

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**EFFECTO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Pinus tecunumanii* (PINO) ESTABLECIDO COMO COMPONENTE DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, VILLA RICA - PERÚ**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, MENCIÓN FORESTALES**

**PRESENTADO POR:**

**AL MANFRED YOHANN ASTETE**

**Tingo María - Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 098-2024-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de Julio de 2024, a horas 06:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO DE  
*Pinus tecunumanii* (PINO) ESTABLECIDO COMO COMPONENTE DE UN  
SISTEMA AGROFORESTAL, VILLA RICA - PERÚ”**

Presentado por el Bachiller: **YOHANN ASTETE, AL MANFRED**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 26 de setiembre de 2024

  
**Dr. YTAVCLERH YARGAS CLEMENTE**  
**PRESIDENTE**

  
**Ing. MSc. RAUL ARAUJO TORRES**  
**MIEMBRO**

  
**Ing. JAIME TORRES GARCÍA**  
**MIEMBRO**



  
**Ing. MSc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA**  
**ASESOR**



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 086 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

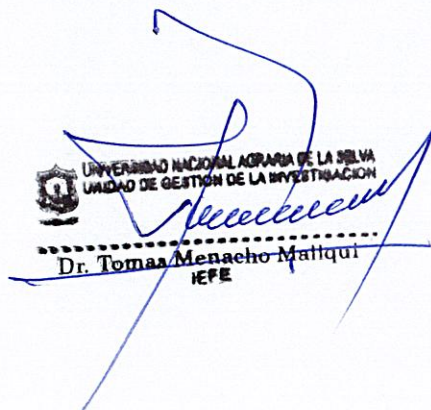
Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Mención: Forestales

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO DE <i>Pinus tecunumanii</i> (PINO) ESTABLECIDO COMO COMPONENTE DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, VILLA RICA - PERÚ	AL MANFRED YOHANN ASTETE	<b>06 %</b> <b>Seis</b>

Tingo María, 24 de marzo de 2025


  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomaa Menacho Matiqui  
IEFE

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



### EFFECTO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Pinus tecunumanii* (PINO) ESTABLECIDO COMO COMPONENTE DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, VILLA RICA - PERÚ

- Autor** : Al Manfred Yohann Astete
- Asesor(es)** : Ing. Edilberto Díaz Quintana 
- Programa de investigación** : Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología
- Línea de investigación** : Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, recursos naturales, bienes y servicios ecosistémicos
- Eje temático** : Manejo de flora, vegetación y sistemas integrales de producción
- Lugar de ejecución** : Fundo GREKA – Distrito de Villa Rica
- Duración** : Seis meses
- Financiamiento** : Propio

Tingo María - Perú

2024

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza de siempre, permitiéndome llegar a este momento tan esperado en mi vida. Por los triunfos y obstáculos tan difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mis queridos padres Ciro Yohann Yohann y Ana Astete Tam por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser un mejor ser humano.

A mis dos amores: Teresa Ruffner Avalos y Dominick Yohann Ruffner por su apoyo incondicional y paciencia en los buenos y malos momentos.

A mis familiares que están en el cielo, aunque no estén presentes en su forma física, estarán siempre en mis pensamientos y mi corazón.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, por brindarme una linda familia, grandes amistades y estar a mi lado en momentos de alegría y de pruebas.
- A mi querida madre Ana Beatriz Astete Tam, a mi padre Ciro Gerónimo Yohann Yohann, mi Esposa Teresa Ruffner Avalos, a mi querida suegra Nancy Avalos Pérez, a todos ellos por el amor y el apoyo incondicional en mi formación profesional.
- A mis familiares, que desde un inicio, me ayudaron con el transcurso del tiempo a colorear mis metas y a saborear mis logros.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y su plana de catedráticos, por la oportunidad brindada de estudiar en esta institución y por transmitir sus conocimientos y/o herramientas para seguir con mi formación profesional.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Ytavclerh Vargas Clemente, Ing. Raúl Araujo Torres, Ing. Jaime Torres García, Blgo. M.Sc. Edilberto Chuquilin Bustamante.
- Al Ing. Edilberto Díaz Quintana; docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, al Ing. Frits Palomino Vera, colaborador del presente trabajo de investigación; por sus consejos, amistad y apoyo desinteresado en la supervisión de la presente tesis.
- A mi segunda madre, Sra. Teresa Ruiz, por su cuidado, apoyo incondicional y oraciones durante todos estos años en Tingo María.
- A todas aquellas personas que no se las pudo nombrar pero que están en mi corazón. Muchas gracias.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general .....	1
1.2. Objetivos específicos.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Marco teórico .....	2
2.1.1. La fertilización.....	2
2.1.2. Fósforo.....	5
2.1.3. Nitrógeno.....	5
2.1.4. Sistema agroforestal .....	6
2.1.5. Crecimiento de plantas .....	6
2.1.6. Aspectos generales del <i>Pinus tecunumanii</i> (pino).....	7
2.2. Estado del arte .....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1. Lugar de ejecución .....	13
3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	13
3.1.2. Clima .....	13
3.1.3. Antecedentes del área .....	13
3.2. Materiales y equipos.....	13
3.3. Metodología .....	14
3.3.1. Ubicación de la parcela .....	14
3.3.2. Origen de los plántones de <i>P. tecunumanii</i> .....	14
3.3.3. Instalación y método de plantación .....	14
3.3.4. Apertura de hoyos.....	14
3.3.5. Plantación propiamente dicha.....	14
3.3.6. Mantenimiento de la parcela experimental.....	15
3.4. Diseño experimental.....	15
3.5. Criterios de la investigación .....	15
3.5.1. Tratamientos considerados en la investigación .....	15
3.5.2. Modelo aditivo lineal.....	16
3.5.3. Análisis de varianza.....	16
3.6. Variables del estudio .....	16

3.6.1. Variable dependiente .....	17
3.6.2. Variable independiente .....	17
3.7. Análisis de datos y elaboración del informe .....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
4.1. Efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de diámetro del fuste de <i>P. tecunumanii</i> en campo definitivo .....	19
4.2. Efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de la altura total de <i>P. tecunumanii</i> en campo definitivo .....	22
4.3. Efecto del nitrógeno y fósforo en la relación altura/ diámetro de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> en campo definitivo .....	25
V. CONCLUSIONES .....	29
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	30
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
ANEXO .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tratamientos considerados en la investigación. ....	15
2. Esquema del análisis de varianza. ....	16
3. Rangos para el coeficiente de variación. ....	18
4. ANVA resumido sobre el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> . .....	19
5. Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> .....	20
6. ANVA resumido sobre la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> .....	22
7. Prueba Duncan para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> . ....	23
8. ANVA resumido sobre la relación altura/ diámetro en plantas de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> . ....	25
9. Prueba Duncan para la relación altura/ diámetro en plantas de <i>P.</i> <i>tecunumanii</i> . ....	26
10. Datos registrados de las unidades experimentales. ....	36
11. ANVA para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido. ....	39
12. Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido.....	40
13. ANVA para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido.....	40
14. Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido. ....	40
15. ANVA para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	41
16. Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	41
17. ANVA para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	41
18. Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	42
19. ANVA para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido. ....	42

20.	Prueba Duncan para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido. ....	42
21.	ANVA para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido. ....	43
22.	Prueba Duncan para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido. ....	43
23.	ANVA para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	43
24.	Prueba Duncan para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	44
25.	ANVA para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	44
26.	Prueba Duncan para la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	44
27.	ANVA para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido. ....	45
28.	Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de establecido. ....	45
29.	ANVA para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido. ....	45
30.	Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de dos meses de establecido. ....	46
31.	ANVA para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	46
32.	Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de cuatro meses de establecido. ....	46
33.	ANVA para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	47
34.	Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de <i>P. tecunumanii</i> después de seis meses de establecido. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Comportamiento del diámetro del fuste en plantas de <i>P. tecunumanii</i> .....	20
2.	Comportamiento de la altura total en plantas de <i>P. tecunumanii</i> .....	23
3.	Comportamiento de la relación altura/ diámetro en plantas de <i>P. tecunumanii</i> .....	26
4.	Instalación y ubicación de los bloques.....	48
5.	Plantación de la subunidad experimental.....	48
6.	Parcela experimental.....	49
7.	Fertilización de la planta.....	49
8.	Evaluación de la variable diámetro.....	50
9.	Análisis de la muestra de suelos.....	50
10.	Mapa de ubicación de la parcela experimental.....	51

## RESUMEN

En la tesis se consideró como objetivo evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo sobre el crecimiento inicial de *Pinus tecunumanii* (pino) establecido como componente de un sistema agroforestal. Investigación realizada en el fundo GREKA ubicado en el distrito Villa Rica, provincia Oxapampa de la región Pasco; se utilizó dosis de 22,5 g N, 45 g N del fertilizante urea, 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> del fertilizante superfosfato triple de calcio aplicados al mes de establecido, que generaron nueve tratamientos distribuidos bajo un diseño en bloque completo al azar. No hubo efectos significativos entre las dosis de nitrógeno y fósforo aplicados como fertilización, el diámetro alcanzó valores de 1.43 cm en plantas que recibieron 22,5 g N y 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>7</sub>) hasta 1.65 cm en planta con 22,5 g N y 40 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>6</sub>); la variable altura total alcanzó a los seis meses posteriores al establecimiento valores de 174.56 cm en las plantas con 45 g de nitrógeno (T<sub>3</sub>) hasta 233,17 cm en las plantas fertilizadas con 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>4</sub>); la razón altura total/ diámetro de fuste, presentó comportamiento variable en el tiempo, decreciendo a los cuatro meses hasta 6,13 en las plantas con 45 g de N (T<sub>3</sub>) y 7,34 en las plantas que recibieron 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>4</sub>), incrementándose de dicho índice hasta 14,49 en el T<sub>4</sub>. No se determinó diferencias estadísticas significativas, debido a que solo fue una fertilización y la humedad del suelo influyó en el efecto.

## ABSTRACT

The objective of the thesis was to evaluate the effect of nitrogen and phosphorus on the initial growth of *Pinus tecunumanii* (pine) established as a component of an agroforestry system. Research carried out in the GREKA farm located in the Villa Rica district, Oxapampa province of the Pasco region; doses of 22.5 g N, 45 g N of the urea fertilizer, 40 g of  $P_2O_5$  and 80 g of  $P_2O_5$  of the calcium triple superphosphate fertilizer applied a month after it was established were used, which generated nine treatments distributed under a complete block design to the random. There were no significant effects between the doses of nitrogen and phosphorus applied as fertilization, the diameter reached values of 1.43 cm in plants that received 22.5 g N and 80 g  $P_2O_5$  (T<sub>7</sub>) up to 1.65 cm in plants with 22.5 g N and 40 g  $P_2O_5$  (T<sub>6</sub>); the variable total height reached values of 174.56 cm six months after establishment in plants with 45 g of nitrogen (T<sub>3</sub>) up to 233.17 cm in plants fertilized with 40 g of  $P_2O_5$  (T<sub>4</sub>); The total height/stem diameter ratio presented variable behavior over time, decreasing at four months to 6.13 in plants with 45 g of N (T<sub>3</sub>) and 7.34 in plants that received 40 g of  $P_2O_5$  (T<sub>4</sub>), increasing from said index to 14.49 in T<sub>4</sub>. No significant statistical differences were determined, because it was only one fertilization and soil moisture influenced the effect.

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques de nuestro país, se están deforestando una manera desmedida, y como consecuencia en varias zonas ya no se cuenta con madera para las construcciones y otros usos. Las plantaciones forestales son una alternativa de las muchas más que existen para tratar de frenar la dependencia a los bosques, mermar la concentración de CO<sub>2</sub> y mejorar la calidad de vida para muchas personas en el mundo.

Se desconoce las respuestas de las plantaciones de pino en el distrito de Villa Rica frente a las diferentes dosis de fertilización, debido a que la etapa de aprovechamiento o cosecha de la mayoría de especies forestales es en periodos prolongados y no reflejaría a la larga la aplicación de fertilizantes y se desconoce la dosificación en estas zonas. Otro pensamiento que mantienen es si un árbol es de bosque por qué abonarlas y cuidarlas tanto.

La presente investigación busca conseguir plantas con elevados rendimientos en el incremento de los valores para el diámetro del fuste y altura total disminuyendo el periodo de tiempo, a través del efecto de utilizar diferentes concentraciones de fertilizantes.

En este contexto se planteó la siguiente interrogante, ¿Cuál será el efecto del nitrógeno y fósforo sobre el crecimiento inicial del *Pinus tecunumanii* (pino) en campo definitivo?, y, para tal fin se estableció como hipótesis, que con la aplicación de fertilizantes que contienen nitrógeno y fósforo, se tiene efectos positivos sobre el crecimiento de la especie forestal *Pinus tecunumanii* (pino) en campo definitivo.

Los resultados servirán para la toma de decisiones para los silvicultores y agricultores dedicados a los sistemas agroforestales. Ante lo expresado, se planteó los siguientes objetivos:

### 1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo sobre el crecimiento inicial de *Pinus tecunumanii* (pino) establecido como componente de un sistema agroforestal.

### 1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de diámetro al nivel del cuello de la planta (DAC) de la especie de pino en campo definitivo.
- Evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de la altura total de la especie de pino en campo definitivo.
- Evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo en la razón altura/ diámetro de la especie de pino en campo definitivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. La fertilización

La intensificación del manejo forestal y el aumento de espacios con plantaciones forestales hicieron que se enfoque con mayor énfasis a sus características químicas de los suelos para que crezcan los árboles. A pesar que la fertilidad de los suelos no pueden ser medidas de forma absoluta, por medio del desarrollo escalonado de procedimientos y técnicas para analizar suelos, así como interpretar los resultados, resulta la posibilidad de que se prediga de manera casi exactita las respuestas a las aplicaciones de potasio, fósforo y cal, cuyo establecimiento comprende el nivel crítico para cada elemento (Alfaro citado por Mollinedo, 2003).

