una calidad baja (Sáenz *et al.* 2010), habiendo una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro de las plantas bajo estos tratamientos. En cambio, fueron cinco tratamientos que presentaron un índice de robustez (IR) entre 6 y 8, lo que indica una calidad media de las plántulas (Sáenz *et al.* 2010), con una buena proporción entre su crecimiento en altura y diámetro. El uso de los fertilizantes foliares estaría favoreciendo sobre todo el crecimiento en altura de las plántulas, y no su crecimiento en diámetro, debido principalmente a los bajos diámetros en promedio de los 16 tratamientos, con valores entre 0,793 y 0,919 mm (Cuadro 3).

**Índice de calidad de Dickson (ICD).** Los valores del ICD de los 16 tratamientos en esta investigación están por debajo de 0,2 (Cuadro 4) lo que indicaría una baja calidad de plántulas en el vivero en relación al índice de Dickson (Sáenz *et al.* 2010). Se han reportado valores bajos del ICD para plántulas de *Pinus tecunumanii* en viveros en Oxapampa en distintos años y bajo diferentes tratamientos. Por ejemplo, Terán (2018) reportó valores de ICD entre 0,14 y 0,16 en plántulas de *Pinus tecunumanii* en tubetes y Mendo (2023) reportó valores de ICD en promedio de 0,02 para plántulas de *Pinus tecunumanii* que crecieron en espumas fenólicas. Los bajos valores de ICD calculados en esta investigación estarían asociados a que solo se utilizaron fertilizantes foliares, los que promovieron principalmente el desarrollo de

la parte aérea de la plántula, obteniendo una mayor biomasa aérea. En cambio, al no emplearse fertilizantes en los sustratos, no hubo un mayor desarrollo de las raíces, obteniéndose una menor biomasa radicular, con lo que los resultados del ICD fueron bajos. Además, la nutrición foliar puede complementar más no sustituir la fertilización al suelo (Salas 2002).

### **Análisis estadístico en fertilización y sustratos**

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) para los tipos de fertilización se obtuvo que las variables altura, diámetro, Biomasa seca aérea (BSA), Biomasa seca radicular (BSR) e índice de robustez (IR) presentaron medias con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Cuadro 5), con lo cual se aplicó la prueba Tukey para comparar las medias de estas cinco variables. Los tipos de fertilización F4-Testigo (sin fertilizante), F1 y F3 presentaron la mejor respuesta para la variable diámetro al formar un grupo homogéneo (Cuadro 7). Las fertilizaciones F2, F3 y F1 (las tres con los fertilizantes foliares QUIMIFOL P680 PLUS y QUIMIFOL N510 PLUS y el bioestimulante AGROSTEMIN GL en diferentes combinaciones) presentaron los mejores resultados para las variables altura e índice de robustez, debido a que conformaron un grupo homogéneo diferente a F4-Testigo (sin fertilizante) (Cuadro 7), lo que indicaría que los fertilizantes foliares y el bioestimulante actuaron favorablemente en el desarrollo de ambas variables, siendo la fertilización foliar una forma de estimular el crecimiento y suministrar nutrimentos de las plantas en sus etapas tempranas de desarrollo (Molina 2012).

La fertilización F2 presentó el resultado más óptimo para variables de Biomasa seca aérea (BSA) y Biomasa seca radicular (BSR), al formar un grupo homogéneo único diferente al resto (F1, F3 y F4 integraron otro grupo) (Cuadro 7). Hay que mencionar que F2 contiene principalmente el fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS que destaca por su contenido de fósforo (35% de Anhídrido fosfórico  $P_2O_5$ ), lo que indicaría la importancia del fósforo en el desarrollo de las raíces y los procesos fisiológicos de las plantas (Molina 2012).

Prueba Tukey para tipos de fertilización			
Variabes	Fertilización	Medias	Grupos homogéneos
Diámetro (cm)	F4	0,8670	A
	F1	0,8495	AB
	F3	0,8480	AB
	F2	0,8142	B
Altura (cm)	F2	7,6300	A
	F3	7,4938	A
	F1	7,4250	A
	F4	6,3800	B
Índice de Robustez	F2	9,4136	A
	F3	8,8862	A
	F1	8,7934	A
	F4	7,4678	B
Biomasa seca aérea BSA (g)	F2	0,0506	A
	F3	0,0436	B
	F1	0,0405	BC
	F4	0,0357	C
Biomasa seca radicular BSR (g)	F2	0,0923	A
	F3	0,0838	B
	F1	0,0799	BC
	F4	0,0749	C

**Cuadro 7.** Resultados de la prueba Tukey para tipos de fertilización según las variables de diámetro, altura, índice de robustez, Biomasa seca aérea (BSA) y Biomasa seca radicular (BSR).

