

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**EFFECTO DE LA INTENSIDAD DE RALEO EN EL CRECIMIENTO DE**

***Pinus patula*, EN LA REGENERACIÓN NATURAL EN GRANJA**

**PORCÓN – CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Presentado por:

**M.Sc. MARIO RUÍZ RAMOS**

Asesor:

**Dr. EDÍN EDGARDO ALVA PLASENCIA**

Cajamarca, Perú

2024




Universidad  
Nacional de  
Cajamarca  
"Norte de la Universidad Peruana"



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador: Mario Ruíz Ramos  
DNI: 26707789  
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención:  
Gestión Ambiental y Recursos Naturales
- Asesor: Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
- Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:  
Efecto de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Pinus patula*, en la regeneración  
natural en Granja Porcón - Cajamarca
- Fecha de evaluación: **29/06/2024**
- Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: **10%**
- Código Documento: **3117:363604844**
- Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 **APROBADO**       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **01/07/2024**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> <i>Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia</i> DNI: 26620894

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT 2024 © by  
**MARIO RUÍZ RAMOS**  
Todos los derechos reservados



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERÚ



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**


**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**


**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**


Siendo las 16:10 horas, del día 14 de junio del año dos mil veinticuatro, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL**, **Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ**, **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO** y en calidad de Asesor, el **Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **“EFECTO DE LA INTENSIDAD DE RALEO EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus patula*, EN LA REGENERACIÓN NATURAL EN GRANJA PORCÓN – CAJAMARCA”** presentada por el Maestro en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental **MARIO RUÍZ RAMOS**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobar con la calificación de Diecinueve (19) la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Ciencias e Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental **MARIO RUÍZ RAMOS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 17:45 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia**  
Asesor

  
.....  
**Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal**  
Presidente-Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

1. A la memoria de mis inolvidables padres: Celestino Ruíz y Luzmila Ramos que se encuentran en la gloria del Dios vivo y siempre me inspiran ánimo para seguir adelante.
2. A mis Hijos: Alberth, María Esther, Génesis por ser parte de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero y eterno agradecimiento a:

1. Jehová de los Ejércitos, Roca y Castillo mío por bendecirme para lograr mis proyectos de vida que incluye el doctorado.
2. A la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Post Grado, Programa de Doctorado, Mención Gestión Ambiental y Recursos Naturales, por la oportunidad de realizar mis estudios de Doctorado.
3. A todos los docentes que compartieron sus experiencias y conocimientos para enriquecer mi formación.
4. En especial al Dr. Edin Alva Plasencia, asesor de la presente Tesis, por su gran calidad humana y paciencia para orientarme con conocimientos científicos, aportaciones y críticas constructivas para mejorar la presente Tesis.
5. A Carmela Gallardo Novoa, por apoyarme día a día incondicionalmente para lograr mis sueños y metas trazados juntos.
6. A mis amigos y colegas del doctorado que compartieron su tiempo, información, ideas para el logro de la presente Tesis.
7. Finalmente, a la CAT Atahualpa Jerusalén- Granja Porcón por permitirme realizar esta investigación en la regeneración de las plantaciones de *Pinus patula*.

“No da vergüenza nacer pobre, pero si da  
vergüenza morir pobre”

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>CONTENIDO</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II</b> .....	3
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	3
<b>2.2 Bases Teóricas</b> .....	7
<b>2.3 Definición de Términos</b> .....	15
<b>2.3.1. Regeneración natural de un bosque:</b> .....	15
<b>2.3.2. Densidad:</b> .....	15
<b>2.3.3. Manejo forestal:</b> .....	16
<b>2.3.4. Tratamientos:</b> .....	16
<b>2.3.5. Tratamiento silvicultural: T.</b> .....	16
<b>2.3.6. Raleo Sistemático:</b> .....	16
<b>2.3.7. Método: P.</b> .....	16
<b>2.3.8. Brinzal: P.</b> .....	16
<b>2.3.9. Latizal:</b> .....	16



2.3.10. Fustal:.....	17
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>18</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Ubicación geográfica de la investigación.....</b>	<b>18</b>
3.1.2.1. Cobertura vegetal.....	20
<b>3.2. Materiales y Equipos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3. Metodología.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>27</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1. Regeneración Natural .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2. Altura de planta .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Diámetro de planta.....</b>	<b>36</b>
<b>4.4. Influencia de la humedad del suelo (%) en el crecimiento (m).....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>VII. ANEXO .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO VIII PROPUESTA MANEJO DE REGENERACIÓN NATURAL EN PLANTACIONES DE <i>Pinus patula</i> .....</b>	<b>56</b>
<b>6.1 Regeneración natural de plantaciones de <i>Pinus patula</i>. .....</b>	<b>56</b>
<b>6.1.1. Clasificación. ....</b>	<b>56</b>
<b>6.2. Dinámica de la regeneración natural de <i>Pinus patula</i> en Granja Porcón.....</b>	<b>56</b>
<b>6.3. Manejo de la regeneración natural. ....</b>	<b>57</b>
<b>6.3.1. Planificación de las intervenciones silviculturales .....</b>	<b>57</b>
<b>6.3.2. Elección del sistema de aclareo a aplicar .....</b>	<b>57</b>
<b>6.3.3. Materiales para raleo y la poda .....</b>	<b>57</b>

<b>6.3.4. El raleo.</b> .....	57
<b>6.3.5. Densidad de la regeneración natural de <i>Pinus patula</i>.</b> .....	58
<b>6.3.6. Criterios para selección de regeneración natural que deben quedar</b> .....	58
<b>6.3.7. Momento para aplicar un raleo</b> .....	58

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Temperatura y horas Sol en la zona de estudio .....	21
Tabla 2. Análisis de varianza para el diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizado. ....	26
Tabla 3. Número de plantas por unidad de área (m <sup>2</sup> ).....	27
Tabla 4. Análisis de variancia (ANVA) para la variable N° promedio de plantas de regeneración Natural. [Datos transformados con $Y = \log(x)$ ] .....	28
Tabla 5. Análisis de variancia (ANVA) para evaluar el incremento de la variable altura de plantas en la regeneración natural.....	30
Tabla 6. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el efecto de Intensidad de Raleo (R) en la altura de planta (m). ....	31
Tabla 7. Medias de la altura total de plantas de regeneración según intensidad de raleo .....	35
Tabla 8. Análisis de variancia (ANVA) para evaluar el incremento en la variable diámetro de plantas en la regeneración natural .....	36
Tabla 9. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el efecto de regeneración natural (A) en el diámetro de planta (cm).....	38
Tabla 10. Medias del incremento de diámetro según intensidad de raleo.....	40
Tabla 11. Humedad del suelo (%) por bloque en el experimento .....	41

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación .....	19
Figura 2. Mapa de ubicación de Bloques y Tratamientos.....	24
Figura 3. Distribución de Tratamientos .....	25
Figura 4. Incremento de altura planta (m) en función a la intensidad de raleo (R).....	32
Figura 5. Incremento de diámetro (cm) en cada fase según intensidad de raleo .....	39
Figura 6. Influencia de la humedad del suelo en el crecimiento de árboles.....	42
Figura 7: Instalación de bloques según el diseño experimental .....	53
Figura 8: Georreferenciación de parcelas de evaluación .....	53
Figura 9: Estructura de la regeneración natural de Pinus patula.....	54
Figura 10. Evaluación de número de plantas por m <sup>2</sup> .....	54
Figura 11: Raleo de Pinus patula.....	55