La aplicación de los fertilizantes puede tener distintos objetivos (Dalla Tea y Marcó, 1991):

- Corregir deficiencias nutritivas visibles
- Acelera su desarrollo inicial de las plantas con la cual se cubre de forma más rápida los suelos y se reduce la cantidad de carpidas que se necesita durante los controles de malezas.
- Mejora la capacidad de los sitios mejorando su producción maderable al culminar la rotación.

El uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente, dado un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento (Rubilar et al., 2008).

##### 2.1.1.1. Formas de aplicación

Hay varios sistemas de aplicación de los fertilizantes adaptables a cada condición de los productores; en cualquiera de ellos, debe evitarse poner el fertilizante en contacto directo con el sistema radicular de las plantas (Dalla Tea, 1995):

- De forma manual se coloca alrededor de las plantas, a un distanciamiento mínimo de 20 cm sin incorporar el producto, o también pudiera combinarse con una carpida y aporcar las plantas tapando a los fertilizantes. Tiene el inconveniente de ser también aprovechado por las malezas, por lo que el adecuado control de estas es muy importante.

- En los hoyos para plantar (no se debe realizar la aplicación de urea u otro fertilizante nitrogenado en base de amonio debido a que intoxican a las raíces de las plantas).
- En uno o más hoyos en torno a las plantas, labor que se efectuaría al momento de la plantación propiamente dicha.
- De forma mecánica aperturando surcos entre los 20 a 25 cm respecto a la fila de plantación.

En el caso de que el fertilizante no se incorpore al suelo, se pierde en cantidades importantes mediante volatilización y también llegan a escurrirse en la superficie. Se mejora el aprovechamiento de los fertilizantes al incorporarse en dos aplicaciones, dicho de otra manera, en dos dosificaciones de 50 g/planta más 50 g/planta considerando como por ejemplo al fosfato diamónico que se separarían por un periodo de dos meses (Inta Profome, 1995).

#### **2.1.1.2. Época de aplicación**

Conviene que se aplique el fertilizante en la etapa de que las plantas estén en crecimiento activo y, en consecuencia, su sistema radicular se encuentre en situaciones de que absorban el mismo. Se tiene que aplicar cuando se presente tierra húmeda, si hay la posibilidad de realizarla posterior a que haya llovido. Es recomendable que se fertilice entre las estaciones primavera-verano acompañando la plantación realizada en esta época. Para el caso de las plantaciones ejecutadas en otoño, conviene efectuar que se fertilice durante la estación de primavera sucesiva (Dalla Tea, 1995).

Es muy interesante tener en consideración la época de fertilización, ya que Ventimiglia y Carta (2005) destacan que el efecto nocivo de cada fertilizante en los suelos son dependientes de varias causas como es el porcentaje de humedad edáfica, la dosificación utilizada, la ubicación de los fertilizantes respecto a las semillas, el nivel del pH edáfico, el tipo de sembradora que se utiliza, entre otros, siendo estos factores algunos causantes de la variabilidad de resultados de la fertilización.

Barbazán (1998) indica que las condiciones ambientales como la humedad del suelo, humedad del aire, temperatura e intensidad de la luz suelen afectar la concentración de los nutrientes, así como al nivel crítico, observada al momento del muestreo y mediante la respuesta de los cultivos al aplicar los nutrientes. Este aspecto refleja que, realizar su análisis de la planta suele tener mayor susceptibilidad respecto al análisis de los suelos a las variaciones en las condiciones medioambientales, siendo esto la explicación de que el análisis de la planta presentó mejor éxito en lugares más secos, con elevada temperatura y bajo la

presencia de riegos. Para estas situaciones, las condiciones medioambientales son relativamente constantes, mientras que los valores de la humedad de los suelos lo manejan las personas.

A manera de resumen, no se debe muestrear ninguna planta sometida a stress hídrico o que cuando haya pasado una sequía prolongada, debido a que ciertos elementos nutricionales tienden a tener altos niveles de concentración como es el caso del Ca, N, Mn y Mg, caso contrario ocurre en el P, Mo, K, y B que suelen disminuir. Además, conviene que se muestree en el momento que la temperatura e intensidad de luz sea muy elevada, porque ciertos nutrientes como el N se pudieran encontrar en pocas concentraciones en los tejidos muestreados.

García et al. (s.d.) indican que a pesar de que el uso del riego no suele ser rutinario para algunos cultivos agrícolas, muchos autores demostraron últimamente lo importante que es la aplicación durante cada etapa clave y sensible de los cultivos, de manera específica al germinar y ante la presencia de flores. Asimismo, fue demostrado que al aplicar el nitrógeno suele incrementarse la eficiencia acompañado de la presencia del agua con la cual se facilita su absorción inclusive en el caso de que esta aplicación llegue solamente a un nivel de riego deficiente. Además, en Chile, De Latorre-Herrera (2003) elevó el rendimiento al combinar la aplicación de fertilizantes nitrogenadas mediante el uso del riego por goteo. Para Geerts (2008), bajo situaciones del Altiplano Central, aplicar distintas dosificaciones de nitrógeno hasta los 10 tn/ha, no llegó a producir diferencia alguna del rendimiento en el caso de un cultivo desarrollado por lo general en secano (solamente se regó al sembrar). Pero, al aplicar riego deficitario durante dos oportunidades generó que se duplique el rendimiento manteniendo la misma dosificación del fertilizante. Adicionalmente, Zuazo (2013) experimentó utilizando macetas en medio controlado obteniendo diferencia significativa en la interacción del fertilizante y la humedad demostrando que en la aplicación de elevados niveles del fertilizante y poca cantidad de agua en los suelos (30% CC), las actividades de los microorganismos, así como la mineralización del nitrógeno disminuirá que, con una dosis más baja de fertilizante, pero donde hay más agua disponible (50% CC). Dicho resultado muestra que aplicar fertilizantes tiene que acompañarse de manera obligatoria con una provisión adecuada de agua al suelo con la cual se permitirán las actividades microbianas, la mineralización y el uso del nitrógeno que se aplica.

Shaxson y Barber (2005) indican que el valor de la humedad en los suelos son dependientes de la cantidad de lluvias que suelen caer y penetran en los suelos.

Para Lazcano (s.d.), las fechas de siembra, los sistemas de cultivos, las formas de aplicar los insumos, la dosis y tipos de agroquímicos (insecticidas,

herbicidas o fungicidas) y por supuesto la aplicación del fertilizante, se encuentra muy ligada a las cantidades y distribución del agua en el periodo del desarrollo del cultivo. En situaciones de fenómenos como "EL NIÑO" lleguen a provocar una excesiva humedad, la aplicación del potasio suele ayudar en la compensación del poder absorbente restringido por parte de la raíz de la planta que causa la falta de oxígeno en los suelos. Asimismo, por encontrarse el  $K^+$  con carga positiva (catión) la lixiviación o lavado no va representar elevado problema, en especial cuando el suelo es arcilloso.

### **2.1.2. Fósforo**

El fósforo es un nutriente de muy escasa movilidad en el suelo, por lo que las plantas de pocos meses pueden sufrir deficiencias al disponer de un reducido desarrollo radicular. Por este motivo, las aplicaciones de P producen en general respuestas inmediatas de crecimiento en altura, pero las mismas pueden desaparecer a lo largo de la rotación a medida que la raíz explore más mayor volumen del suelo (Barros et al., 1990).

Ciertas investigaciones demostraron que al aplicarse el nitrógeno mezclado con el fósforo suele provocar frecuentemente que se aumente el crecimiento, pero en otros momentos hay indicios que suele reducirlos. De manera global suelen considerarse a estos dos elementos de mayor importancia para que crezca la especie en estudio (Chávez y Fonseca, 1991).

### **2.1.3. Nitrógeno**

Según Huertas (2005), viene a ser el elemento con mayor importancia otorgada para la agricultura porque es requerido en grandes cantidades, debido a su elevado efecto determinado para el desarrollo de las plantas, por no ser un constituyente natural de los suelos, sino que llega desde la atmósfera. Este elemento en los suelos se caracteriza por su alta movilidad y es transformable, debido a que no se queda fijado y en su ciclo posee dependencia de las acciones por parte de los microorganismos que en paralelo dependen del nivel de materia orgánica.

El nitrógeno afecta de manera favorable en el desarrollo, crecimiento y rendimiento de los cultivos, este elemento logra generar efectos en la tasa de aparición y expansión foliar con la cual se modifica el valor del área foliar y también la intercepción de radiación solar por los cultivos. Cuando se tiene deficiencia severa del nitrógeno, no disminuyen la cantidad final de hojas en las plantas y reducen la tasa de expansión foliar impactando levemente a la tasa de aparición foliar, esto disminuye el valor del índice de área foliar donde la unidad es de  $m^2$  de hojas encontradas en cada  $m^2$  de suelo, llegando al 60%, asimismo se observa la duración del área foliar verde (Uhart, 1995).

La planta logra tolerar rangos excesivos de nitratos en mayor relevancia en comparación a un exceso de amonio. Los niveles del último compuesto tienen la posibilidad de intoxicar a las plantas en el caso de que no sean incorporados en los compuestos carbonados contenida de nitrógeno luego de es absorbido. El amonio tiene la posibilidad de que restrinja la absorción del K debido a la competencia en los lugares de intercambio en las raíces. En el caso de que el amonio sea de forma dominante de nitrógeno disponible para que absorba la planta, una situación de toxicidad pudiera mostrar. La intoxicación por parte de los iones amonio suelen caracterizarse mediante crecimiento restringido de la raíz, siendo descoloridas y dan como resultado un colapso de los tejidos vasculares, suele restringirse en paralelo su capacidad de absorber agua. Como síntomas en las hojas suelen incluirse necrosis y clorosis, epinastia que se caracteriza por una curvatura de la hoja hacia abajo y hay presencia de lesión en el tallo. Altos niveles de amonio llegan a producir síntomas de pudrición observada en la parte apical y también pobre amarre (Ramos, 2005).

#### **2.1.4. Sistema agroforestal**

Se refiere a unas de las formas del uso sustentable de la tierra, caracterizada por la producción combinada de pastos, árboles, cultivos, arbustos y animales que se tienen que encontrar en un mismo terreno, suelen tratar de que se maximice la relación sinérgica y se minimice la relación antagónica entre cada componente con la cual se optimice la producción agropecuaria (CATIE, 2006).

Al sistema agroforestal se definiría mediante un conjunto de componentes agroforestales interdependientes conformados por los árboles en asocio a los cultivos y/o a los animales, suelen representar uno de los tipos comunes de usar la tierra en una determinada región.

Uno de los componentes de los sistemas agroforestales es el estrato arbóreo, en ello, cada árbol en asocio al café suele afectar su función fisiológica, a cada nutriente, la fauna y flora edáfica y los que se encuentra sobre los suelos. El árbol también contribuye con productos como frutas, madera y leña que favorecen en la mejora de la economía familiar que en su mayoría es consumo y otra parte se deriva en las ventas (Beer et al., 1998).

#### **2.1.5. Crecimiento de plantas**

Frecuentemente el crecimiento muestra alta variabilidad de acuerdo a la característica considerada y también la metodología. Encontrando en el caso de la altura promedio de las plantas pueden registrar disminución en situaciones que afrontan un periodo seco muy severo (lo observado en un medio semiárido), o cuando aumentan bajo situaciones muy favorables; lo último indicado, se incrementan las alturas llegan a ocurrir casi

exclusivamente durante el periodo mensual que corresponde a la estación anual de primavera y otoño, llegando a paralizarse en los meses que corresponde al verano (Cortina y Vallejo, 2004).

Para el caso de las especies correspondientes al género *Quercus* (como coscoja, carrasca y encina), y demás especies en donde se considera a *Pistacia lentiscus* (lentisco), se observan frecuentemente que el incremento y decremento absoluto son comparativamente bajos, esto es resultado de que la acción de aumentar y reducir su altura ocurre sobre la última elongación de los tallos que es el extremo del ápice (Suárez et al., 1997). No obstante, cuando hay mucho nivel de estrés hídrico pudiera terminar con la totalidad de las partes aéreas, llegando a producir, en el mejor de los casos, que lleguen a rebrotar las cepas, y también se registrarían valores de disminución esenciales de su altura.

Estas situaciones suelen observarse con mayor frecuencia en medios semiáridos y en las especies como el *Quercus coccifera*. El incremento de la altura durante el primer año en campo definitivo suele ser positivo en el caso de que se muestren supervivencias medio-altas con la cual se evidencia mejor condición meteorológica cuando se establece la plantación.

Para el caso del crecimiento diametral, generalmente se muestra un comportamiento mucho más regular. Sin embargo, suelen ser más abundantes en las publicaciones muchos resultados en donde suelen mostrar la independencia del crecimiento en diámetro durante la etapa de terreno definitivo en relación con el estrés (Villar et al., 2001).

Por lo general, como sugerencia para las especies que presentan variación de la altura de forma negativa o positiva, medir el diámetro basal suele ser uno de los indicadores de mayor fiabilidad con la cual se evalúe el crecimiento de las plantas (Ruano, 2003), sin embargo, se tiene que considerar que el diámetro no llega a considerar aspectos como la pérdida de funcionalidad, transitoria o permanente de los tejidos conductores. Determinar tasas de crecimientos al medir periódicamente el diámetro a nivel del cuello de la raíz, exige a que se identifique de manera precisa el punto a medir, con la cual las mediciones sucesivas no sean afectadas debido a esta indecisión.

El uso del diámetro del tallo o la altura para que se compare el comportamiento de la calidad de las plantas probadas puede llevar a errores debido a la evolución no lineal que registran las variables señaladas (Ruano, 2003).

## **2.1.6. Aspectos generales del *Pinus tecunumanii* (pino)**

### **2.1.6.1. Taxonomía de la especie**

El CATIE (2005) clasifica taxonómicamente a la especie en estudio de la forma:

Reino	: Plantae
División	: Pinophyta
Clase	: Pinopsida
Familia	: PINACEAE
Género	: <i>Pinus</i>
Nombre común	: Pino
Nombre científico	: <i>Pinus tecunumanii</i>
Sinonimia	: <i>P. patula</i> Schiede & Deppe spp, <i>tecunumanii</i> , <i>P. oocarpa</i> var, <i>tecunumanii hajamensis</i> .
Nombres comunes	: Para México y Guatemala es pino ocote, en Honduras se denomina pinabete.