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) en los sustratos empleados se obtuvo que las variables altura, diámetro, Biomasa seca radicular (BSR) y relación de BSA/BSR presentaron medias con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Cuadro 5). Con la prueba Tukey comparamos estas medias y obtuvimos que los mejores resultados para las variables altura, diámetro y relación BSA/BSR se dieron con los sustratos S2 (50% tierra y 50% turba), S3 (50% tierra y 50% arena) y S4 (50% tierra, 25% turba y 25% arena) al formar entre sí grupos homogéneos en cada una de estas variables (Cuadro 8). Esto indicaría que la combinación de tierra, tur-

ba y arena bajo diferentes porcentajes influye positivamente en el crecimiento en altura y diámetro de las plántulas y en su relación BSA/BSR. Mezclar diferentes componentes como turba y arena en diversas proporciones puede mejorar las características físico-químicas de sustratos para la producción de especies (Luna 2019). La turba ayuda a retener el agua y su alto contenido de materia orgánica beneficia el enraizamiento, mientras que la arena también retiene el agua y favorece la aireación, además de presentar un bajo costo (Cornejo 2018). En cambio, para la Biomasa seca radicular (BSR) los sustratos S3 (50% tierra y 50% arena), S4

Prueba Tukey para tipos de sustratos			
Variabes	Sustrato	Medias	Grupos homogéneos
Altura (cm)	S2	7,5825	A
	S3	7,2787	AB
	S4	7,2513	AB
	S1	6,8163	B
Diámetro (cm)	S2	7,5825	A
	S3	7,2787	AB
	S4	7,2513	AB
	S1	6,8163	B
Relación BSA/BSR	S2	0,7368	A
	S4	0,7260	A
	S3	0,7025	AB
	S1	0,6830	B
Biomasa seca radicular BSR (g)	S3	0,0872	A
	S4	0,0840	AB
	S1	0,0818	AB
	S2	0,0779	B

**Cuadro 8.** Resultados de la prueba Tukey para los sustratos según las variables de altura, diámetro, relación BSA/BSR y Biomasa seca radicular (BSR).

(50% tierra, 25% turba y 25% arena) y S1-Tes-tigo (100% tierra) presentaron una mejor res-puesta a esta variable al conformar un grupo homogéneo (Cuadro 8).

### Fertilización y sustratos

La fertilización F2 (fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS + bioestimulante AGROSTEMIN GL) destacó por su presen-cia en los tratamientos para las plántulas con mayor promedio en altura: T6 (F2+S2) con 8,270 cm; en Biomasa seca aérea (BSA): T6 (F2+S2) con 0,055 g, T5 (F2+S1) con 0,051 g y T7 (F2+S3) con 0,050 g; y en Biomasa seca radicular (BSR): T5 (F2+S1), T6 (F2+S2) y T7 (F2+S3) cada uno con 0,009 g. La presencia del fertilizante foliar QUIMIFOL P680 PLUS en el tipo de fertilización F2 sería importante debido al fósforo en su contenido, ya que este elemento

es clave en el metabolismo energético celular y en la fotosíntesis, ambos relacionados con el crecimiento de las plantas (Martínez-Nevárez *et al.* 2023).

La tierra proveniente del área de la plan-tación forestal (utilizada en los 16 tratamien-tos) y la turba Klamix 45M (usada en ocho de los 16 tratamientos), presentaron ambas un pH fuertemente ácido de 4,71 y 4,5 respectiva-mente (Cuadro 6), lo que habría influido en la baja disponibilidad de nutrientes para las plán-tulas. Se ha reportado que la especie *Pinus te-cunumanii* requiere sustratos moderadamente ácidos (con un pH de 5,5 a 6,0), además se recomienda inocular su sustrato con micro-rrizas para mejores resultados (CATIE 2000).