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Número de individuos por unidad de área de regeneración natural por parcela de 500 m <sup>2</sup> . (Datos originales).....	51
Anexo 2. Datos transformados con $Y = \log(x)$ .....	51
Anexo 3 Altura de planta (cm) de la regeneración natural por parcela de 500 m <sup>2</sup> .....	51
Anexo 4 Diámetro de planta (cm) de la regeneración natural por parcela de 500 m <sup>2</sup> . .....	52
Anexo 5 Panel Fotográfico .....	53
Anexo 6 Georreferenciación de parcelas de evaluación .....	53
Anexo 7 Estructura de la regeneración natural de <i>Pinus patula</i> .....	54
Anexo 8 Evaluación de número de plantas por m <sup>2</sup> .....	54
Anexo 9 Raleo de <i>Pinus patula</i> .....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

<b>DAP</b>	Diámetro a la altura del pecho a (1.30 m)
<b>CAP</b>	Circunferencia a la altura del pecho a (1.30 m)
<b>CM</b>	Circunferencia a media altura
<b>ha</b>	Hectárea
<b>NR</b>	Regeneración natural (en inglés Natural Regenerati6n)
<b>ANVA</b>	Análisis de varianza
<b>CV</b>	Coefficiente de variaci6n
<b>h</b>	Altura
<b>HT</b>	Altura total
<b>SAS</b>	Sistema de Análisis Estadístico (en inglés Statical Analisis System)
<b>CIEFOR</b>	Centro de Investigaci6n y enseñanza Forestal
<b>INIA</b>	Instituto Nacional de Sanidad Agraria
<b>DEM</b>	Modelos Digitales de Elevaci6n
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las plantaciones de *Pinus pátula* en el sector Laguna Seca de Granja Porcón – Cajamarca en junio de 2021 y 2022. El propósito de la investigación fue determinar el efecto de la intensidad del raleo sobre el crecimiento de *Pinus patula*, en regeneración natural de 5 años. Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCR), se evaluó 12 unidades experimentales con un arreglo factorial 3 x 4, donde 3 lo constituyó el factor retoños, latizales y fustales y 4 la intensidad de raleo o tratamientos al (40%, 60%, 80% y 00% - testigo) se aplicó a brinzales, latizales y fustales, se midió diámetros y alturas. Los resultados muestran que el mayor número de individuos por unidad de área se logró en el nivel a1: brinzal, seguido del nivel a2: latizal. La mayor altura de plantas de regeneración natural se ha conseguido con el tratamiento T6 (Regeneración latizal natural +40%, 1.146 m). El mayor diámetro de plantas regeneradas naturalmente se ha conseguido con el tratamiento T10 (Regeneración latizal natural + 80% intensidad de raleo (2,09 cm)). En cuanto a las intensidades de raleo aplicadas en la investigación, a la fecha del último control podemos observar que no tuvo efecto significativo sobre el crecimiento en altura en la regeneración natural. Pero se observó que el adelgazamiento afecta el aumento diametral en intensidades severas.

**Palabras Clave:** Regeneración natural, brinzal, raleo.

## ABSTRACT

This work was carried out in the “Pinus pátula” plantations in “Laguna Seca” sector from Granja Porcón – Cajamarca. This research was in order to determine the effect of thinning intensity on the growth of “Pinus patula”, in natural regeneration. Was used the experimental design of completely randomized blocks (DBCR), 12 experimental units were evaluated with a 3 x 4 factorial arrangement, where 3 were the factor saplings, latizales and stems and 4 the intensity of thinning or treatments at (40%, 60%, 80% and 00% - witness). It was applied to seedlings, latizales and stems, diameters and heights were measured. This showed that the greatest number of individuals per unit area was achieved at level a1: brinzal, followed by level a2: “Latizal”. The highest height of natural regeneration plants has been achieved with treatment T6 (Natural latizal regeneration +40%, 1,146 m). The largest diameter of naturally regenerated plants has been achieved with the T10 treatment (Natural latizal regeneration + 80% thinning intensity (2.09 cm)). In respect of the thinning intensities applied in the research, at the date of the last control we can observe that it had no significant effect on height growth in natural regeneration. But it will be observed that thinning affects the diametral increase in severe intensities.

**Keywords:** Natural regeneration, seedling, Thinning.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los bosques juegan un papel importante como reservorio de biomasa en la mitigación del cambio climático universal y contribuyen a la conservación de los suelos y las aguas en muchos ecosistemas frágiles. (González *et al.*, 2020). Los bosques naturales y páramos andinos son considerados ecosistemas naturales de alta riqueza florística a nivel mundial y nacional regional y local (Jadán *et al.*, 2018). La progresiva degradación y destrucción de múltiples ecosistemas a nivel mundial, tiende a acelerar la crisis ambiental, lo que generaría variaciones desfavorables como consecuencia de actividades realizadas por el hombre y la imposibilidad del ecosistema para restablecerse solo (Zuluaga, 2020). En cambio, Alegría (2016), sostiene, el resultado de la extracción selectiva y de la caída natural de los árboles, en las masas forestales forman los claros, permitiendo el ingreso de la radiación solar que induce a la regeneración natural. La destrucción localizada del bosque por los claros es reversible reponiéndose por efecto de los procesos naturales de la sucesión ecológica. La FAO (2016), sostiene que los bosques andinos del Perú son relictos remanentes de grandes extensiones de bosques de quinal (*Polylepis spp.*) y colle (*Buddleia spp.*) distribuidos en los andes, que fueron fuertemente talados para la ampliación de la frontera agropecuaria para producción de leña y carbón y para su uso como combustible para la minería extensiva desde las épocas pre-coloniales hasta la actualidad y quedan apenas menos de unos 940 km<sup>2</sup> de estos bosques, entre los 3 000 y 4 500 msnm, y en zonas muy apartadas protegidas por su difícil acceso y también como áreas naturales protegidas.

(Whitmore, 1989), citado por Alegría (2016) indica que los bosques húmedos tropicales de la amazonía peruana, en los pocos estudios describen a los claros como un mosaico de parches de diferentes tamaños y edades de crecimiento originado por la caída de los árboles y las actividades antrópicas, en este contexto para muchas especies la regeneración natural depende del estado del

dosel para una o todas las etapas de su vida. Además, especies pioneras o invasoras son favorecidas al colonizar sitios perturbados (Gómez y Hahn, 2017). La regeneración natural de las masas forestales, es un proceso crítico, debido a las altas tasas de mortalidad que se dan por efecto de los factores que intervienen en este proceso. poniendo en riesgo la sostenibilidad de los bosques (Fernández, 2016) En la región Cajamarca existen plantaciones con más de 6 variedades de *Pinus sp*, siendo el *Pinus patula* el que más áreas forestadas ha ocupado, especie forestal que a pesar de haber sido introducida en estos andes ha logrado adaptarse a este ecosistema hasta llegar a la regeneración natural, que en términos ecológicos se le conoce como climax. La problemática de la investigación constituyó el desconocimiento del efecto de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Pinus patula*, en la regeneración natural en Granja Porcón teniendo así una regeneración natural sin tratamiento, desconocimiento en manejo de regeneración natural, da lugar como consecuencia la competencia por agua, luz, nutrientes, espacio, crecimiento desordenado y heterogéneo, plantas débiles susceptibles a enfermedades y un incremento en volumen detenido. En tal sentido, la investigación consistió en evaluar el efecto de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Pinus patula*, mediante la aplicación del raleo selectivo a intensidades del 40, 60 y 80%, así mismo se evaluaron las condiciones naturales que favorecieron la regeneración natural de *Pinus patula* en áreas de tala raza de la Cooperativa Agraria de Trabajadores Atahualpa Jerusalén - Granja Porcón. Para ello se planteó la pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Pinus patula* en la regeneración natural en Granja Porcón - Cajamarca? Finalmente, la investigación contribuye con nuevos conocimientos en sostenibilidad de regeneración natural de plantaciones de *Pinus patula*, mejorando el paisaje y la calidad de vida de los pobladores mediante la generación de fuentes de trabajo en gran parte del proceso productivo forestal.