#### 2.1.6.2. Distribución y hábitat

Lamprecht (1990) afirma que esta especie puede alcanzar los 30 m de altura. Se las reconoce fácilmente de otras especies, por sus acículas delgadas y péndulas, sus troncos de color rojizo y sus conos persistentes en las ramas.

*Pinus tecunumanii* se caracteriza por poseer capacidad de adaptarse entre la gradiente altitudinal desde los 440 m s.n.m. hasta los 2800 m s.n.m. Su distribución de *P. tecunumanii* suele parecer que es determinada por precipitación y geología, siendo observados en lugares donde los suelos son moderadamente profundos y fértiles, con valores del pH desde 4,8 hasta 7,0 catalogadas como ligeramente ácido a neutro, con buen drenaje, siendo la cantidad de lluvias entre 790 hasta 2200 mm y el rango de la temperatura desde los 14 °C hasta los 25 °C (CATIE, 2005).

Suele crecer en medios que se caracterizan por presentar lluvias durante todo el año, así como también en lugares que tienen estaciones secas prolongadas que perduran hasta un tiempo de seis meses. Suelen encontrarse muy frecuente en cañones de los ríos o valles fértiles, suelen formar rodales puros pequeños o se encuentran mezcladas con la especie de *Pinus oocarpa*; en lugares donde la gradiente altitudinal es más alta se encuentran fusionadas a bosques de latifoliadas y también *Pinus maximinoi*. En lugares de menor gradiente altitudinal se pueden encontrar mezcladas a la especie *Pinus caribaea* (CATIE, 2005).

#### 2.1.6.3. Plantación

Se usan distanciamientos de 3 x 3 m en caso de ser plantación pura y el espaciamento es mayor para establecer mediante sistema de árbol con cultivo. Previo a la plantación propiamente dicha, se recomienda que se apliquen fertilizantes bajo la formulación completa concerniente a un nivel elevado en el elemento fósforo (10 – 30 – 10, 12

– 24 – 12), donde la dosificación utilizada será entre 50 a 75 g por cada plantón, que se aplicaría en el fondo de los hoyos. Similar a otras especies de pinos, la especie en estudio suele pasar por un periodo de establecimiento en la cual se observa que su crecimiento es lento, razón por ello que su control de la maleza viene a ser una acción primordial en los años iniciales (CATIE, 2005).

#### **2.1.6.4. Características de la madera**

La madera que se obtiene de esta especie posee coloración castaño amarillento pálido, su textura es fina. Posee un grano recto, bajo brillo, con olor característico resinoso fragante y su sabor no es característico. El peso específico suele variar desde 0,51 hasta 0,56 calificada como una madera moderadamente pesada, se preserva fácilmente, su trabajabilidad es moderada y resiste moderadamente al ataque del hongo que genera la pudrición.

Su madera es muy versátil y es usada en construcciones pesadas, construcciones de interiores (marco de ventana y puerta), contrachapados, postes tratados, artesanías, muebles y artículos torneados. Además, en menor proporción lo usan como leña.

Como especie exótica, se realizaron plantaciones con fines de producción de madera, pulpa para papel y postes (CATIE, 2005).

## **2.2. Estado del arte**

La relación de la altura con el diámetro de la planta es afectada por la calidad que presenta el sitio donde se establece la plantación y también densidad de establecimiento, razón por la cual en el caso de las curvas de alturas provenientes de plantaciones jóvenes en lugares buenos en general poseen la pendiente más pronunciada, a una edad mayor y en sitio malo, la curva posee pendiente más aplanada (Prodan et al., 1997).

Para Barrio et al. (2004) la curva de alturas varía con la edad, la calidad de la estación y la selvicultura del rodal.

En experiencias de plantaciones, se tiene que, en la década de los 90 un elevado porcentaje de plantaciones establecidas de *Pinus radiata* que lograron recibir fertilizaciones completas con P, N, B y K mostraron respuestas de crecimiento variables en sitios distintos. Se observó a seis meses que un 20% del índice de volumen ( $d^2 \cdot h$ ) fertilizadas en dosis de 100 g de nitrógeno y 50 g de potasio en un suelo metamórfico de la Cordillera de la Costa llegaron a mostrar nula expresión en los tres años de desarrollo de las plantas (Rubilar, 1998).

Investigaciones que no fueron publicados por parte de Toro llegaron a mostrar respuestas durante el primer año con un 13% hasta los 43% en el índice de volumen para un suelo granítico y entre los 11% hasta 23% en el caso de un suelo de ceniza volcánica reciente

(Trumao) con la formulación de 80-100 g de nitrógeno, 50-100 g de fósforo y 25 g de boro aplicados a cada planta. Reportes llevados a cabo por Alvarez et al. (1999) para diversos tipos de suelos, demuestran buena respuesta (con mayor de 10% del índice de volúmenes) al dosificarlas con 100-200 kg de  $P_2O_5$  por cada hectárea en un suelo deficiente.

Respecto al nitrógeno, hay escasa evidencia sobre respuesta a los fertilizantes nitrogenados cuando se establece *P. tecunumanii* (Alvarez, citado por Rubilar et al., 2008; Rubilar, 2005), pero, comúnmente se observa mayores crecimientos y homogéneos en los individuos cuando poseen un año de establecido bajo condiciones de suelo erosionado dentro de la primera rotación.

Alvarez et al. (1999) reporta que en un suelo Andisol obtuvieron como respuesta un 20% a las fertilizaciones donde aplicaron en el primer año 20 g de nitrógeno/planta y también para el segundo año de la plantación, y respuestas de 160% cuando se utiliza 200 g de fósforo/planta durante los 12 primeros meses. Resultados diferenciados de 10% a 40% a la fertilización al establecerlos de dos familias genéticas de *P. tecunumanii*, a una edad de tres años de edad desde su establecimiento fueron publicadas por Toro et al. (1998).

Lupi et al. (2002) realizaron un estudio donde evaluaron el crecimiento de *P. tecunumanii*, posterior al uso de diferentes dosificaciones del P y N en el establecimiento, aplicando mezclas de 0, 22,5 y 45 g N con 0, 40 y 80 g  $P_2O_5$  por plantas. Posterior a cinco meses, la dosis de N aumentó el crecimiento del diámetro a nivel del cuello (DAC), pero el P aumentó el crecimiento del DAC, la altura y el índice de productividad. Utilizar de manera conjunta el N con el P llegan a producir un efecto relativo. Mayor crecimiento se observó al agregar 22,5 g N mezclado con 80 g  $P_2O_5$  (T<sub>7</sub>), seguido de 22,5 g N en mezcla a 40 g de  $P_2O_5$  (T<sub>6</sub>). En T<sub>7</sub> se muestran plantas con 40% de aumentos para el DAC y 27% para la altura al compararlas con el testigo y el T<sub>6</sub> en 24% y 12% respectivamente. Hubo un 13% de incremento cuando se elevaba la dosis de P desde 40 hasta los 80 g de  $P_2O_5$  combinados a 22,5 g de N.

Ibañez et al. (2004) evaluaron la respuesta del crecimiento de *Pinus taeda* con dos años de establecido, bajo varias formas de roturación del suelo y dosis de fósforo. Utilizaron un diseño de parcelas divididas, donde el tratamiento fue el uso de rastra, subsolados a 50 y 80 cm de profundidad más rastra, en combinación a 0 y 120 g por planta de superfosfato triple (0-46-0). En el sector de primera rotación se obtuvo mayor crecimiento con subsolado a 50 y 80 cm, mostrando diferencia significativa respecto al suelo preparado solamente con rastra. En el caso del área de segunda rotación no registró diferencia significativa respecto a los métodos de roturación de los suelos. Para los experimentos planteados, usar el fósforo presentó efecto positivo y significativo respecto a la variable crecimiento.

Alvarez et al. (1999) desarrollaron un modelo matemático que permitió que se establezcan prescripciones de fertilización para las plantas en la empresa Forestal Mininco S. A. considerando diferentes condiciones edáficas y climáticas de sus parcelas. La forma del modelo estuvo representada por: Dosis de fertilizante = (Demanda de nutrientes por planta - suministro de nutrientes a los suelos)/Nivel de eficiencia de la fertilización.

Se realizó diversos estudios donde se establecieron parámetros del modelo y experimentos de las dosis del fertilizante para que se valide el experimento, en cuatro unidades experimentales en los ecosistemas: precordillera andina, valle central seco norte y sur y seco costero. El programa de investigación dispone de una información preliminar sobre los parámetros de demanda, suministro y eficiencia de la fertilización durante los primeros 24 meses de crecimiento de los arbolitos.

Además, en el área de precordillera respuestas óptimas de fertilización nitrogenada fue lograda al refertilizar con 20 g N/planta, generando un incremento del 20% respecto al índice de biomasa ( $D2 \cdot H$ ); la dosis óptima de P es 200 g  $P_2O_5$ /planta incrementando un 160% el índice de biomasa. El K no registró respuesta alguna. Fertilizar con boro generó incrementos del 10 % al dosificar con 20 g BNC/planta no registrando diferencias estadísticas significativas (Alvarez et al., 1999).

Son dos factores los limitantes del crecimiento del árbol: Su genética y el medio donde crece. El primer factor se mejora por estudios de procedencias, desarrollando cepas criollas y realizando la selección de los árboles, mientras que respecto a la calidad medioambiental se consideran al clima como la precipitación, temperatura y las propiedades edáficas (Herrera, 2003).

Los profesionales dedicados a las plantaciones forestales tienen la posibilidad de hacer muy poco en realizar modificaciones del factor climático, es por esto que, sus esfuerzos se enfocan principalmente en incrementar la productividad de las plantaciones vinculándolos con el control o manejo de los elementos nutricionales. La disponibilidad de nutrientes tiene la posibilidad de que se modifique de manera directa por acciones como la fertilización, o también, de manera indirecta a través de un extenso listado de labores forestales (Binkley, 1993).

Cerca de la totalidad de los nutrientes aplicados en la fertilización nunca se incorporan al árbol. Para el caso de una variedad de pino, se reportó que la recuperación del fertilizante de nitrógeno y fósforo fluctuaba del 5% y 25%. En ciertos casos, se vieron gran cantidad de fertilizantes utilizados no fueron recuperados de los depósitos del ecosistema, debido a esto se dedujo que se había perdido de éste. Uno de los casos es la fertilización en *Pinus tadea* (pino de incienso) con tres o cuatro años de edad registró alrededor de 10% del nitrógeno

que se aplicó pudo encontrarse en los arbolitos luego de dos años, mientras que en el caso de las herbáceas que crecían alrededor de ellos llegaron a contener alrededor del 5% a 15% de dicho elemento (Herrera, 2003).

Chacón (1994) recomendó que se fertilicen a las coníferas jóvenes empleando como dosis a: N entre 60 a 100 kg/ha,  $P_2O_5$  desde 100 a 160 kg/ha,  $K_2O$  entre 100 a 150 kg/ha, y en el caso de las plantas coníferas con edad adulta se tiene que dosificar con: N entre 100 a 200 kg/ha,  $P_2O_5$  entre 100 a 160 kg/ha y  $K_2O$  desde 100 a 150 kg/ha.

En la provincia del Carchi (Chile), Aguirre (1993) ejecutó experimentos sobre la fertilización del *Pinus radiata* con una edad de tres años, en donde aplicó dos niveles de bórax y NPK (10-30-10); reportó como respuesta que esta especie mantuvo igual comportamiento de las plantas con o sin la aplicación del fertilizante.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política y geográfica

El estudio, se ejecutó en el fundo GREKA, parcela particular perteneciente al Sr. Ciro Yohann Yohann que tiene un área aproximada de 7,5 hectáreas. Políticamente se localiza en el distrito Villa Rica de la provincia de Oxapampa en el departamento de Pasco. Este distrito se constituye de zonas conocidas como selva baja y selva alta, su ubicación se enmarca en las coordenadas UTM: 471 100 m Este, 8 810 937 m Norte y una gradiente altitudinal de los 1460 m s.n.m.

##### 3.1.2. Clima

Villa Rica se caracteriza por presentar su clima templado, que es particular de la selva alta, con elevada humedad relativa y semicálido (subtropical muy húmedo). Cuando se encuentra en la estación invernal suele ser eventualmente seco. La cantidad de lluvias en promedio por año oscila cerca de los 1 529 mm, con bolsones pluviales que en ciertas ocasiones van a sobrepasar volúmenes de unos 5 000 mm y en el caso de la temperatura promedio por año es igual a los 17,7 °C. Para el caso de la humedad relativa media para dicho distrito es 89,0%. Al enfocar el aprovechamiento para las actividades forestales y agropecuarias (Rodríguez, 2011). Respecto al periodo de la ejecución de la tesis que comprendió los meses desde abril hasta fines del mes de setiembre del año 2013, la temperatura promedio fue 19,1 °C, en el caso de la humedad relativa fue 85,0% y una precipitación acumulada de 541 mm de acuerdo al reporte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023).

##### 3.1.3. Antecedentes del área

Anteriormente en la parcela a establecer la investigación se encontraba un bosque secundario, seguidamente hace cinco años se estableció plantaciones de rocoto y caigua que ha perdurado por un periodo aproximado de tres años y después se dejó el crecimiento de la vegetación por sucesión hasta después de dos años. En la actualidad se encuentra establecido una plantación de café con seis meses de edad.

#### 3.2. Materiales y equipos

Se utilizó plántones de *P. tecunumanii*, fertilizante Urea (46-0-0) y Superfosfato triple de calcio (0-46-0); como materiales, herramientas y equipos se consideró utilizar la cavadora, el formato para la evaluación, la balanza gramera, el vernier mecánico, la wincha de 5 m, la brújula y el sistema de Posicionamiento Global.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Ubicación de la parcela**

La parcela experimental se estableció en una plantación de *Coffea arabica* (café) comprendida entre variedades de Catimor y Castilla que presentaban seis meses de establecido y alcanzaban un área de 0,8 hectáreas; las plantas estaban establecidos bajo el método a campo abierto y en curvas a nivel con distanciamientos entre plantas de 1 m y 2 m de distancia entre los espacios de las hileras.