El sustrato S2 (50% tierra propia del área de estudio y 50% turba) presente en los trata-

mientos T2 (F1+S2), T6 (F2+S2), T10 (F3+S2) y T14 (F4+S2), favoreció el crecimiento de las plántulas de *Pinus tecunumanii* en altura, diámetro, Biomasa seca aérea (BSA) y Biomasa seca radicular (BSR). El sustrato S2 formó parte de los tratamientos con los mayores promedios en altura: T6 (8,270 cm) y T2 (7,850 cm); en diámetro: T14 (0,903 mm), T10 (0,882 mm) y T2 (0,874 mm); en BSA: T6 (0,055 g) y en BSR: T6 (0,009 g). Esto indicaría la viabilidad del sustrato S2 en el crecimiento de *Pinus tecunumanii* bajo condiciones de vivero, debido a que turba (50% de la composición del sustrato S2) contribuye en la retención de humedad y en el almacenamiento de nutrientes para las plántulas. Se ha reportado a la turba como principal componente de sustratos en viveros forestales con buenos resultados en el crecimiento de especies del género *Pinus*. Por ejemplo, en Puebla (México) un tratamiento conformado por 60% turba, 20% perlita y 20% vermiculita presentó los mejores rendimientos en plántulas de la especie de *Pinus montezumae* Lamb. en el crecimiento de su diámetro, peso seco aéreo y peso seco de la raíz (Hernández-Zarate *et al.* 2014). En Hidalgo (México), también *Pinus montezumae* volvió a reportar altos valores en diámetro del tallo, peso seco aéreo y peso seco de la raíz empleando como sustrato a la turba en un 60% (Aguilera-Rodríguez *et al.* 2016). En un vivero de Argentina, la especie *Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson obtuvo los mejores resultados en diámetro de cuello, altura de tallo y peso seco de toda la planta utilizando como sustrato turba con vermiculita (Olivo y Buduba 2006), por lo que la turba vendría a ser un componente en sustratos importante para el crecimiento y desarrollo de plántulas de pinos en viveros.

## Conclusiones

El tratamiento T6 que usó la fertilización con fósforo F2 (QUIMIFOL P680 PLUS + AGROSTEMIN GL) en el sustrato S2 (50% tierra propia del área de estudio + 50% turba), es el que mejores resultados otorgó al crecimiento en vivero de las plántulas de *Pinus tecunumanii*, al obtener los mejores promedios

en altura, biomasa seca aérea (BSA) y biomasa seca radicular (BSR), por lo que se recomienda su uso en la producción de esta especie forestal.

El sustrato S2 (50% tierra propia del área de estudio + 50% turba) presente en los tratamientos T2 (F1+S2), T6 (F2+S2), T10 (F3+S2) y T14 (F4+S2), favoreció el desarrollo en altura, diámetro, Biomasa seca aérea (BSA) y Biomasa seca radicular (BSR) de las plántulas de *Pinus tecunumanii* bajo condiciones de vivero.

## Agradecimientos

Los autores queremos agradecer a Guillermo Gorbitz Dupuy y a Lino Ríos Pérez por su apoyo durante el desarrollo de la fase de campo de la presente investigación.

## Referencias

- Aguilera-Rodríguez, M; Aldrete, A; Martínez-Trinidad, T; Ordáz-Chaparro, VM. 2016. Producción de *Pinus montezumae* Lamb. con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia* 50(1):107-118. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30243765008>.
- Alvarado, A. 2012. Requerimiento, fertilización y manejo de nutrimentos en plantaciones forestales. In Alvarado, A; Raigosa, J (eds.). *Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales*. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 125-139.
- Bazán, R. 2017. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura y Riego. 89 p.
- Birchler, TA; Rose, RW; 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.
- Castro, A; Davila, C; Laura, W; Cubas, F; Avalos, G; López Ocaña, C; Villena, D; Valdez, M; Urbiola, J; Trebejo, I; Menis, L; Marín, D. 2021. *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. Lima, Perú, Servicio Na-