El objetivo de la investigación fue: Evaluar el efecto de la intensidad de raleo en el crecimiento de *Pinus patula*, en la regeneración natural en Granja Porcón – Cajamarca. Siendo los objetivos específicos: Determinar el número de individuos regenerados por unidad de área. Evaluar el efecto del raleo en las variables dasométricas, crecimiento en altura e incremento diametral de la regeneración natural.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Cabrera *et al.* (2022) en su investigación Análisis de la regeneración natural de las especies forestales del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí, con el propósito de analizar y definir el comportamiento del estrato brinzal, latizal y fustal, bajo el establecimiento de 3 parcelas de muestreo aleatoriamente de 50 X 50 m. De los resultados se tiene brinzal presentó la mayor cantidad de individuos (133), latizales (5 individuos), fustales (5 individuos).

Rodríguez (2007) En su estudio Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España) bajo el método de cuadrantes ocupados, tras el análisis sostiene que los crecimientos medios anuales aumentaron progresivamente de 11.24 cm/año ( $\pm 4.40$ ) en las parcelas con edad dominante, comprendidas entre cero y dos años a 18.67 cm/año ( $\pm 3.91$ ), en las parcelas de entre seis y ocho años. Los mayores crecimientos individuales se observaron en Bayubas con 31.20 cm/año a una edad dominante de 9.5 años. Así mismo sostiene que la densidad de la regeneración disminuye de 7000 a 4000 pies/ha<sup>-1</sup> al aumentar el porcentaje de cobertura de la vegetación.

Binnewies (2011), en la evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* L en Tacuarembó etapa 2, crecimiento a la edad de 9-10 años – Uruguay, con el objeto de analizar los efectos de diferentes regímenes de raleo desde 1997 hasta 2008, mediante la utilización de datos de los años 2003, 2004, 2005 y 2008. En primera instancia para el período 1997-1999 todas las parcelas mantienen una densidad de 1000 árboles/ha; para el período de 2000- 2002 se diferencian seis tratamientos; en el año 2003 pasaron a ser

diez tratamientos; en 2004 once tratamientos; en 2005 catorce tratamientos y para el periodo 2006-2008 quince tratamientos, más el tratamiento testigo, las variables evaluadas fueron Dap, Ab, Volt, Ima y Ht. Los resultados mostraron diferencias significativas para todas las variables evaluadas menos para la Ht.

Hernández (2020), en su investigación Regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl cuyo objetivo fue evaluar la regeneración natural del bosque de *Pinus hartwegii*, mediante un transecto altitudinal en sitios afectados por incendio forestal ocurrido en 1998, mediante un muestreo circular de 1000 m<sup>2</sup>, en 5 sitios en un rango de 2220 a 2562 msnm, los resultados muestran que a los 2330 msnm registró 2640 individuos por hectárea y a 2562 solo 160 individuos por hectárea, sostiene que esto es posible se deba a la materia orgánica (hojarasca) presente en el suelo evita que la radícula de la semilla entre en contacto directo con el suelo y obtenga humedad y nutrientes necesarios para su establecimiento y desarrollo y concluye que los gradientes temperatura, humedad, precipitación, elevación y pendiente ejerce papel importante como indicadores poblacionales (crecimiento y mortandad).

Martiarena (2014) investiga el efecto del raleo sobre el crecimiento y la densidad de la madera de *Pinus taeda* implantado en misiones, Argentina. La plantación fue establecida en 1985, con 1,644 pl. ha<sup>-1</sup> y se manejó con tres intensidades de raleo (0, 33, 66%) en un ciclo de corta de 20 años, con intervenciones a los (8, 12, 16, 20 años), bajo un diseño de bloques completos al azar (3 bloques). Los resultados muestran que el crecimiento de la plantación fue afectado por la intensidad de raleo registrándose diámetros promedios de 28,7, 34,8, 45,9 cm respectivamente en los tratamientos 0, 33, 66%. Los valores de la densidad a la tala final fueron 0.406, 0,419, 0,420 para los tratamientos antes indicados. Sostiene que a mayor intensidad de raleo mayor incremento del diámetro. Finalmente concluye que el crecimiento en diámetro del *Pinus taeda* responde positivamente ante la

aplicación de diferentes intensidades de raleo a lo largo del turno de rotación hasta los 20 años.

Muñoz (2017) en una revisión sobre la regeneración natural con el objetivo de analizar los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur de Ecuador. Sostiene que la producción y dispersión de semillas son procesos importantes en la dinámica de poblaciones, los cuales están supeditados a la genética del árbol, la edad, la posición que ocupa en el dosel del bosque, pues se conoce que los árboles dominantes pueden tener una mejor absorción y eficiencia de luz y por ende mayor producción de semilla, asegurando la presencia de polinizadores y vectores de dispersión. A esto se suma los factores climáticos que juegan también un rol protagónico al afectar de manera intraespecífica la floración y desarrollo de semillas.

Espinosa (1994) investigó el efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de *Pino radiata* en Callipulli - Chile. Seis años después que fue sometido a diferentes tratamientos de raleo, las densidades residuales fueron 400, 600, 800 y 1,200 árboles por hectárea y un testigo. Como respuesta al raleo, se tiene que las parcelas más intensamente raleadas muestran mayor tasa de crecimiento en diámetro anual superior a 22 cm, en las parcelas testigo o ligeramente raleadas los rangos son de 14 - 20 cm. Finalmente concluye que el raleo no tuvo un efecto definido en el crecimiento en altura y en el periodo 88-91 no existe diferencia significativa entre parcelas raleadas.

Aguirre (2019) en su estudio Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. Con el objetivo de evaluar la composición florística y regeneración natural en el sotobosque de las dos plantaciones. instaló 10 parcelas de 10 m x 10 m para el inventario de árboles, se anidaron dos subparcelas de 5 m x 5 m para arbustos y 10 subparcelas de 1 m x 1 m para

hierbas. Se evaluó la regeneración natural de árboles considerando cuatro categorías: plántula, brinzal, latizal alto y latizal bajo. Obtuvieron como resultados que en ambas plantaciones con mayor regeneración son las especies *Rhamnus granulosa*, *Oreopanax rosei*. Finalmente concluye que las plántulas establecidas empiezan a competir y a medida que van creciendo la densidad de la misma va disminuyendo.

Aroca (2016) en su trabajo de investigación. La regeneración natural del *Pinus silvestre* en el valle de lozoya (madrid): germinación y supervivencia inicial. En su objetivo de analizar el proceso de regeneración del *Pino silvestre* en la franja meridional de su área de distribución (sistema central español). En una masa irregular desarrolla una serie de experiencias a partir de los cuales se pretende caracterizar y cuantificar en dicho entorno tanto en el proceso de germinación y supervivencia de la especie. Obtiene los siguientes resultados, en cuanto al régimen pluviométrico con respecto al clima obtuvieron un resultado de -2 °C y más húmedo en los meses de mayo con una precipitación de 215 mm. Y un clima muy seco de +1.1 °C y un déficit hídrico de 4 veces superior a la media entre junio y septiembre. En su evaluación de masa regenerada obtienen de 188 a 1200 pies/ha. Con distintas clases diamétricas entre 10 – 30 cm y 30-60 cm de diámetro.