#### **3.3.2. Origen de los plántones de *P. tecunumanii***

La obtención de los plántones de *P. tecunumanii* se realizó de las instalaciones del vivero agroforestal “INGA”, ubicado en la ciudad de Villa Rica, cuyo propietario: el Sr. Jhony Inga tiene amplia experiencia en la preparación de viveros de pino y cultivos agrícolas como el café.

Para el establecimiento de las subunidades experimentales (plántones de *P. tecunumanii*) perteneciente a la investigación, se ha tenido que considerar los siguientes criterios técnicos:

#### **3.3.3. Instalación y método de plantación**

La instalación de los bloques de estudio fue vertical: iniciando la repartición de los plántones de *P. tecunumanii* (54 subunidades experimentales por bloque) desde la parte más elevada de la parcela (bloque I), siguiendo correlativamente de forma vertical hacia la parte más baja de la parcela (bloque II y bloque III) (ver Figura 4).

El método de plantación empleado fue a tresbolillo o también conocido como hexagonal (Fernandez, 1988), que consiste en colocar a las plantas a una disposición en triángulo equilátero admitiendo mayor densidad de plantas evitando que provoque un excesivo sombreado. La dimensión entre subunidades experimentales fue de 8 metros.

#### **3.3.4. Apertura de hoyos**

Los hoyos realizados presentaron dimensiones aproximadas de 15 cm x 15 cm x 15 cm correspondiente al largo, ancho y la profundidad, con la finalidad de remover el suelo que se colocó alrededor del pan de tierra al momento de realizar la plantación.

#### **3.3.5. Plantación propiamente dicha**

Antes que se coloque el plánton dentro del hoyo, se le separó la bolsa rompiendo por la costura de la misma, quedando solamente el plánton con pan de tierra, sin desmoronar su sustrato. Luego se colocó el plánton en el hoyo de manera vertical, se rellenó con tierra en los costados, quedando el cuello del plánton al ras del suelo, fue presionado a los costados eliminando los espacios con aire y quedó de esa manera establecido el plánton.

### 3.3.6. Mantenimiento de la parcela experimental

El mantenimiento ha involucrado actividades como la prevención y control de malezas que proliferaban alrededor de cada planta establecida, en un radio de 1,0 m por cada planta. Esta labor se efectuó mensualmente, es decir seis veces en el periodo de ejecución del estudio, con la finalidad de asignarle condiciones adecuadas y garantizar el éxito de la plantación. Para garantizar un mejor desarrollo en los plántones establecidos se le aplicó el abonamiento (tratamientos) pasado los 30 días de establecido.

### 3.4. Diseño experimental

La investigación se desarrolló en la parcela experimental mediante el Diseño de Bloque Completo al Azar (Padron, 1996) cuyas características fueron:

Nº de plantas (subunidades experimentales)	= 162
Nº unidades experimentales	= 27
Nº tratamientos	= 9
Nº de bloques	= 3

### 3.5. Criterios de la investigación

#### 3.5.1. Tratamientos considerados en la investigación

En estudios anteriores, la cantidad de nitrógeno que había tenido influencia fue de 22,5 g/planta, y por ese motivo se le consideró la dosis de N entre 22,5 y 45,0 g/planta.

En lo que respecta a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se utilizó las dosis que obtuvieron mejores resultados según estudios anteriores, y estas fueron de 40 y 80 g/planta respectivamente.

Para realizar las aplicaciones se realizó un muestreo inicial del suelo para su respectivo análisis, seguidamente se realizó la formulación considerando las dosis con los fertilizantes urea (46 – 0 – 0) y superfosfato triple de calcio (0 – 46 – 0).

**Tabla 1.** Tratamientos considerados en la investigación.

Tratamientos	Urea* (kg/planta)	SFT* (kg/planta)	N (kg/planta)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/planta)
Tratamiento 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Tratamiento 2	0,05	0,00	0,0225	0,00
Tratamiento 3	0,10	0,00	0,045	0,00
Tratamiento 4	0,00	0,087	0,00	0,04
Tratamiento 5	0,00	0,174	0,00	0,08
Tratamiento 6	0,05	0,087	0,0225	0,04
Tratamiento 7	0,05	0,174	0,0225	0,08
Tratamiento 8	0,10	0,087	0,045	0,04
Tratamiento 9	0,10	0,174	0,045	0,08

\*Urea (46-0-0) y superfosfato triple de calcio (0-46-0).

### 3.5.2. Modelo aditivo lineal

Para analizar los efectos sobre las variables en estudio, se ha tenido que considerar la ecuación  $Y_{ij}$ , que estuvo influenciado por el promedio general de crecimiento, el efecto del fertilizante aplicado, el efecto de los bloques elaborados y el error del experimento.

La ecuación que se ha considerado presentó la forma de:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Para:

$i = 1,2,3, \dots, t$       tratamientos  
 $j = 1,2, \dots, r$       Bloques

$Y_{ij}$  = Es la variable dependiente o de respuesta, que corresponde a la unidad experimental perteneciente al  $j$ -ésimo bloque en donde se aplicó el  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = Media poblacional.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Efectos aleatorio, Error experimental

### 3.5.3. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza en base a Padron (1996).

**Tabla 2.** Esquema del análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	FC
Bloques	(r-1)	SCbloq	CMbloq	$\frac{CMbloque}{CMe}$
Tratamiento	(t-1)	SCtrat	CMtrat	$\frac{CMtrat}{CMe}$
Error experimental	(r-1)(t-1)	SCe	CMe	
Total	tr-1	SCtotal		

### 3.6. Variables del estudio

Se registraron cuatro (04) evaluaciones, la primera en el día de la aplicación de los tratamientos (abril del 2013), la segunda pasado los dos meses de la aplicación del fertilizante (junio del 2013), luego a los cuatro meses (agosto 2023) y la final a los seis meses posteriores a la fertilización (octubre del 2013); y las variables registradas fueron las siguientes:

### 3.6.1. Variable dependiente

- Diámetro al nivel del cuello de la planta (cm), para determinar esta variable se utilizó un vernier mecánico y se consideró la orientación este a oeste para ubicar la dirección del vernier con la finalidad de no errar las evaluaciones posteriores.
- Altura total de la planta (cm), se consideró la evaluación desde la base de la planta hasta la parte de la yema apical.
- Razón altura/ diámetro, se obtuvo al utilizar las variables altura de planta sobre el diámetro de la planta, considerando la fórmula mencionada por Smurfit Kappa (2008).

$$Eb = H/d$$

Donde:

Eb : Esbeltez

H : Altura de planta

d : Diámetro del cuello de la planta

### 3.6.2. Variable independiente

- Tipo de fertilizante, comprendido entre la urea (46 – 0 – 0) y el superfosfato triple de calcio (0 – 46 – 0).
- Dosis de fertilizante, considerando al nitrógeno (N) con dosis de 0 g, 22,5 g y 45 g por planta; en lo que respecta a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se utilizó las dosis de 0 g, 40 g y 80 g.

### 3.7. Análisis de datos y elaboración del informe

Con la finalidad de determinar los efectos de los tratamientos aplicados sobre las variables en estudio, se utilizó la herramienta de análisis estadístico denominado Análisis de varianza (ANVA o ANOVA), considerando como fuente de variación a los bloques y tratamientos. Para determinar la comparación entre las variables altura total, diámetro a nivel del cuello y la razón altura/diámetro, se realizaron la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de confianza del 95%.

Además, se calculó el coeficiente de variación permitió comparar la variabilidad de los resultados, el que se determinó con fórmula considerada por Calzada (1983):

$$CV \% = \frac{S}{X} * 100$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

CV : Coeficiente de variación

S : Desviación estándar

X : Promedio poblacional

**Tabla 3.** Rangos para el coeficiente de variación.

Rangos porcentuales	Dispersión de datos o variable respuesta
0,0 hasta 10,0	Excelente homogeneidad
Mayor a 10,0 hasta 15,0	Muy buena homogeneidad
Mayor a 15,0 hasta 20,0	Buena homogeneidad
Mayor a 20,0 hasta 25,0	Regular homogeneidad
Mayor a 25,0 hasta 30,0	Resultados variables
Mayor a 30,0	Resultados muy variables

Fuente: Valores adaptado a Calzada (1983).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de diámetro del fuste de *P. tecunumanii* en campo definitivo

No se ha registrado diferencias estadísticas significativas entre los bloques establecidos, ni efectos de los tratamientos sobre el diámetro del fuste de *P. tecunumanii* (Tabla 4). Los datos registrados fueron de excelente homogeneidad (CV <10%) posterior al establecimiento, debido a que los plantones presentaron la misma edad y los sustratos para la producción en fase de vivero fueron los mismos; posteriormente se ha registrado una pequeña variación de los datos clasificándolos en el rango de muy buena homogeneidad de dispersión de los datos (CV entre 10% hasta 15%).

**Tabla 4.** ANVA resumido sobre el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii*.

FV	GL	CM	Sig.0	CM	Sig.60	CM	Sig.120	CM	Sig.180
Bloque	2	0,0001	0,335 <sup>ns</sup>	0,0048	0,312 <sup>ns</sup>	0,0018	0,897 <sup>ns</sup>	0,0030	0,897 <sup>ns</sup>
Trat.	8	0,00004	0,847 <sup>ns</sup>	0,0021	0,804 <sup>ns</sup>	0,0084	0,821 <sup>ns</sup>	0,0143	0,821 <sup>ns</sup>
E. E.	16	0,0001		0,0038		0,0161		0,0273	
Total	26								

ns: no presentan diferencias estadísticas significativas. CV = 3,09%, 10,34%, 10,74% y 10,74%.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

La ausencia de efectos sobre las plantas de *P. tecunumanii* en el presente experimento pudo atribuirse entre otros factores a la presencia de abundante precipitación en los meses de abril y mayo con valores acumulados de 123,90 mm y 147,30 mm respectivamente (SENAMHI, 2023), esta elevada cantidad de agua añadida al suelo que se encontraba saturado por las precipitaciones que ocurrieron en los meses anteriores a la fertilización hicieron que se pierda la concentración nutricional del producto mediante la lixiviación y también debido a que las plantas presentaban pequeñas dimensiones del sistema radicular no fueron muy eficientes en aprovechar a los fertilizantes aplicados.

Los plantones utilizados presentaron diámetros entre 0,27 cm y 0,28 cm en promedio y a los seis meses posteriores al establecimiento registraron valores promedios desde 1,43 cm en plantas que recibieron 22,5 g N y 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>7</sub>) hasta 1,65 cm en los plantones que fueron fertilizadas con 22,5 g N y 40 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>6</sub>), sin registrar diferencias estadísticas (Tabla 5).

**Tabla 5.** Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii*.

Trat.	Diámetro (cm) <sub>0</sub>	Diámetro (cm) <sub>60</sub>	Diámetro (cm) <sub>120</sub>	Diámetro (cm) <sub>180</sub>
1	0,28 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>
2	0,28 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	1,53 <sup>a</sup>
3	0,27 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>
4	0,27 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>
5	0,28 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>
6	0,27 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>
7	0,28 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>
8	0,28 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>
9	0,28 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>

Letras diferentes señalan significancia estadística.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

El comportamiento del crecimiento concerniente a la variable diámetro del fuste fue muy notorio en el tiempo, pero sin mostrar mucha variación entre cada tratamiento (Figura 1).

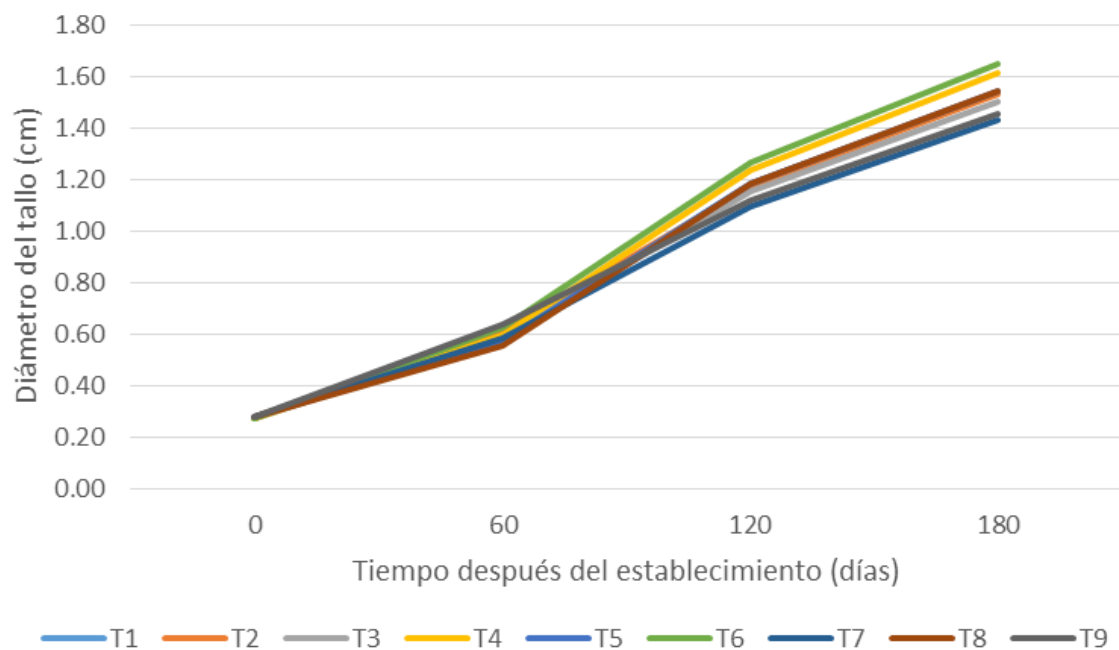


Figura 1. Comportamiento del diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii*.