- cional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). 128 p. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Manual técnico. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 204 p.
- Claros, JL; Baltazar, H; Trujillo, F; Araujo, M. 2017. Durabilidad natural de la madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*, proveniente de plantaciones forestales en San Alberto, Oxapampa. Revista Forestal del Perú 32(2):70-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v32i2.1038>.
- Cordero, J; Boshier, DH. 2003. Árboles de Centroamérica: un Manual para extensionistas. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación (CATIE). 1079 p.
- Cornejo, V. 2018. Propagación vegetativa de tres especies forestales potenciales para la recuperación de áreas degradadas en la Región Ucayali. Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 179 p.
- Dickson, A; Leaf, AL; Hosner, JF. 1960. Quality appraisal of white Spruce and white pine seedling stock in nurseries. For. Chron. 36:10-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- Escamilla-Hernández, N; Obrador-Olán, JJ; Carrillo-Ávila, E; Palma-López, DJ. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. Revista fitotecnia mexicana 38(3):329-333. Disponible en <https://revistafitotecnia-mexicana.org/documentos/38-3/11a.pdf>.
- Guariguata, MR; Arce, J; Ammour, T; Capella, JL. 2017. Las plantaciones forestales en Perú. Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. Documento ocasional 169. Bogor Barat, Indonesia, CIFOR. 29 p. DOI: <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>.
- Hernandez-Zarate, L; Aldrete, A; Ordáz-Chaparro, VM; López-Upton, J; López-López, MA. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. Agrociencia 48:627-637.
- Huaraca, M. 2020. Caracterización de la calidad de plantones de dos procedencias de *Pinus tecunumanii* en fase de vivero – Oxapampa. Tesis de Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 78 p.
- Luna, CV. 2019. Concentración de sustrato y fertilizante en pino taeda (*Pinus taeda* L.) en vivero. Rev. Agron. Noroeste Argent. 39(1):19-29.
- Martínez, PF; Roca, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. In Víctor, J; Flórez R (eds.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 37-78.
- Martínez-Nevárez, LE; Prieto-Ruiz, JA; Sigala-Rodríguez, JA; García-Rodríguez, JL; Martínez-Reyes, M; Carrillo-Parra, A; Domínguez-Calleros, PA. 2023. Crecimiento y eficiencia en el uso de nutrientes de plantas de *Pinus cooperi* C. E. Blanco producidas en vivero con un fertilizante de liberación controlada. Terra Latinoamericana 41:1-12. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1707>.
- Molina, E. 2002. Fuentes de fertilizantes foliares. In Meléndez, G; Molina, E (eds.). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 26-35.
- Molina, E. 2012. Características y manejo de los fertilizantes. In Alvarado, A; Raigosa, J (eds.). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 141-162.
- Mendo, D. 2023. Producción de plantones de *Pinus tecunumanii* a partir de espumas fenólicas y fertilizante en fase de vivero. Tesis Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina 76 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2019. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Memoria descriptiva. Lima, Perú, Ministerio del Ambiente. 119 p.

- Mondragón, G. 2016. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, *Sapindus saponaria* y *Tecoma stans* en diferentes sustratos durante su propagación en vivero – Lima. Tesis Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 102 p.
- Olivo VB; Buduba, CG. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Bosque 27(3):267-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002006000300007>.
- Prieto-Ruiz, JA; García, JL; Mejía, JM; Huchín, S; Aguilar, JL. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Durango, México, INIFAP. 47 p.
- Química Suiza (s.f.). Folleto de información técnica. Lima, Perú.
- Ramos-Huapaya, A; Lombardi, I. 2020. Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con “Eucalipto urograndis”. Revista Forestal del Perú 35(2):132-145. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>.
- Rodríguez, TDA. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. México D.F., México, Universidad Autónoma Chapingo, Mundi Prensa. 156 p.
- Rueda, A; Benavides, JDD; Prieto-Ruiz, JA; Sáenz, JT; Orozco-Gutiérrez, G; Molina, A. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(14):69-82. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i14.475>.
- Sáenz JT; Villaseñor, F; Muñoz, HJ; Rueda, A; Prieto-Ruiz, JA. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico N° 17. Michoacán, México, INIFAP. 48 p.
- Salas, RE. 2002. Fertilización foliar de plantas ornamentales. In Meléndez, G; Molina, E (eds.). Fertilización foliar: principios y aplicaciones. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 67-76.
- Terán, A. 2018. Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de vivero – Oxapampa. Tesis Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 100 p.
- Tongo-Pizarro, E; Soplín-Villacorta, H. 2022. Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción pecuaria en la provincia de Oxapampa/Pasco/Perú. Ecología Aplicada 21(1):67-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v21i1.1876>.