Félix (2015) en su investigación evaluación del crecimiento de plantaciones juveniles de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) en el centro oeste del chaco argentino, utilizando plantaciones de 4, 5, y 7 años a diferentes distanciamientos de plantación pondera el diámetro y altura a los 7 años de edad como superiores con 0,172 y 0.87 m respectivamente.

Fernández (2019) en su investigación Distribución espacial de la regeneración de *Weinmannia lechleriana* (Cunoniaceae) en un bosque montano del sector San Alberto, Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, con el objeto de evaluar, la regeneración natural

alrededor de diez árboles maduros. Mediante el establecimiento de cuatro transectos de 20 metros de longitud. Obtuvo 276 individuos alrededor de los 10 árboles; el 57,2% correspondió a la categoría de brinzal, el 40,9% a latizal y solo el 1,8% a la categoría de fustal, el promedio de regeneración natural fue de 27 individuos por árbol. Concluyendo que *Weinmannia lechleriana* aparentemente no presentaría problemas de regeneración natural en el área de estudio y que el establecimiento de fustales requiera mejores condiciones de luz.

Alegría y Tello (2016) en su trabajo de investigación Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencia de claros en bosques de terraza baja, iquitos- Perú. Cuyo objetivo fue evaluar la regeneración natural en claros del bosque de llanura aluvial. La muestra estuvo conformada por 10 claros, se establecieron parcelas en los 4 puntos cardinales de 2mx 2m en los bordes de los claros. De los resultados tenemos que el claro 6, ostenta el mayor potencial con 16 223,52 plantas por ha<sup>-1</sup>, asimismo el claro 5 cuenta con 15603,40 individuos por ha<sup>-1</sup>, finalmente sostiene que como consecuencia de la extracción selectiva y caída natural de árboles se forma los claros, donde ingresa mayor cantidad de radiación solar, hecho que induce el establecimiento de la regeneración natural.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1. Regeneración natural**

La regeneración natural se lleva a cabo en sitios donde las condiciones edafoclimáticas son adecuadas para desencadenar la germinación y que puedan establecerse las nuevas plántulas que ocuparán el lugar de los árboles al alcanzar su límite de vida (Díaz, 2020). Para Suárez (2017), la regeneración natural es un ciclo donde se puede considerar como el agregado de procesos mediante el cual el bosque se restablece por medios naturales, teniendo un aspecto dinámico y otro estático; es el proceso continuo natural del bosque, para asegurar su propia sobrevivencia,

normalmente por una abundante producción de semillas que germinan para asegurar el nuevo bosque; también la regeneración natural se reconoce como el mecanismo que permite a las especies de plantas recuperarse después de eventos de perturbación naturales o antrópicos. La regeneración natural es un proceso dinámico por el cual se generan nuevos individuos en la población adulta, de manera que se compensan las pérdidas debido a la mortalidad natural por lo tanto las masas que no son capaces de regenerarse están condenadas a la desaparición (Fernández, 2016).

Para el DFM (2016), la regeneración natural típica es la que se produce sin intervención humana y que, para darse, solo necesita que se le brinde una oportunidad. Después de abandonado el cultivo o el pastizal, aparecen especies arbóreas pioneras que inician una sucesión vegetal que después de un cierto número de años lleva a un bosque secundario denso que muchas décadas después, si dadas las condiciones, puede volver a ser un bosque parecido, aunque no igual al original. En sus primeras etapas la sucesión puede dar lugar a rodales casi tan homogéneos como una plantación. El INIA (2016), define a la regeneración natural como un conjunto de procesos ecológicos cíclicos, cuyo éxito o inhibición depende de factores bióticos y abióticos específicos.

En las áreas bajo manejo silvícola, la regeneración natural se presenta en huecos resultantes del derribo de árboles, constituyendo la dinámica natural del establecimiento del nuevo bosque para que en forma gradual se logre recuperar la especie arbórea de interés (Rodríguez, 2020).

La regeneración natural es una herramienta de restauración de reducción de costos comparado con plantaciones forestales (Chazdon, 2020).



### **2.2.2. Etapas y factores que influyen en la regeneración natural**

Para INIA (2016), considera que los factores que influyen en la regeneración natural son: La floración que inicia con la apertura del capullo y concluye con la avejenta durante este proceso ocurre la polinización, que viene a ser la llegada del polen al estigma; dando lugar al desarrollo de las semillas o propágalos; otra etapa importante de la cual depende la regeneración natural es la dispersión, mecanismo de diseminación o distribución que se da a través del viento, animales, agua; concluyendo con la germinación y establecimiento de plántulas. En cambio, Muñoz (2017), señala la forma como las semillas se trasladan de un lado a otro, es a través de los mecanismos de dispersión, los cuales hacen alusión a los cambios o estrategias que usan las semillas para aprovechar los factores ambientales. Los diversos tipos (o síndromes) de dispersión están determinados según la forma en que las semillas son transportadas a sitios potenciales de establecimiento: por gravedad (barocoría), por viento (anemocoría), por agua (hidrocoría), o por animales (zoocoría: exozoocoría, que consiste en la adhesión de semillas al pelaje o plumaje de animales; y endozoocoría, que consiste directamente en su ingestión). Otro aspecto, es que según el tipo de dispersión las semillas tienen la posibilidad de viajar a corta o larga distancia. La principal desventaja que tienen al momento de quedarse cerca de las plantas progenitoras (barocoría) sería la dificultad para su establecimiento por la competencia entre las semillas e incluso con la misma planta madre, mientras que la dispersión a larga distancia (como es el caso de la anemocoría, la hidrocoría, o la zoocoría), permite la colonización de nuevas áreas.

Para Pérez (2017), la regeneración de las comunidades vegetales y para el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas, la dispersión de semillas

es un proceso ecológico importante ya que existen diversos tipos (o síndromes) de dispersión, los cuales están determinados según la forma en que las semillas son transportadas a sitios potenciales de establecimiento; por gravedad (barocoría), por viento (anemocoría), por agua (hidrocoría), o por animales (zoocoría, la cual se presenta en dos tipos: exozoocoría, que consiste en la adhesión de semillas al pelaje o plumaje de animales; y endozoocoría, que consiste directamente en su ingestión).

### **2.2.3. Importancia de la regeneración natural**

La regeneración natural puede brindar beneficios económicos tanto directos como indirectos a los pobladores del bosque y las comunidades locales. Con políticas de apoyo y desarrollo de mercado, la regeneración natural puede mejorar, diversificar e incrementar la productividad a largo plazo de los sistemas agrícolas (Chazdon, 2020). Una ventaja importante de la regeneración natural como herramienta de restauración es la reducción sustancial de los costos de implementación y mantenimiento comparado con plantaciones forestales (Cruz *et al.* 2019). La regeneración natural juega un papel fundamental en la dinámica del bosque, en donde cada especie tiene adaptaciones ambientales y ecológicas particulares, que permiten la sobrevivencia de las plántulas y con ello la regeneración a partir de las semillas (Muñoz, 2017).