No se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados a las plantas de *P. tecunumanii*, posiblemente a que en la temporada de aplicación que se realizó en

el mes de mayo se registraban periodos de lluvia en donde el acumulado mensual fue de 147,30 mm (SENAMHI, 2023) y el suelo se encontraba saturado de humedad, ya que de acuerdo a Ventimiglia y Carta (2005) señalan que es muy interesante tener en consideración la época de fertilización, ya que destacan que la acción dañina de los fertilizantes en el suelo depende de muchas causas, tales como: humedad del suelo, dosis aplicada, ubicación del fertilizante respecto a la semilla, pH del suelo, tipo de sembradora empleada, etc. Estos son, entre otros, los factores por los cuales no se obtuvieron resultados positivos en la investigación.

Diversos autores indican la relación de la humedad sobre los efectos de la fertilización, pero en el caso del estudio se le atribuye a la excesiva humedad por el periodo del año, resultados diferentes con humedad controlada reportan García et al. (s.d.) al indicar que a pesar de que la aplicación de riego no es rutinaria en algunos cultivos agrícolas, diversos autores han demostrado recientemente la elevada importancia de aplicarlo en etapas claves y sensibles del cultivo. Así De Latorre-Herrera (2003) en Chile elevó rendimientos cuando combinaron la fertilización nitrogenada con riego por goteo. Geerts (2008) mostraron que, la aplicación de diferentes dosis de N, hasta 10 tn/ha, no produjo ninguna diferencia en el rendimiento cuando el cultivo se desarrolló principalmente a secano (solo riego a la siembra), corroborando la interacción humedad y fertilización señalada por Zuazo (2013).

Los plantones de *P. tecunumanii* utilizados presentaron diámetros entre 0.27 cm y 0,28 cm en promedio y a los seis meses posteriores al establecimiento registraron valores promedios desde 1,43 cm en plantas que recibieron 22,5 g N y 80 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>7</sub>) hasta 1.65 cm en los plantones que fueron fertilizadas con 22,5 g N y 40 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>6</sub>), sin registrar diferencias estadísticas, resultados que difieren a lo mencionado por Lupi et al. (2002) en la misma especie aplicaron N y P al momento de la plantación, encontraron que a los 5 meses las dosis de N aumentaron el crecimiento en diámetro a nivel del cuello (DAC), mientras que las de P aumentaron el crecimiento en DAC y altura.

Autores como Alvarez et al. (1999) señalan que una refertilización de 20 g N/planta de *P. tecunumanii*, incrementa las variables dasométricas de la planta, la cual no fue muy notorio en la investigación debido al periodo de fertilización, concordando lo mencionado por Herrera (2003), quien indica que casi todos los nutrientes que se aplican durante la fertilización nunca se incorporan a los árboles. En el caso de una variedad de pino, se ha reportado que la recuperación de los fertilizantes de nitrógeno y fósforo fluctúa entre el 5 y el 25%. En algunos casos, se ha visto que una gran cantidad de fertilizante utilizado no se recuperó de los depósitos del ecosistema, por lo que se dedujo que se perdió de éste.

#### 4.2. Efecto del nitrógeno y fósforo en el crecimiento de la altura total de *P. tecunumanii* en campo definitivo

No se ha registrado diferencias estadísticas significativas entre los bloques establecidos hasta un periodo de 120 días posteriores al establecimiento, en adelante, a los 180 días se ha determinado efecto significativo de los bloques la cual se le atribuye al efecto de las características del terreno.

En caso de los tratamientos concernientes en dosis de elementos como el nitrógeno y fósforo que fueron aplicados al mes de establecido, no se registró diferencias estadísticas significativas sobre la variable altura total de las plantas establecidas de *P. tecunumanii* (Tabla 6).

Los datos registrados fueron de excelente homogeneidad (CV <10%) hasta los dos meses de establecido, debido a que los plantones no fueron influenciados de manera significativa por los tratamientos aplicados; posteriormente se ha registrado una pequeña variación de los datos clasificándolos en el rango de muy buena homogeneidad de dispersión de los datos (CV entre 10% hasta 15%).

**Tabla 6.** ANVA resumido sobre la altura total en plantas de *P. tecunumanii*.

FV	GL	CM	Sig. <sub>0</sub>	CM	Sig. <sub>60</sub>	CM	Sig. <sub>120</sub>	CM	Sig. <sub>180</sub>
Bloque	2	0,198	0,004 <sup>ns</sup>	9,24	0,597 <sup>ns</sup>	28,28	0,730 <sup>ns</sup>	18821,72	<0,001*
Trat.	8	0,049	0,124 <sup>ns</sup>	16,57	0,502 <sup>ns</sup>	100,61	0,389 <sup>ns</sup>	1289,97	0,237 <sup>ns</sup>
E. E.	16	0,025		17,35		88,08		866,64	
Total	26								

ns: no presentan diferencias estadísticas significativas, \*: presenta diferencias estadísticas significativas. CV = 0,54%, 9,18%, 11,67% y 14,48%.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

La variable altura total presentó ligera variación en los promedios, inició desde los 29 cm y alcanzó a los seis meses posteriores al establecimiento valores entre 174,56 cm en las plantas que recibieron 45 g de nitrógeno (T<sub>3</sub>) hasta 233,17 cm en las plantas de *P. tecunumanii* fertilizadas con 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>4</sub>) que abasteció el fertilizante superfosfato triple de calcio utilizado en dosis de 87 g por planta. Las plantas de *P. tecunumanii* que no recibieron fertilizante alguna, alcanzaron un promedio de 180,17 cm a los seis meses posteriores al establecimiento, no presentando diferencias estadísticas significativas con las plantas fertilizadas (Tabla 7).

**Tabla 7.** Prueba Duncan para la altura total en plantas de *P. tecunumanii*.

Tratamiento	Altura (cm) <sub>0</sub>	Altura (cm) <sub>60</sub>	Altura (cm) <sub>120</sub>	Altura (cm) <sub>180</sub>
1	29,33 <sup>a</sup>	45,72 <sup>ab</sup>	79,11 <sup>ab</sup>	180,17 <sup>ab</sup>
2	29,33 <sup>a</sup>	45,50 <sup>ab</sup>	79,67 <sup>ab</sup>	182,00 <sup>ab</sup>
3	29,00 <sup>b</sup>	42,94 <sup>ab</sup>	70,34 <sup>b</sup>	174,56 <sup>b</sup>
4	29,00 <sup>b</sup>	49,39 <sup>a</sup>	91,11 <sup>a</sup>	233,17 <sup>a</sup>
5	29,28 <sup>ab</sup>	45,39 <sup>ab</sup>	85,44 <sup>ab</sup>	223,28 <sup>ab</sup>
6	29,22 <sup>ab</sup>	46,72 <sup>ab</sup>	83,44 <sup>ab</sup>	220,83 <sup>ab</sup>
7	29,22 <sup>ab</sup>	41,06 <sup>b</sup>	77,22 <sup>ab</sup>	202,50 <sup>ab</sup>
8	29,28 <sup>ab</sup>	45,22 <sup>ab</sup>	78,50 <sup>ab</sup>	207,78 <sup>ab</sup>
9	29,17 <sup>ab</sup>	46,61 <sup>ab</sup>	79,08 <sup>ab</sup>	205,67 <sup>ab</sup>

Letras diferentes señalan significancia estadística.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

El comportamiento del crecimiento concerniente a la variable altura total de la planta fue menos notable hasta los cuatro meses posteriores al establecimiento, en adelante se registró mayor crecimiento hasta los 180 días posteriores a lo establecido; además, la variación de los valores promedios es más notorio mientras mayor tiempo transcurre, la cual puede ser efecto de los nutrientes y otras propiedades que contiene el suelo (Figura 2).

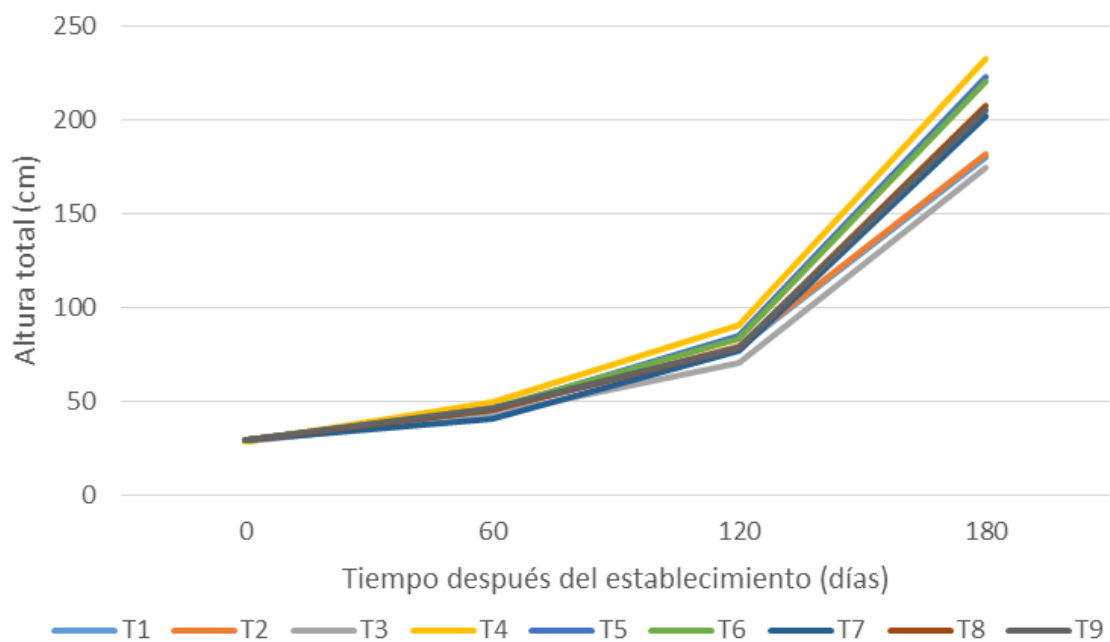


Figura 2. Comportamiento de la altura total en plantas de *P. tecunumanii*.

La variable altura total inició desde los 29 cm y a los seis meses posteriores al establecimiento alcanzó valores entre 174,56 cm en las plantas que recibieron 45 g de nitrógeno (T<sub>3</sub>) hasta 233,17 cm en las plantas de *P. tecunumanii* fertilizadas con 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>4</sub>) que abasteció el fertilizante superfosfato triple de calcio utilizado en dosis de 87 g por planta; las plantas que no fueron fertilizadas, alcanzaron un valor promedio de 180,17 cm, no presentando diferencias estadística, resultados que difieren a lo encontrado por Alvarez et al. (1999), que en suelos Andisoles encontró respuestas de 20% a la fertilización con 20 g de N por planta al primer y segundo año de la plantación, y de 160% a 200 g de P por planta al primer año. Respuestas diferenciadas de 10 a 40% a la fertilización al establecimiento de dos familias genéticas de *P. tecunumanii*, a los tres años de crecimiento, han sido reportadas por Toro et al. (1998).

Los resultados de la variable altura total no registraron diferencias estadísticas debido a que la humedad del suelo influyó en dichos efectos, esto es citado por Ventimiglia y Carta (2005), quienes señalan que al fertilizar es muy interesante tener en consideración la época, ya que destacan que la acción nociva de los fertilizantes en el suelo depende de muchas causas, tales como: humedad del suelo, dosis aplicada, ubicación del fertilizante respecto a la semilla, pH del suelo, tipo de sembradora empleada, etc. Estos son, entre otros, los factores por los cuales se obtienen en este aspecto resultados tan variables.

Debido a que la temporada de precipitación había saturado el suelo, los fertilizantes inorgánicos se perdieron por lixiviación, y esta relación lo recalcan Shaxson y Barber (2005), al indicar que la cantidad de humedad en el suelo depende de cuanta lluvia cae y penetra en el suelo.

La ventaja de fertilizar después del establecimiento favorece el crecimiento, pero en la investigación no se encontró diferencias estadísticas por utilizar fertilización inorgánica; los efectos encontrados no concuerdan con Rubilar et al. (2008) que indica sobre el uso de fertilizantes al establecimiento de plantaciones manejadas intensivamente con un adecuado control de malezas, es una herramienta clave para el aumento de la productividad forestal de especies de rápido crecimiento.

Es muy importante tener en consideración las condiciones ambientales y del suelo antes de la fertilización, INTA PROFOME (1995) señalan que, si el fertilizante no es incorporado al suelo, las pérdidas por volatilización y escurrimiento superficial pueden ser importantes. Puede mejorarse el aprovechamiento del fertilizante si el mismo se incorpora en dos aplicaciones, o sea dos dosis de 50 + 50 g/planta de fosfato diamónico, separadas dos meses. Sobre la temporada de aplicación Dalla Tea (1995) añade que es conveniente aplicar el producto

cuando la planta está en activo crecimiento y en consecuencia, las raíces están en condiciones de absorber el mismo. La aplicación debe efectuarse con la tierra húmeda, si es posible después de una lluvia. Se recomienda la aplicación en primavera-verano acompañando la plantación de esta época. En plantaciones de otoño, conviene efectuar la fertilización en la primavera siguiente.

En el caso de N, existen pocas evidencias de respuestas a la fertilización nitrogenada al establecimiento de *P. tecunumanii* (Alvarez, citado por Rubilar et al., 2008; Rubilar, 2005), sin embargo, es común observar un mayor crecimiento y homogeneidad de la plantación al primer año de crecimiento en suelos erosionados de primera rotación.

#### 4.3. Efecto del nitrógeno y fósforo en la relación altura/ diámetro de *P. tecunumanii* en campo definitivo

En el análisis de varianza, no se ha registrado diferencias estadísticas significativas entre los bloques establecidos hasta la tercera evaluación registrada a los 120 días posteriores al establecimiento, mientras que, a los 180 días de establecido, los bloques presentaron influencia estadística significativa sobre la razón altura/ diámetro.

En caso de los tratamientos considerados en base al nitrógeno y fósforo como fertilización inicial para la plantación de *P. tecunumanii*, no se ha determinado influencia sobre la razón altura tota/ diámetro de fuste, traduciéndose en que no hubo diferencias estadísticas significativas a un 95% de análisis (Tabla 8).

Los datos registrados fueron de excelente homogeneidad (CV <10%) hasta un periodo de 120 días posteriores al establecimiento, la cual ratifica que el comportamiento de esta variable fue muy homogéneo; posteriormente se ha registrado una pequeña variación de los datos clasificándolos en el rango de muy buena homogeneidad de dispersión de los datos (CV entre 10% hasta 15%) en la evaluación registrada a 180 días posteriores de establecido.

**Tabla 8.** ANVA resumido sobre la relación altura/ diámetro en plantas de *P. tecunumanii*.

FV	GL	CM	Sig. <sub>0</sub>	CM	Sig. <sub>60</sub>	CM	Sig. <sub>120</sub>	CM	Sig. <sub>180</sub>
Bloque	2	0,25	0,134 <sup>ns</sup>	0,63	0,065 <sup>ns</sup>	0,21	0,588 <sup>ns</sup>	81,45	<0,001*
Trat.	8	0,03	0,956 <sup>ns</sup>	0,48	0,057 <sup>ns</sup>	0,39	0,457 <sup>ns</sup>	3,78	0,281 <sup>ns</sup>
E. E.	16	0,11		0,19		0,38		2,76	
Total	26								

ns: no presentan diferencias estadísticas significativas, \*: presenta diferencias estadísticas significativas. CV = 3,14%, 5,75%, 9,02% y 12,53%.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

La variable relación altura total/ diámetro de fuste o índice de esbeltez, presentó comportamiento muy variable en el tiempo, inició con valores desde los 10,40 y decreció a los cuatro meses hasta 6,13 en las plantas del T<sub>3</sub> y 7,34 las plantas del T<sub>4</sub>, a partir del cuarto mes se incrementó dicho índice con valores desde 11,63 en el tratamiento T<sub>3</sub> y 14,49 en las plantas sometidas al tratamiento T<sub>4</sub>. Las plantas sin fertilización asistida (T<sub>1</sub>) alcanzaron un promedio de 11,73 de esbeltez, no presentando diferencias estadísticas significativas (Tabla 9).

**Tabla 9.** Prueba Duncan para la relación altura/ diámetro en plantas de *P. tecunumanii*.

Tratamiento	Esbeltez <sub>0</sub>	Esbeltez <sub>60</sub>	Esbeltez <sub>120</sub>	Esbeltez <sub>180</sub>
1	10,62 <sup>a</sup>	7,89 <sup>abc</sup>	6,70 <sup>a</sup>	11,73 <sup>a</sup>
2	10,55 <sup>a</sup>	7,49 <sup>abc</sup>	6,83 <sup>a</sup>	12,25 <sup>a</sup>
3	10,68 <sup>a</sup>	7,35 <sup>bc</sup>	6,13 <sup>a</sup>	11,63 <sup>a</sup>
4	10,64 <sup>a</sup>	8,24 <sup>a</sup>	7,34 <sup>a</sup>	14,49 <sup>a</sup>
5	10,48 <sup>a</sup>	7,89 <sup>abc</sup>	7,15 <sup>a</sup>	14,23 <sup>a</sup>
6	10,69 <sup>a</sup>	7,48 <sup>abc</sup>	6,55 <sup>a</sup>	13,26 <sup>a</sup>
7	10,40 <sup>a</sup>	7,09 <sup>c</sup>	7,03 <sup>a</sup>	14,18 <sup>a</sup>
8	10,46 <sup>a</sup>	8,16 <sup>ab</sup>	6,70 <sup>a</sup>	13,49 <sup>a</sup>
9	10,49 <sup>a</sup>	7,32 <sup>bc</sup>	7,02 <sup>a</sup>	14,10 <sup>a</sup>

Letras diferentes señalan significancia estadística.

0, 60, 120 y 180 representan los días posteriores al establecimiento que se consideró las evaluaciones.

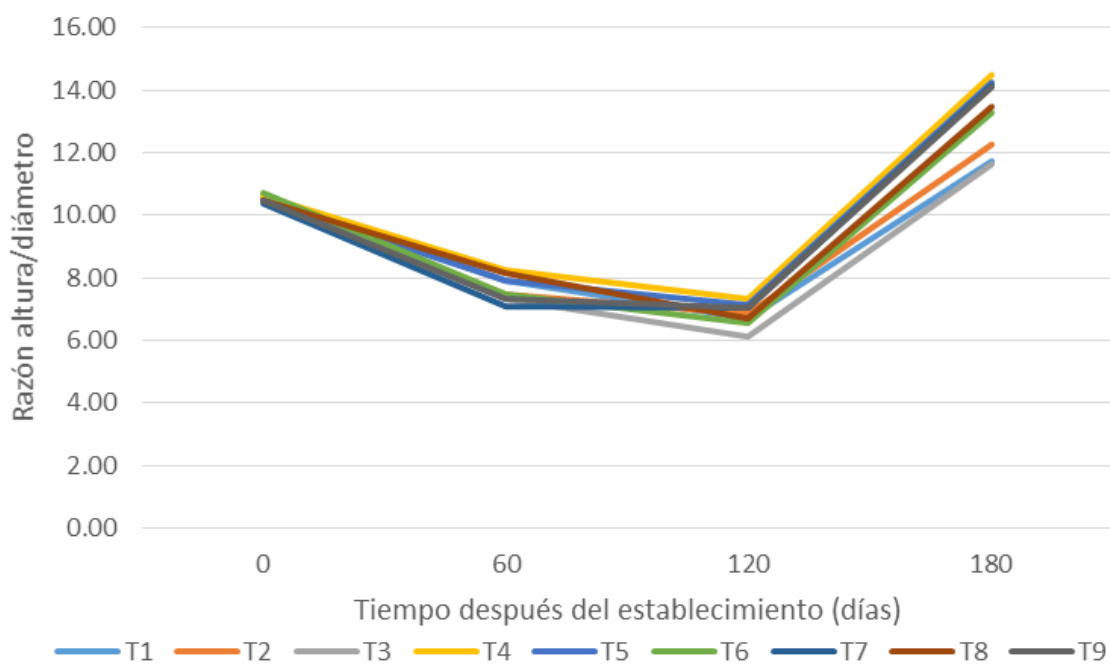


Figura 3. Comportamiento de la relación altura/ diámetro en plantas de *P. tecunumanii*.

El comportamiento del crecimiento concerniente a la relación altura/ diámetro decreció desde el establecimiento hasta los cuatro meses posteriores al establecimiento, en adelante se ha registrado ligero incremento de esta variable en todas las plantas hasta los seis meses posteriores al establecimiento (Figura 3).

Se determinó que la razón altura total/ diámetro de fuste, presentó comportamiento muy variable en el tiempo, inició con valores desde los 10,40 y decreció a los cuatro meses hasta 6,13 en las plantas que recibieron 45 g de N (T<sub>3</sub>) y 7.34 en las plantas que recibieron 40 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (T<sub>4</sub>), a partir de los cuatro meses se ha notado incremento de dicho índice con valores desde 11,63 en el T<sub>3</sub> y 14,49 en el T<sub>4</sub>; no se encontraron diferencias estadísticas significativas, ya que fue afectada dicha variable por el sitio donde se estableció la parcela experimental, específicamente la humedad del suelo (Prodan et al., 1997), esto es corroborado por los reportes del SENAMHI (2023) durante el periodo en estudio, siendo elevada la precipitación en los dos primeros meses de ejecutado la tesis.

A los seis meses posteriores al establecimiento se encontró incremento de la razón altura/ diámetro, la cual indica que las plantas ya se adaptaron al suelo y a los nutrientes de los mismos, esto lo corroboran Prodan et al. (1997) al señalar que las relaciones entre la altura y el diámetro de las plantas son afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal, así por ejemplo la curva de alturas de rodales jóvenes en sitios buenos en general tiene una pendiente más fuerte, con edades mayores y en sitios malos, la pendiente se aplanan.

Se ha registrado variación de la razón altura/ diámetro en las plantas de *P. tecunumanii* durante la investigación, la cual para Barrio et al. (2004) la curva de alturas varía con la edad, la calidad de la estación y la silvicultura del rodal.

De la misma manera Ventimiglia y Carta (2005) señalan que es muy interesante tener en consideración la época de fertilización, ya que destacan que la acción nociva de los fertilizantes en el suelo depende de muchas causas, tales como: humedad del suelo, dosis aplicada, ubicación del fertilizante respecto a la semilla, pH del suelo, tipo de sembradora empleada, etc. Estos son, entre otros, los factores por los cuales se obtienen en este aspecto resultados tan variables.

Barbazán (1998) indica que las condiciones ambientales (humedad del aire y del suelo), así como la temperatura y la intensidad de la luz afectan la concentración de nutrientes y también al nivel crítico, tanto en el momento del muestreo como en la respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes. Esto significa que el análisis de plantas es más susceptible que el análisis de suelos a las variaciones en las condiciones ambientales, lo cual explicaría por qué el análisis de plantas ha tenido más éxito en regiones secas, calurosas y con riego. En dichas

situaciones, las condiciones ambientales son relativamente constantes, y la humedad del suelo es manejada por el hombre.

Para Herrera (2003), son dos factores que limitan el crecimiento de los árboles: La genética del árbol (posiblemente afectó debido a que los plántones procedieron de un vivero más no se supo la procedencia de las semillas) y la calidad del medio ambiente en la cual crece. La calidad del medio ambiente incluye factores climáticos como la temperatura, precipitación y las propiedades del suelo.

## V. CONCLUSIONES

1. No hubo efectos significativos entre las dosis de nitrógeno y fósforo aplicados como fertilización inicial de *P. tecunumanii*, el comportamiento del diámetro inició desde 0,27 cm y 0,28 cm y a los seis meses posteriores al establecimiento registraron valores promedios desde 1,43 cm en plantas del T<sub>7</sub> hasta 1.65 cm en los plantones que fueron fertilizadas con el T<sub>6</sub>.
2. La altura total presentó ligera variación entre tratamientos, iniciando con 29 cm y a los seis meses posteriores al establecimiento se registraron valores que van de 174,56 cm (T<sub>3</sub>) y 233,17 cm (T<sub>4</sub>), no presentando diferencias estadísticas.
3. La razón altura total/ diámetro de fuste, presentó comportamiento muy variable en el tiempo, inició con valores desde los 10,40 y decreció a los cuatro meses hasta 6,13 (T<sub>3</sub>) y 7,34 en el T<sub>4</sub>, a partir de los cuatro meses se ha notado incremento de dicho índice con valores desde 11,63 en el T<sub>3</sub> y 14,49 en el T<sub>4</sub>; además no hubo diferencias estadísticas significativas.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. En investigaciones sobre fertilización inicial de especies forestales, tener en consideración la época del año donde la humedad del suelo no sea elevada.
2. Relacionar la humedad del suelo con dosis de fertilizante en el manejo de plantaciones forestales recién establecidas.
3. Aplicar dos fertilizaciones en *P. tecunumanii* dentro de los primeros seis meses después de lo establecido, con la finalidad de garantizar su efecto.
4. Realizar comparaciones entre la fertilización orgánica e inorgánica con la finalidad de garantizar los efectos en el tiempo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C. (1993). *Resultados de investigaciones silviculturales en el Ecuador*. Proyecto PD 38/91 Rev. 2 (F). ITTO. Programa para un Manejo Forestal Sustentable del Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y de Vida Silvestre (INEFAN). Dirección Nacional de Investigación y Capacitación.
- Alvarez, M. J., Rodriguez, J., y Suarez, D. (1999). Mejoramiento de la productividad de plantaciones de *Pinus tecunumanii* D. Don, a través de un método racional de fertilización. *Revista el Bosque*, 20(1), 23-36.
- Asociación Civil Para La Investigación y Desarrollo Forestal [ADEFOR]. (1998). *Manual técnico de plantaciones forestales*. ADEFOR.
- Barbazán, M. (1998). *Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes*. Universidad de la República.
- Barrio, M., Álvarez, J. G., Díaz, I. J., y López, C. A. (2004). Relación altura diámetro generalizada para *Quercus robur* en Galicia. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.*, 18, 141-146.
- Barros, N. F., Novais, R. F., y Neves, J. C. L. (1990). Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. En Barros, N.F. y Novais, R.F. (eds) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Brasil. *Revista Arvore*, 4, 14-23.
- Beer, J., Muschler, R., Somarriba, E., y Kass, D. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations - a review. *Agroforestry Systems*, 38(1), 139-164.
- Binkley, D. (1993). *Nutrición forestal, prácticas de manejo*. Manuel Guzmán Ortiz.
- Calzada, J. (1983). *Métodos estadísticos para la investigación*. Ed. Jurídica S.A.
- CATIE. (2005). *Árboles de Centroamérica. Descripción de especies: Pinus tecunumanii* Eguiluz & J. P. Perry. OFI-CATIE.
- CATIE. (2006). *Clasificación de sistemas agroforestales. Sistemas, prácticas y tecnologías agroforestales*.
- Chacón, G. (1994). *Apuntes de cátedra de fertilización forestal*. Catedrático de la Universidad Técnica del Norte.
- Chávez E., y Fonseca, W. (1991). *Tectona grandis L.f. especie de árbol de uso múltiple en América Central*. CATIE.
- Cortina, J., y Vallejo, V. R. (2004). *Restoration Ecology*. In The Science of Ecology for a Sustainable World (Bodini, A. y Klotz, S., Eds.) in Encyclopaedia of Life Support Systems (EOLSS).