### **2.2.4. *Pinus patula***

En Perú se cuenta con varias especies del género *Pinus* sp. Todas fueron introducidas desde otras regiones del planeta (especies exóticas) gracias a los proyectos y programas fomentados por instituciones públicas y privadas. Sus principales aplicaciones están orientadas hacia la forestación y reforestación por unos 150 años. Muchas de estas introducciones fueron realizadas para ensayos de

adaptabilidad a las nuevas condiciones medioambientales de nuestras regiones.”  
(MINAM, 2019).

**2.2.5. Jerarquía taxonómica.** ITIS (2019), lo clasifican de la siguiente manera.

Reino	Plantae (plantas)
Sub-reino	Viridiplantae (plantas verdes)
Infrareino	Streptophyta (plantas de tierra)
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta (plantas vasculares)
Subdivisión	Spermatophyta (plantas con semillas, fanerógamas)
Clase	Pinopsida (coníferas)
Subclase	Pinidae
Orden	Pinales (pinos)
Familia	Pinaceae.

**2.2.6. Forma biológica**

El *Pinus patula* es un árbol de porte mediano de 25 a 30 m de altura excepcional hasta 45m y hasta 120 cm de diámetro normal. Su copa es abierta y redondeada, fuste cónico a recto y libre de ramas hasta una altura de 15 m, con una raíz profunda hasta 6 m y poco extendida. Es de rápido crecimiento (1),  $20 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$  (2). El crecimiento se detiene sensiblemente entre los 30 y 35 años de edad. (Vallejo, 2018).

**2.2.7. Fenología**

- a) Hojas: Acículas, normalmente agrupadas en fascículos de 3 ó 4 agujas, raramente presentan 2 ó 5, persistentes en el árbol por 2 a 4 años, de 20 cm por lo general, aunque alcanzan longitudes entre 15 y 30 cm, son flexibles y péndulas de color verde - azulado, brillantes, con los bordes finamente aserrados y dos haces

fibrovasculares. Las vainas de las acículas son de color ceniza, persistentes y de 1,5 cm de largo. Las yemas terminales son largas, erguidas y amarillentas.

- b) Flores: Estróbilos unisexuales sobre el mismo árbol. Las inflorescencias femeninas son de color púrpura, principalmente laterales, pedunculadas, solitarias o en pequeños racimos de hasta ocho escamas, con pequeñas espinas deciduas.
- c) Semillas: Pequeñas, casi triangulares, de color marrón a negruzcas, de 3,0 a 5,0 mm de longitud, el ala que las recubre tiene 2,0 cm de largo y 1,0 cm de ancho, con líneas negruzcas engrosadas al final (Vallejo, 2018).

### **2.2.8. Origen y distribución**

En Perú la especie ha sido introducida desde Sudáfrica y México. Es la conífera más ampliamente utilizada en los trópicos y subtropicos. Actualmente se encuentra en Centro y Sur América (Argentina, Brasil, Venezuela, Colombia y Ecuador).

Dvorak y Donahue, (1992) citado por Ospina, (2016), afirman: Es una especie nativa de regiones subtropicales de México, parte superior de la Sierra Madre Oriental, desde el norte del estado de Hidalgo hasta Cofre de Perote, en latitudes entre 16°N a 24°N, en altitudes entre 1.500 a 3.100 msnm, precipitaciones anuales de 600 a 2.500 mm, puede crecer en masas puras o asociado con otras especies como *Pinus teocote*. (p.54)

### **2.2.9. Ambiente natural**

Bosques húmedos, formaciones montañosas de Sierra Madre Oriental (Schiede ex Schltldl. y Cham, 2001)

### **2.2.10. Influencia de los Factores ambientales en la regeneración natural**

- a) **Luz.** Se considera un recurso muy importante que requieren diferentes especies, para la germinación de las semillas, como para el desarrollo de las plántulas y su

supervivencia posterior, es un factor importante porque influye en otros factores como la humedad, temperatura. (Beek y Saenz, 1992).

- b) **Temperatura** constituye otro factor ambiental decisivo en el proceso de germinación, ya que influye en la fisiología de las semillas, específicamente sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren después de la rehidratación. En general, las semillas germinan a temperaturas cálidas, entre 20°C y 25°C (Muñoz, 2017).
- c) **Humedad.** La absorción de agua por parte de la semilla, es el primer paso y el más importante, que tiene lugar en el proceso de germinación, posteriormente de la capacidad de sus raíces para absorber el agua del suelo.
- d) **Nutrientes.** Son sustancias químicas disueltas en la humedad del suelo, necesarias para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas, estos son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), mesonutrientes (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes u oligoelementos (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) (ABC, 2022)

**2.2.11. Brinzal, Latizal y Fustal.** Según Tello (2016), la evaluación de regeneración natural en los claros, se basa en el siguiente criterio: Los fustales árboles cm. DAP mayor o igual a 10 cm., fueron registrados en parcelas de 100 m<sup>2</sup>; los latizales, individuos entre 1.5 m. altura y DAP menores de 10 cm., en parcelas de 25 m<sup>2</sup> y los brinzales, plantas entre 0.3 y 1. m. de altura en parcelas de 4 m<sup>2</sup>.

**2.2.12. Crecimiento:** El crecimiento de las plantas es el resultado de la multiplicación de células especializadas que van formando diferentes tejidos vegetales. A estas células especializadas se les llama meristemas (Galán, 2022 y Geréz, 2016). El efecto de la densidad de plantación inicial se refleja en diferencias del crecimiento en volumen, en la edad de rotación planeada a 19 años, en la mejor calidad de

sitio (18 m) se estiman  $136.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y  $113.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para la mayor y menor densidad, respectivamente. (Ramírez, 2019).

**2.2.13. Estado:** Se utilizan variables de estado (altura, área basal y densidad) que permitan representar al sistema en una etapa inicial, y funciones de transición para proyectar las variables de estado en el futuro (Vanclay, 1994). Se asume que la variable de estado resume los eventos que afectarán el desarrollo futuro del rodal, por lo tanto, los estados futuros pueden ser determinados por el estado presente (García, 1994).

**2.2.14. Morfología de las plantas.** Son los atributos con la que una planta de calidad sale del vivero y se adapta en el sitio de plantación. (Prieto, 2018), bajo condiciones ecológicas y edafológicas del lugar donde se establece. (Rodríguez, 2007 y Bernaola et al. 2015)

**2.2.15. El Manejo forestal:**

Consiste en la aplicación de técnicas y tratamientos silviculturales, que permiten la organización de la producción forestal, de acuerdo a los objetivos y fines previstos. (ADEFOR, 2014).

- a) **El Raleo:** Viene a ser la reducción de la densidad desde un aproximado de 1111 árboles por hectárea hasta un aproximado de entre 860 árboles por hectárea hasta un aproximado de 600 árboles por hectárea (Mollinedo, 2016). En cambio, para Martiarena (2014) señala que el raleo influye directamente en la mejora del fuste y que a mayor intensidad de raleo mayor es el incremento en diámetro. Son, llamados también aclareos o entresacas, consiste en la tala de algunos árboles en un determinado momento de su crecimiento, se realiza cuando la competencia por la luz, el agua y los nutrientes del suelo se intensifican (ADEFOR, 2000). Cuando el silvicultor aplica un tratamiento silvícola debe poner interés en evaluar la capacidad

del área para establecer la regeneración natural, ya que dependiendo de su resultado se analiza el éxito o fracaso de las cortas de regeneración aplicadas, en cuanto a cantidad y calidad de la regeneración natural, lo cual conducirá a determinar las futuras alternativas de manejo forestal (García, 2019).