- Dalla Tea, F. (1995). *Nuevas alternativas de plantación de eucalipto en la zona de Concordia*. X jornadas forestales de Entre Ríos.
- Dalla Tea, F., y Marcó, M.A. (1991). Respuesta del *Eucalyptus grandis* a la aplicación de fertilizantes en suelos arenosos del NE de Entre Ríos. Actas CIEF Jornadas sobre eucaliptos de alta productividad. *Revista Bosque Valdivia*, 18(1), 290-300.
- De Latorre-Herrera, J. (2003). Current use of quinoa in Chile. In: *Food Reviews international*, 19, 1-2.
- Fernandez, R. (1988). *Planificación y diseño de plantaciones frutales*. Universidad de Córdoba. Mundi Prensa.
- García, M., Miranda, R., y Fajardo, H. (s.d.). *Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario para el cultivo de la quinua en el altiplano boliviano*.
- Geerts, S. (2008). *Revisión bibliográfica de los últimos avances en el conocimiento de la quinua (Chenopodium quinoa Wild)*. Proyecto QUINAGUA. Consejo Interuniversitario Flamenco VLIR.
- Herrera, J. B. (2003). *Efecto de la fertilización en las plantaciones de pino Pinus radiata (D. Don) en Lasso – Cotopaxi* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Del Norte].
- Huertas, V. (2005). *Fertilización de suelos*. Caritas Huacho.
- Ibañez, C., Nuñez, P., Pezzutti, R., y Rodríguez, F. (2004). Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda*, en suelos rojos del Noreste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Revista Bosque Valdivia*, 25(2), 69-76.
- Inta Profome. (1995). *PROFOME: Ensayos de experimentación adaptativa e investigación 1992 – 1994*. Informe actividades 1994. INTA Centros Regionales Misiones, Corrientes y Entre Ríos.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos; Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Trad. Por Antonio Carrillo. Ed. Deutsche Gesellschaft fur Technise Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Lazcano, I. (s.d.). *La importancia de una buena fertilización potásica durante periodos de alteración climatológica como “el niño”*.
- Lupi, A. M., Pathauer, P., Robbiani, S., Ferrere, P., López, G., Garau, A. M., y Guarnaschelli, A. B. (2002). *Fertilización inicial en plantaciones de Pinus tecunumanii D. Don. en el sudeste de la provincia de Buenos Aires*.

- Mollinedo, M. S. (2003). *Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (Tectona grandis L. f.), en la zona Oeste, Cuenca del canal de Panamá* [Tesis de Posgrado, CATIE].
- Morales, J. (2000). *Pino de California, pino de Monterrey, pino insigne; Pinus tecunumanii D. Don.*
- Padron, E. (1996). *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería*. Ed. Trillas.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. (1997). *Mensura forestal*. IICA-GTZ.
- Ramos, F. (2005). *Nutrición vegetal. Fertilización de los cultivos: Estimación del requerimiento de fertilizantes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Rodriguez, A. G. (2011). *Plan de desarrollo ambiental ganadero en el distrito de Villa Rica, Región Pasco, Perú.*
- Ruano, J. R. (2003). *Viveros forestales*. Mundi Prensa S.A.
- Rubilar, R. (1998). *Control de malezas y fertilización de plantaciones de Pinus tecunumanii D. Don establecidas en suelos metamórficos del predio Quivolgo II, Constitución, VII Región* [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile].
- Rubilar, R. A. (2005). *Environmental constraints on growth phenology, leaf area display, and above and belowground biomass accumulation of Pinus tecunumanii (D. Don) in Chile* [Tesis Doctoral, North Carolina State Univ.].
- Rubilar, R., Fox, T., Allen, L., Albaugh, T., y Carlson, C. (2008). *Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de Pinus sp. y Eucalyptus sp. en Chile y Argentina*. Informaciones Agronómicas del Cono Sur.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2023). *Informe de datos meteorológicos de la estación Villa Rica*. Responsable ING. Hugo Ayala Espinoza. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Shaxson, F., y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal; El significado de la porosidad del suelo*. FAO.
- Smurfit Kappa. (2008). *La calidad de la planta forestal. Un concepto en Cartón de Colombia*. III Seminario de Reforestación.
- Suárez, M. A., Vázquez, F., Baselga, P., Torres, S., y Cuevas, S. (1997). Efectos de distintos tratamientos en vivero en el arraigo y primer desarrollo en campo de plantas de *Quercus suber* L. y *Quercus rotundifolia* Lam. Efecto del protector. *Actas del II Congreso Forestal Español*.

- Toro, J., Rubilar, R., y Gonzalez, C. (1998). Métodos para aumentar la productividad de plantaciones de *Pinus tecunumanii* y *Eucalyptus globulus* entre las Regiones Séptima y Octava, In: *Simposio IUFRO*. Valdivia, noviembre 1998, 10 p.
- Uhart, S. (1995). *Efecto de la disponibilidad de nitrógeno y carbono sobre la determinación del número de granos y del rendimiento en maíz* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata].
- Ventimiglia, L. A., y Carta, H. G. (2005). Soja: Efecto de los fertilizantes aplicados en la línea de siembra sobre el número de plantas y el rendimiento. *Informaciones Agronómicas*, 28, 23-25.
- Villar, P., Planelles, R., Enríquez, E., Peñuelas, J., y Zazo, J. (2001). Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. *Actas III Congreso Forestal Español*.
- Zuazo, F. (2013). *Evaluación de la actividad microbiana y la mineralización de nitrógeno en macetas bajo diferentes niveles de abono orgánico y régimen de humedad en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)* [Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].

**ANEXO**

## Anexo 1. Registro de datos

**Tabla 10.** Datos registrados de las unidades experimentales.

Bloque	Trat.	DAC <sub>0</sub>	Alt. <sub>0</sub>	DAC <sub>2</sub>	Alt. <sub>2</sub>	DAC <sub>4</sub>	Alt. <sub>4</sub>	DAC <sub>6</sub>	Alt. <sub>6</sub>
1	1	0,32	29	0,54	40	1,26	67	1,64	124
1	1	0,28	30	0,4	33	0,87	54	1,13	100
1	1	0,26	28	0,5	43	1,38	98	1,80	182
1	1	0,28	29	0,66	56	1,46	104	1,90	194
1	1	0,3	30	0,86	47	1,6	80	2,08	150
1	1	0,26	30	0,42	38	0,96	58	1,25	109
1	2	0,32	29	0,75	48	1,55	89	2,02	168
1	2	0,26	29	0,62	44	1,22	79	1,59	150
1	2	0,28	30	0,86	64	1,56	100	2,03	190
1	2	0,3	28	0,68	43	1,42	89	1,85	170
1	2	0,3	30	0,63	46	1,24	72	1,61	138
1	2	0,29	30	0,62	40	0,98	73	1,28	140
1	3	0,26	29	0,53	41	0,96	63	1,25	121
1	3	0,32	28	0,67	37	1,34	60	1,74	116
1	3	0,24	28	0,67	50	1,3	96	1,69	186
1	3	0,28	30	0,55	40	1,12	65	1,46	126
1	3	0,28	29	0,63	41	0,99	70	1,29	136
1	3	0,26	28	0,33	31	0,68	60	0,89	117
1	4	0,29	29	0,55	54	1,32	105	1,72	205
1	4	0,32	28	0,79	67	1,56	105	2,03	205
1	4	0,24	29	0,64	45	1,24	83	1,61	163
1	4	0,26	29	0,51	40	1,15	75	1,50	148
1	4	0,26	28	0,64	59	1,26	101	1,64	200
1	4	0,27	30	0,57	44	1	80	1,30	159
1	5	0,32	29	0,41	29	0,95	59	1,24	118
1	5	0,3	29	0,72	59	1,37	96	1,78	192
1	5	0,3	28	0,57	42	1,18	80	1,54	160
1	5	0,31	30	0,35	30	0,98	68	1,28	136
1	5	0,24	28	0,51	34	0,97	67	1,26	134
1	5	0,25	30	0,44	36	0,96	80	1,25	160
1	6	0,29	28	0,53	42	1,17	70	1,52	140
1	6	0,24	29	0,64	35	1,24	55	1,61	110
1	6	0,26	30	0,55	37	1	63	1,30	126
1	6	0,28	30	0,54	45	1,36	73	1,77	146
1	6	0,27	30	0,58	53	1,1	76	1,43	152
1	6	0,26	28	0,69	46	1,32	87	1,72	174
1	7	0,29	30	0,6	38	1,14	77	1,48	154
1	7	0,3	30	0,47	39	1,07	60	1,39	120
1	7	0,26	29	0,56	42	0,98	60	1,28	120
1	7	0,31	29	0,43	33	0,94	57	1,22	114
1	7	0,24	28	0,81	56	1,32	105	1,72	210
1	7	0,26	29	0,47	48	1,18	93	1,54	186

Bloque	Trat.	DAC <sub>0</sub>	Alt. <sub>0</sub>	DAC <sub>2</sub>	Alt. <sub>2</sub>	DAC <sub>4</sub>	Alt. <sub>4</sub>	DAC <sub>6</sub>	Alt. <sub>6</sub>
1	8	0,31	30	0,63	50	1,16	83	1,51	166
1	8	0,22	29	0,65	44	1,32	78	1,72	156
1	8	0,28	28	0,55	36	1,06	51	1,38	102
1	8	0,3	29	0,45	44	1,18	83	1,54	166
1	8	0,32	30	0,5	42	0,96	70	1,25	140
1	8	0,28	29	0,65	55	1,42	110	1,85	220
1	9	0,29	28	0,85	39	0,85	54	1,11	108
1	9	0,3	30	0,43	35	0,93	70	1,21	140
1	9	0,32	28	0,72	59	1	105	1,30	210
1	9	0,31	29	0,9	64	1,7	118	2,21	236
1	9	0,26	28	0,74	49	1,26	96	1,64	192
1	9	0,24	30	0,5	42	0,93	63	1,21	126
2	1	0,29	29	0,5	36	1,14	78	1,48	156
2	1	0,32	30	0,36	32	0,84	47	1,09	94
2	1	0,31	30	0,79	56	1,35	94	1,76	188
2	1	0,28	30	0,7	58	1,34	107	1,74	214
2	1	0,26	29	0,6	59	1,06	92	1,38	184
2	1	0,25	28	0,55	44	0,96	70	1,25	140
2	2	0,28	30	0,73	55	1,39	90	1,81	180
2	2	0,31	28	0,39	35	1,09	70	1,42	140
2	2	0,26	30	0,62	44	1,1	85	1,43	170
2	2	0,25	30	0,55	30	1,18	74	1,54	148
2	2	0,28	30	0,43	38	0,86	70	1,12	140
2	2	0,26	29	0,81	58	1,5	85	1,95	170
2	3	0,24	30	0,62	50	1,46	75	1,90	150
2	3	0,25	30	0,6	39	1,12	80	1,46	160
2	3	0,25	30	0,95	60	1,77	1,11	2,30	3
2	3	0,28	29	0,6	42	1	68	1,30	184
2	3	0,31	28	0,44	25	0,96	60	1,25	163
2	3	0,3	29	0,64	49	1,22	85	1,59	231
2	4	0,24	30	0,49	33	0,84	59	1,09	161
2	4	0,26	30	0,57	41	1,25	79	1,63	216
2	4	0,28	29	0,67	67	1,22	118	1,59	323
2	4	0,24	28	0,4	31				
2	4	0,31	29	0,98	76	1,92	148	2,50	406
2	4	0,25	28	0,7	59	1,5	96	1,95	264
2	5	0,23	29	0,4	30	0,96	62	1,25	171
2	5	0,32	29	0,58	54	1,4	123	1,82	340
2	5	0,29	29	1,09	71	1,9	146	2,47	404
2	5	0,28	30	0,71	56	1,28	88	1,67	244
2	5	0,26	30	0,65	68	1,26	106	1,64	294
2	5	0,25	30	0,76	46	1,42	104	1,85	289
2	6	0,24	28	0,76	50	1,33	79	1,73	220
2	6	0,29	29	0,69	56	1,46	102	1,90	285
2	6	0,29	30	0,57	48	0,89	75	1,16	210

Bloque	Trat.	DAC <sub>0</sub>	Alt. <sub>0</sub>	DAC <sub>2</sub>	Alt. <sub>2</sub>	DAC <sub>4</sub>	Alt. <sub>4</sub>	DAC <sub>6</sub>	Alt. <sub>6</sub>
2	6	0,31	30	0,72	54	1,44	98	1,87	275
2	6	0,28	30	0,86	61	1,7	102	2,21	287
2	6	0,25	30	0,63	49	1,33	87	1,73	245
2	7	0,27	29	0,96	28	0,67	40	0,87	113
2	7	0,24	30	0,49	28	0,98	65	1,28	184
2	7	0,25	30	0,62	45	1,42	90	1,85	255
2	7	0,31	29	0,63	39	1,14	80	1,48	227
2	7	0,31	28	0,54	38	1,15	76	1,50	216
2	7	0,3	30	0,62	54	1,4	97	1,82	276
2	8	0,28	28	0,49	38	0,95	63	1,24	180
2	8	0,29	30	0,52	40	1,05	68	1,37	195
2	8	0,28	29	0,43	30	0,82	54	1,07	155
2	8	0,31	30	0,66	69	1,13	100	1,47	288
2	8	0,24	29	0,38	34				
2	8	0,3	30	0,56	39	1,15	77	1,50	222
2	9	0,28	30	0,42	41	0,56	42	0,73	122
2	9	0,26	29	0,75	51	1,32	77	1,72	224
2	9	0,25	30	0,57	40	0,9	53	1,17	155
2	9	0,26	28	0,47	29	0,98	53	1,28	155
2	9	0,31	29	0,45	42	0,78	90	1,02	264
2	9	0,24	30	0,73	58	1,42	96	1,85	282
3	1	0,28	30	0,59	37	0,89	67	1,16	197
3	1	0,29	30	0,69	50	1,34	98	1,74	289
3	1	0,26	29	0,5	48	1,18	74	1,54	219
3	1	0,24	28	0,69	62	1,72	96	2,24	285
3	1	0,25	29	0,56	40	0,98	60	1,28	179
3	1	0,25	30	0,52	44	1	80	1,30	239
3	2	0,29	29	0,59	52	1,05	82	1,37	245
3	2	0,26	28	0,76	50	1,52	94	1,98	281
3	2	0,25	30	0,55	40	1,07	62	1,39	186
3	2	0,25	29	0,38	36	0,68	58	0,89	174
3	2	0,26	30	0,68	63	0,89	97	1,16	291
3	2	0,31	29	0,36	33	0,88	65	1,15	195
3	3	0,28	28	0,63	54	0,64	63	0,83	189
3	3	0,24	29	0,48	38	1,18	87	1,54	261
3	3	0,25	29	0,43	31	0,79	77	1,03	231
3	3	0,26	28	0,4	35	1,42	67	1,85	201
3	3	0,29	30	0,66	57	1,52	105	1,98	315
3	3	0,3	30	0,72	53	1,34	84	1,74	252
3	4	0,31	30	0,65	49	1,2	76	1,56	228
3	4	0,31	30	0,56	44	1,26	85	1,64	255
3	4	0,32	29	0,34	41	0,87	67	1,13	201
3	4	0,24	29	0,76	57	1,34	94	1,74	282
3	4	0,26	29	0,38	40	0,96	69	1,25	207
3	4	0,25	28	0,59	42	1,1	100	1,43	300

Bloque	Trat.	DAC <sub>0</sub>	Alt. <sub>0</sub>	DAC <sub>2</sub>	Alt. <sub>2</sub>	DAC <sub>4</sub>	Alt. <sub>4</sub>	DAC <sub>6</sub>	Alt. <sub>6</sub>
3	5	0,29	30	0,45	38	1,08	74	1,41	222
3	5	0,29	28	0,49	40	1,17	75	1,52	225
3	5	0,31	29	0,37	40	0,88	62	1,15	186
3	5	0,28	30	0,62	52	1,43	89	1,86	267
3	5	0,25	30	0,67	54	1,32	100	1,72	300
3	5	0,26	29	0,58	38	0,89	59	1,16	177
3	6	0,27	30	0,67	57	1,62	95	2,11	285
3	6	0,26	29	0,6	43	1,27	90	1,65	270
3	6	0,3	29	0,36	29	0,77	60	1,00	180
3	6	0,3	28	0,72	46	1,44	95	1,87	285
3	6	0,28	30	0,8	52	1,55	97	2,02	291
3	6	0,25	28	0,33	38	0,88	98	1,15	294
3	7	0,28	29	0,52	39	1,1	72	1,43	216
3	7	0,29	28	0,61	52	1,18	93	1,54	279
3	7	0,24	29	0,41	41	0,98	92	1,28	276
3	7	0,31	29	0,56	36	1	75	1,30	225
3	7	0,32	30	0,6	39	0,89	76	1,16	228
3	7	0,28	30	0,61	44	1,26	82	1,64	246
3	8	0,31	30	0,57	54	1,34	88	1,74	264
3	8	0,24	29	0,67	52	1,35	102	1,76	306
3	8	0,26	28	0,27	41	0,89	65	1,16	195
3	8	0,28	29	0,68	52	1,45	88	1,89	264
3	8	0,28	30	0,61	42	1,42	75	1,85	225
3	8	0,26	30	0,71	52	1,7	96	2,21	288
3	9	0,24	30	0,54	43	1,09	80	1,42	240
3	9	0,28	30	0,7	49	1,06	82	1,38	246
3	9	0,25	29	0,71	39	1,25	66	1,63	198
3	9	0,31	29	0,72	55	1,26	100	1,64	300
3	9	0,31	30	0,72	59	1,55	98	2,02	294
3	9	0,3	28	0,58	45	1,34	70	1,74	210

0, 2, 4 y 6 refieren a las evaluaciones registradas en esos periodos de meses posteriores al establecimiento.

**Tabla 11.** ANVA para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,0002	2	0,0001	1,1712	0,3352 <sup>ns</sup>
Tratamiento	0,0003	8	0,00004	0,4884	0,8470 <sup>ns</sup>
Error experimental	0,0012	16	0,0001		
Total	0,0016	26			

CV: 3,09%. ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 12.** Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

OM	Tratamientos	DAC (cm)	Subconjunto
1	7	0,28	a
2	8	0,28	a
3	5	0,28	a
4	2	0,28	a
5	9	0,28	a
6	1	0,28	a
7	6	0,27	a
8	4	0,27	a
9	3	0,27	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 13.** ANVA para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,0095	2	0,0048	1,2558	0,3115 <sup>ns</sup>
Tratamiento	0,0166	8	0,0021	0,5482	0,8038 <sup>ns</sup>
Error experimental	0,0606	16	0,0038		
Total	0,0867	26			

CV: 10,34%. ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 14.** Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Mérito	Tratamientos	DAC (cm)	Subconjunto
1	9	0,64	a
2	6	0,62	a
3	2	0,61	a
4	4	0,60	a
5	3	0,59	a
6	7	0,58	a
7	1	0,58	a
8	5	0,58	a
9	8	0,55	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 15.** ANVA para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,0035	2	0,0018	0,1099	0,8966 <sup>ns</sup>
Tratamiento	0,0675	8	0,0084	0,5245	0,8213 <sup>ns</sup>
Error experimental	0,2575	16	0,0161		
Total	0,3286	26			

CV: 10,74%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 16.** Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Mérito	Tratamientos	DAC (cm)	Subconjunto
1	6	1,27	a
2	4	1,24	a
3	5	1,19	a
4	8	1,19	a
5	1	1,19	a
6	2	1,18	a
7	3	1,16	a
8	9	1,12	a
9	7	1,10	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 17.** ANVA para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,0060	2	0,0030	0,1099	0,8966 <sup>ns</sup>
Tratamiento	0,1144	8	0,0143	0,5245	0,8213 <sup>ns</sup>
Error experimental	0,4363	16	0,0273		
Total	0,5566	26			

CV: 10,74%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 18.** Prueba Duncan para el diámetro del fuste en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Mérito	Tratamiento	Diámetro (cm)	Subconjunto
1	6	1,65	a
2	4	1,62	a
3	5	1,55	a
4	8	1,55	a
5	1	1,54	a
6	2	1,53	a
7	3	1,50	a
8	9	1,46	a
9	7	1,43	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 19.** ANVA para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,3951	2	0,1975	7,8769	0,0042*
Tratamiento	0,3889	8	0,0486	1,9385	0,1237 <sup>ns</sup>
Error experimental	0,4012	16	0,0251		
Total	1,1852	26			

CV: 0,54%. \*: existe diferencias estadísticas, ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 20.** Prueba Duncan para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

Mérito	Tratamiento	Altura (cm)	Subconjunto
1	2	29,33	a
2	1	29,33	a
3	8	29,28	ab
4	5	29,28	ab
5	6	29,22	ab
6	7	29,22	ab
7	9	29,17	ab
8	4	29,00	b
9	3	29,00	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 21.** ANVA para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	18,4835	2	9,2418	0,5326	0,5971 <sup>ns</sup>
Tratamiento	132,5267	8	16,5658	0,9548	0,5020 <sup>ns</sup>
Error experimental	277,6091	16	17,3506		
Total	428,6193	26			

CV: 9,18%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 22.** Prueba Duncan para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Mérito	Tratamientos	Altura (cm)	Subconjunto
1	4	49,39	a
2	6	46,72	ab
3	9	46,61	ab
4	1	45,72	ab
5	2	45,50	ab
6	5	45,39	ab
7	8	45,22	ab
8	3	42,94	ab
9	7	41,06	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).**Tabla 23.** ANVA para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	56,5635	2	28,2817	0,3211	0,7299 <sup>ns</sup>
Tratamiento	804,9063	8	100,6133	1,1423	0,3886 <sup>ns</sup>
Error experimental	1409,2751	16	88,0797		
Total	2270,7449	26			

CV: 11,67%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 24.** Prueba Duncan para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Mérito	Tratamientos	Altura (cm)	Subconjunto
1	4	91,11	a
2	5	85,44	ab
3	6	83,44	ab
4	2	79,67	ab
5	1	79,11	ab
6	8	79,08	ab
7	9	78,50	ab
8	7	77,22	ab
9	3	70,34	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 25.** ANVA para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	37643,4342	2	18821,7171	21,7180	<0,001**
Tratamiento	10319,7490	8	1289,9686	1,4885	0,2368 <sup>ns</sup>
Error experimental	13866,2325	16	866,6395		
Total	61829,4156	26			

CV: 14,48%. \*: existe diferencias estadísticas. ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 26.** Prueba Duncan para la altura total en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Mérito	Tratamiento	Altura (cm)	Subconjunto
1	4	233,17	a
2	5	223,28	ab
3	6	220,83	ab
4	8	207,78	ab
5	9	205,67	ab
6	7	202,50	ab
7	2	182,00	ab
8	1	180,17	ab
9	3	174,56	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 27.** ANVA para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,5034	2	0,2517	2,2897	0,1335 <sup>ns</sup>
Tratamiento	0,2628	8	0,0328	0,2988	0,9558 <sup>ns</sup>
Error experimental	1,7587	16	0,1099		
Total	2,5249	26			

CV: 3,14%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 28.** Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de establecido.

Mérito	Tratamiento	Esbeltez	Subconjunto
1	6	10,69	a
2	3	10,68	a
3	4	10,64	a
4	1	10,62	a
5	2	10,55	a
6	9	10,49	a
7	5	10,48	a
8	8	10,46	a
9	7	10,40	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 29.** ANVA para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	1,2628	2	0,6314	3,2545	0,0652 <sup>ns</sup>
Tratamiento	3,8783	8	0,4848	2,4989	0,0566 <sup>ns</sup>
Error experimental	3,1041	16	0,1940		
Total	8,2452	26			

CV: 5,75%.

ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 30.** Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de dos meses de establecido.

Mérito	Tratamiento	Esbeltez	Subconjunto
1	4	8,24	a
2	8	8,16	ab
3	5	7,89	abc
4	1	7,89	abc
5	2	7,49	abc
6	6	7,48	abc
7	3	7,35	bc
8	9	7,32	bc
9	7	7,09	c

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 31.** ANVA para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	0,4167	2	0,2084	0,5495	0,5877 <sup>ns</sup>
Tratamiento	3,1087	8	0,3886	1,0249	0,4569 <sup>ns</sup>
Error experimental	6,0665	16	0,3792		
Total	9,5919	26			

CV: 9,02%. ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 32.** Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de cuatro meses de establecido.

Mérito	Tratamiento	Esbeltez	Subconjunto
1	4	7,34	a
2	5	7,15	a
3	7	7,03	a
4	9	7,02	a
5	2	6,83	a
6	1	6,70	a
7	8	6,70	a
8	6	6,55	a
9	3	6,13	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 33.** ANVA para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloque	162,8987	2	81,4493	29,5141	<0,001**
Tratamiento	30,2443	8	3,7805	1,3699	0,2811 <sup>ns</sup>
Error experimental	44,1548	16	2,7597		
Total	237,2977	26			

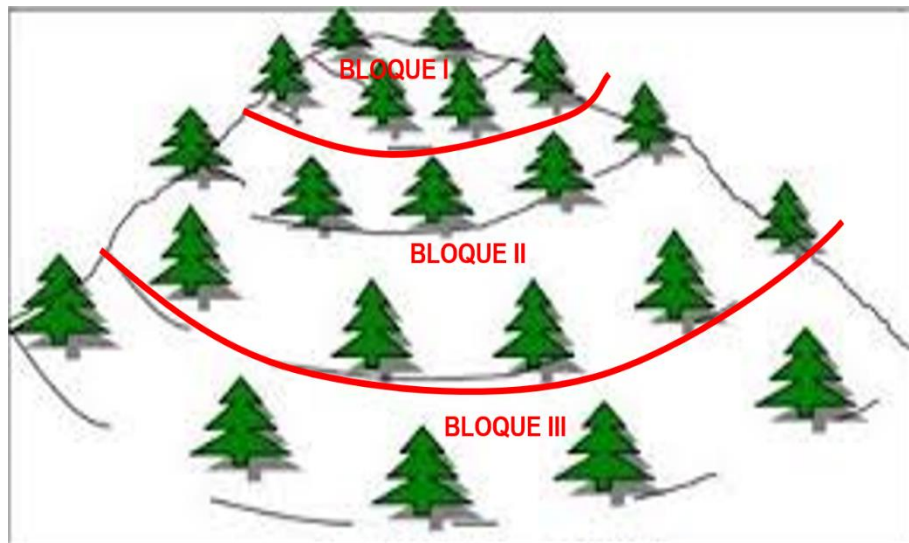
CV: 12,53%. \*: existe diferencias estadísticas, ns: no existe diferencias estadísticas.

**Tabla 34.** Prueba Duncan para la esbeltez en plantas de *P. tecunumanii* después de seis meses de establecido.

Mérito	Tratamiento	Esbeltez	Subconjunto
1	4	14,49	a
2	5	14,23	a
3	7	14,18	a
4	9	14,10	a
5	8	13,49	a
6	6	13,26	a
7	2	12,25	a
8	1	11,73	a
9	3	11,63	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística ( $p < 0,05$ ).

## Anexo 2. Panel fotográfico



**Figura 4.** Instalación y ubicación de los bloques.



**Figura 5.** Plantación de la subunidad experimental.



**Figura 6.** Parcela experimental.



**Figura 7.** Fertilización de la planta.



**Figura 8.** Evaluación de la variable diámetro.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
TINGO MARIA  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
[analisisdesuelosunos@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunos@hotmail.com)

**ANÁLISIS DE SUELOS**

**SOLICITANTE:** YOHANN ASTETE AL MANFRED      **DISTRITO:** OXAPAMPA

**PROCEDECENCIA:**      **PROVINCIA:** OXAPAMPA

**DEPARTAMENTO:** PASCO

N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA					ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%						
		Codigo	cultivo actual	sector	Fundo	Propietario	Arena %	Arcilla %	Limo %							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm					Ca	Mg	K	Na	Al	H
1	M0011	M1	CAFÉ	CANAL DE PIEDRA	GREKA	YOHANN YOHANN CIRO	29.68	23.04	47.28	Franco	5.33	1.92	0.09	7.49	160.93	—	3.44	1.36	—	—	0.33	0.16	5.29	90.69	9.31	6.33					

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO N° 0448583  
FECHA : 03/02/2016

Sr. Bto. Miguel Truaya Rojas  
JEFE

**Figura 9.** Análisis de la muestra de suelos.