La densidad arbórea es un indicador que permite de manera sencilla y objetiva caracterizar la acumulación de la biomasa en los ecosistemas forestales, en especial en áreas donde la regeneración se está estableciendo, debido a que representa la demanda de árboles por espacio de crecimiento y permite conocer el arreglo de la vegetación, además, en el manejo forestal es un criterio importante para modificar la tasa de crecimiento de los árboles. (Hernández *et al.*, 2013).

- b) **Intensidad de raleo.** La intensidad de raleo, va estar dada por la diferencia entre la cantidad de individuos a la edad de intervención y la cantidad de individuos que se deben dejar según el procedimiento.  $\text{Número de árboles/ha actual} - \text{Número de árboles/ha después del raleo}$ . El peso o intensidad de raleo expresa la proporción de las existencias en pie que se retira, comúnmente en términos de variables de densidad de rodal, entre otras: número de árboles por unidad de superficie, área basal ( $A_b$ ) e indicadores como el factor de espaciamiento, coeficiente de espaciamiento e índice de densidad de rodal de Reineke (Castro, 2011).

## 2.3 Definición de Términos

**2.3.1. Regeneración natural de un bosque:** Es la recuperación de un bosque, después de sufrir una alteración, en ausencia de la intervención humana. (Suárez, 2017)

**2.3.2. Densidad:** La densidad es la cualidad de lo denso, o la acumulación de gran cantidad de elementos o individuos en un espacio determinado (Guerra, 2013)

- 2.3.3. Manejo forestal:** Consiste en la aplicación de técnicas y tratamientos silviculturales, que permiten la organización de la producción forestal, de acuerdo a los objetivos y fines previstos. (ADEFOR, 2000).
- 2.3.4. Tratamientos:** Los tratamientos son procedimientos que se aplican a las unidades experimentales. (Mandeville, 2012), cuyas consecuencias van a ser medidas y comparadas (Condo, 2019).
- 2.3.5. Tratamiento silvicultural:** Técnicas y métodos aplicados en manejo forestal para el ordenamiento de las masas forestales (podas, raleos). Los tratamientos silviculturales son manipulaciones al bosque para favorecer ciertas especies, con el propósito de lograr el desarrollo o incremento de la vegetación deseable remanente, a través de la reducción de la competencia entre árboles no comerciales con los de importancia comercial (Abarca, 2020).
- 2.3.6. Raleo Sistemático:** En este caso se tala los arboles escogidos, según diversos criterios del silvicultor. (ADEFOR, 2000)
- 2.3.7. Método:** Procedimiento ordenado y sistemático que se sigue para conseguir algo. Es el único procedimiento que no pretende obtener resultados definitivos y que se extiende a todos los campos del saber. (Asensi, 2002).
- 2.3.8. Brinzal:** Primera etapa de un árbol entre plántula y árbol joven con altura de 1.37 m y un DAP de 8cm. <https://www.biodic.net/palabra/brinzal/>. Estado de desarrollo donde el individuo posee un DAP entre 0 – 10 cm y una altura de 1.5 m. (Tello, 2016)
- 2.3.9. Latizal:** Estado de desarrollo donde la planta que tiene un DAP entre 5 cm < 10 cm (Tello, 2016). Y una altura de 3.0 m (Affeld, 2014)



**2.3.10. Fustal:** Estado de desarrollo de los árboles con un DAP entre 35 cm a 40 cm (Affeld, 2014). Individuo con  $DAP \geq 10$  cm y  $< 40$  cm (, 2007) y (Juárez y Tello, 2016).

## CAPÍTULO III

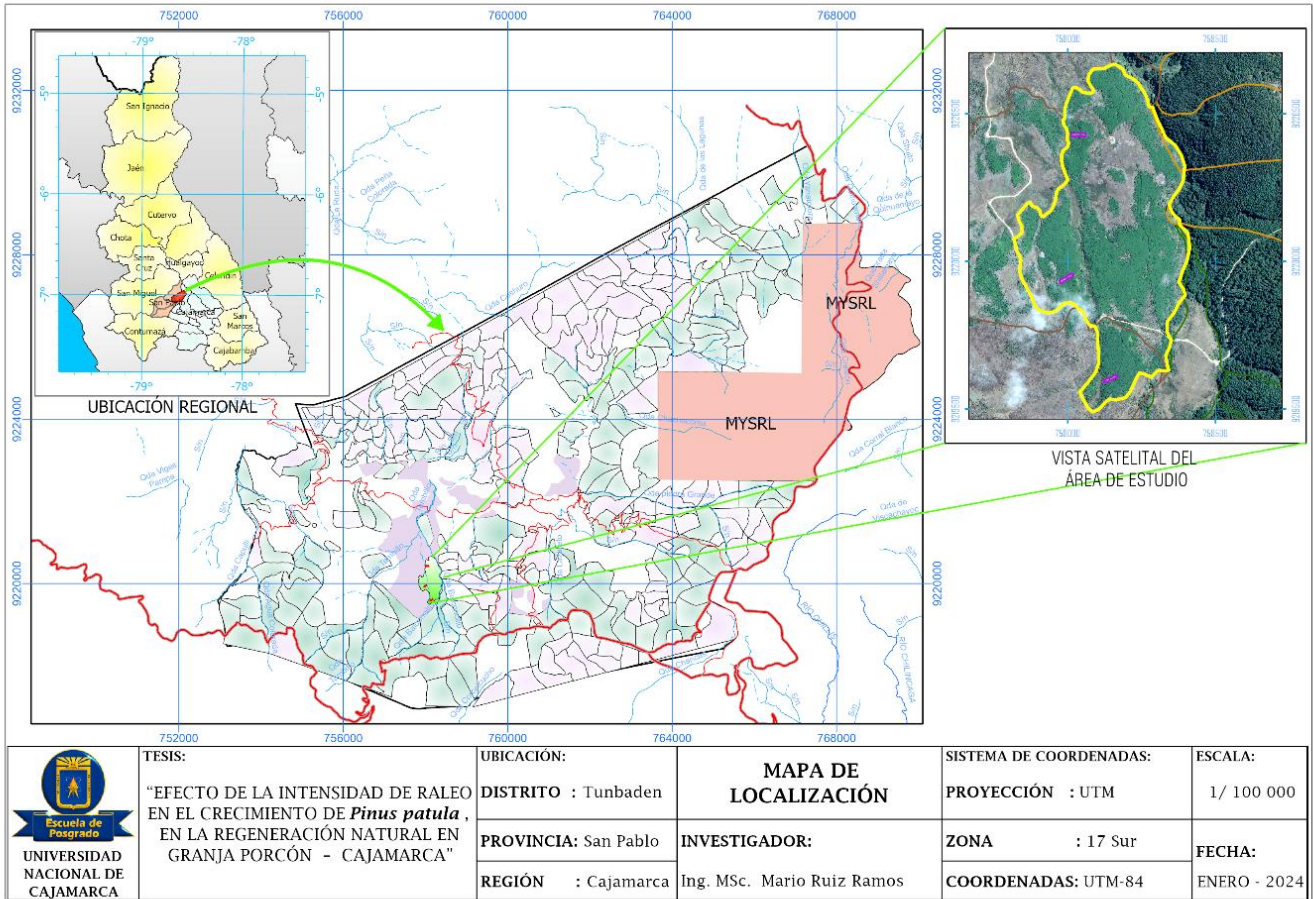
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica de la investigación.

El trabajo de investigación se realizó en el área de tala raza con regeneración natural de las plantaciones de *Pinus patula*, en el lugar denominado Laguna Seca (35. 3849 ha) en la margen derecha de la vía que va de Cajamarca a San Pablo a 28 km de distancia. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM Bloque I (V1: 758011-9220434, V2: 758061-9220434, V3: 758061-9220424, V4: 758011- 9220424), Bloque II (V1: 757971-9219934, V2: 758014-9219960, V3: 758019- 9219951, V4: 757976-9219926), Bloque III (V1:758120-9219598, V2: 758167- 9219617, V3: 758170-9219607, V4: 758124-9219588) a una altitud de 3,345 msnm. Políticamente se encuentra localizado en el centro poblado de Granja Porcón, en el distrito de Tumbaden, provincia de San Pablo departamento de Cajamarca.

Figura 1.

Mapa de ubicación de la investigación



### 3.1.1. Accesibilidad

Para acceder a la zona de estudio se parte desde la ciudad de Cajamarca, por la carretera hacia Hualgayoc y Bambamarca (carretera de tercer nivel). A la altura del km 20, se voltea hacia la izquierda por carretera afirmada, nos conduce al caserío de Porcón Alto, se continúa hasta llegar a la vía asfaltada de Minera Yanacocha que conduce a San Pablo volteando a la izquierda, y se sigue la misma dirección que nos conduce hasta el lugar al control de entrada de Granja Porcón, de acá se sigue por un camino forestal a pie o en carro. El tiempo total de recorrido es de 50 minutos en camioneta.

### **3.1.2. Cobertura Vegetal y Fauna Silvestre**

#### **3.1.2.1. Cobertura vegetal.**

Las áreas existentes, están cubiertas por pastos naturales, en su mayoría compuesta por gramíneas nativas propias de las formaciones de jalca, cuya especie predominante es el *Calamagrostis spp*, de consistencia muy fibrosa y aceptada por el ganado solamente en su fase juvenil y rebrotes tiernos después de las “quemadas”. Y otras especies como, *Schizachyrium hirtiflorus*, *Aeopogon cenchroides*, *Muhlenbergia spp*, *Briza spp*, *Sporobolus spp*, *Paspalum spp*, *Agrostis spp*, *Festuca spp*, *Stipa spp*, *Agropyron sp*, *Poa sp* *Orthrosantus chimborazencis*.

Las especies arbóreas y arbustivas nativas de valor forestal, se encuentran como relictos en la ribera de los riachuelos y quebradas es el *Alnus acuminata*, *Buddleja longifolia*, *Satureja sericea*, *Gynoxys spp*, en los cercos de las parcelas el *Poly/epis racemosa*, entre otros. (ADEFOR, 2014)

#### **3.1.3. Condiciones ambientales promedios registradas en el experimento durante los años enero 2020 a enero 2022.**

El clima que comprende la zona de estudio, se caracteriza por presentar un clima de templado a frío, con verano lluvioso, cuya presencia de lluvias se inicia en octubre y concluye en abril, con 1121 a 1113 mm de precipitación; sin embargo, las precipitaciones pluviales son más estables e intensas de enero a marzo; la temperatura promedio oscila entre 4.52 a 17.12 °C, así como la humedad relativa presente en el suelo es de 23 a 53 % en los meses secos y de 60 a 90 % en los meses de lluvia. durante el día y descenden en las noches con riesgos altos de heladas. (SENAMI, 2022).

Tabla 1. gb

*Temperatura y horas Sol en la zona de estudio*

Meses	Temperatura (°C)			Horas de sol Total mensual (lux)
	Máxima X (M)	Mínima X (m)	Media	
Enero	16.60	5.55	11.08	113.00
Febrero	17.06	5.72	11.39	110.10
Marzo	16.39	6.13	11.26	79.25
Abril	17.41	6.11	11.76	129.10
Mayo	17.42	4.77	11.10	157.85
Junio	16.90	3.43	10.17	138.75
Julio	17.37	2.56	9.96	219.20
Agosto	17.61	2.62	10.12	197.85
Septiembre	17.39	3.66	10.53	167.30
Octubre	17.46	4.55	11.00	146.70
Noviembre	17.30	4.15	10.72	141.00
Diciembre	16.50	5.02	10.76	130.65
Me. Anual	17.12	4.52	10.82	144.23

*Fuente: Registro SENAMI - Cajamarca.*

### 3.2. Materiales y Equipos

#### 3.2.1. De campo

- Vernier o pie de rey
- Tablero acrílico,
- Libreta de campo,
- Sierras cola de zorro, Sierras de arco de 21”
- Fichas de evaluación
- Fichas de inventarios
- Planos, Carta nacional,
- EPPs (casco, botas, guantes, lentes)
- Wincha de 50 m,

- Estacas de 1 m x 10 cm
- Rafia,
- Crayolas
- Regla de metal metálica de 1m,
- Papel bond

### 3.2.2. Equipos

- Laptop
- Impresora

### 3.3. Metodología

Los métodos que se desarrollaron fue

#### 3.3.1. Fase de campo

Esta fase consistió en establecer en la zona de estudio, 3 bloques rectangulares de 500 m<sup>2</sup> es decir 10 m x 50 m, en cuyo interior se instalaron 12 parcelas o unidades experimentales rectangulares de evaluación de 4.17 m x 10 m según diseño experimental (DBCR), en donde se evaluaron las siguientes variables:

##### 3.3.1.1. Medición de las Variables dendrométricas

a) **Densidad de la regeneración natural de *Pinus patula*.** Para evaluar la densidad de la regeneración natural, en los bloques de 500 m<sup>2</sup> se estableció sub parcelas de 1.00 m x 1.00 m., delimitadas con rafia, donde se contabilizó el número de plantas regeneradas incluido los individuos muertos.

b) **Altura de planta.** Para evaluar la altura de planta se utilizó una regla metálica, que se colocó paralelo al fuste del árbol, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta en plántula o brinzal; para el caso de latizales y fustales, la altura de planta se midió con una pértiga de 3m.

c) **Diámetro (DAP).** La medida del diámetro se realizó con un vernier o calibrador para los brinzales al cuello de raíz y con una cinta diamétrica para los latizales y fustales a 1.30 m.

d) **Estado sanitario.** Se evaluó el estado en el que se encontró cada una de las plantas, en caso de presentar daños mecánicos o por actividad de insectos u otros patógenos se anotó en el registro de observaciones. Se utilizó el siguiente código: Sano (1), Dañado\* (2), Muerto\* (3), Sin guía (4), Viabilidad dudosa (5); (\*): Insectos.

### 3.3.1.2. Intensidad de raleo

Consistió en extraer la cantidad de árboles de la parcela de evaluación, en los estratos brinzales, latizales y fustales, para ello se tuvo que seleccionar los árboles a talar en cada bloque, seguidamente con un machete se realizó una marca en la corteza de los árboles, seguidamente se realizó el apeo o tala de los árboles teniendo en cuenta el diseño experimental dejando solo brinzales o latizales, con una tijera de podar pico de loro y los fustales se talaron con una motosierra. Para la densidad a dejar se tuvo en cuenta, que en una hectárea cabe 1,111 árboles a un distanciamiento de 3 x 3 m, en 500 m<sup>2</sup> que fue las parcelas se dejaron 55 árboles al aplicar el 40 % como intensidad de raleo, se dejó 35 árboles, al 60 % se dejó 22 y al 80 % se dejó 11 árboles de los cuales solo a 10 se evaluaron.

Los criterios aplicados en la selección de los árboles a ralear fueron:

1. Dominancia y calidad sanitaria. Se cortaron los suprimidos (muertos o enfermos) y aquellos que estaban por debajo del promedio de la altura de la parcela.
2. Los que tenían apariencia extraña, follaje amarillento, daños en la corteza, ápice muerto, ataque de insectos, hongos.
3. Condiciones de yema terminal muerta.
4. Tamaño y ángulo de ramas, ramas gruesas, con ángulo agudo respecto al fuste.

5. Forma del fuste. Se eliminaron torcidos, bifurcados, inclinados. Raíces sobresalientes.
6. Ramas entrecruzadas.
7. Sombra. No entra luz al suelo por las copas que cerraron el vuelo.

Figura 2.

Mapa de ubicación de Bloques y Tratamientos.

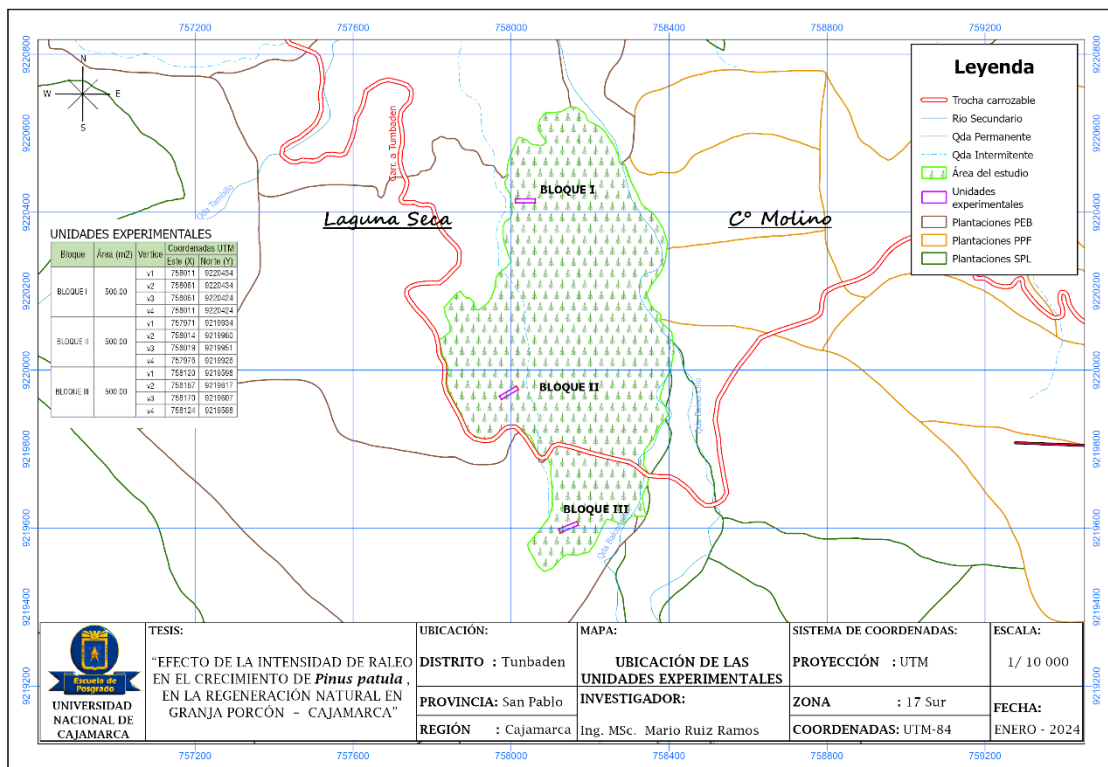




Figura 3.

*Distribución de Tratamientos*

N° Tratamientos	Código	Descripción
1	a <sub>1</sub> -r <sub>0</sub>	Brinzal al 00% Intensidad de raleo ( control)
2	a <sub>1</sub> -r <sub>1</sub>	Brinzal al 40% Intensidad de raleo
3	a <sub>1</sub> -r <sub>2</sub>	Brinzal al 60% Intensidad de raleo
4	a <sub>1</sub> -r <sub>3</sub>	Brinzal al 80% Intensidad de raleo
5	a <sub>2</sub> -r <sub>0</sub>	Latizal sin 00% Intensidad de raleo ( control)
6	a <sub>2</sub> -r <sub>1</sub>	Latizal al 40% Intensidad de raleo
7	a <sub>2</sub> -r <sub>2</sub>	Latizal al 60% Intensidad de raleo
8	a <sub>2</sub> -r <sub>3</sub>	Latizal al 80% Intensidad de raleo
9	a <sub>3</sub> -r <sub>0</sub>	Fustal al 00% Intensidad de raleo (control)
10	a <sub>3</sub> -r <sub>1</sub>	Fustal al 40% Intensidad de raleo
11	a <sub>3</sub> -r <sub>2</sub>	Fustal al 60% Intensidad de raleo
12	a <sub>3</sub> -r <sub>3</sub>	Fustal al 80% Intensidad de raleo

<b>BI</b>	2 a <sub>1</sub> -r <sub>1</sub>	4 ( a <sub>1</sub> -r <sub>3</sub> )	10 ( a <sub>3</sub> -r <sub>1</sub> )	6 ( a <sub>2</sub> -r <sub>1</sub> )	9 ( a <sub>3</sub> -r <sub>0</sub> )	3 ( a <sub>1</sub> -r <sub>2</sub> )	11 ( a <sub>3</sub> -r <sub>2</sub> )	5 ( a <sub>2</sub> -r <sub>0</sub> )	1 ( a <sub>1</sub> -r <sub>0</sub> )	12 ( a <sub>3</sub> -r <sub>3</sub> )	8 ( a <sub>2</sub> -r <sub>3</sub> )	7 ( a <sub>2</sub> -r <sub>2</sub> )
<b>B II</b>	7 ( a <sub>2</sub> -r <sub>2</sub> )	3 ( a <sub>1</sub> -r <sub>2</sub> )	5 ( a <sub>2</sub> -r <sub>0</sub> )	4 ( a <sub>1</sub> -r <sub>3</sub> )	12 ( a <sub>3</sub> -r <sub>3</sub> )	8 ( a <sub>2</sub> -r <sub>3</sub> )	9 ( a <sub>3</sub> -r <sub>0</sub> )	1 ( a <sub>1</sub> -r <sub>0</sub> )	10 ( a <sub>3</sub> -r <sub>1</sub> )	2 ( a <sub>1</sub> -r <sub>1</sub> )	6 ( a <sub>2</sub> -r <sub>1</sub> )	11 ( a <sub>3</sub> -r <sub>2</sub> )
<b>B III</b>	10 ( a <sub>3</sub> -r <sub>1</sub> )	2 ( a <sub>1</sub> -r <sub>1</sub> )	7 ( a <sub>2</sub> -r <sub>2</sub> )	11 ( a <sub>3</sub> -r <sub>2</sub> )	3 ( a <sub>1</sub> -r <sub>2</sub> )	5 ( a <sub>2</sub> -r <sub>0</sub> )	12 ( a <sub>3</sub> -r <sub>3</sub> )	4 ( a <sub>1</sub> -r <sub>3</sub> )	6 ( a <sub>2</sub> -r <sub>1</sub> )	8 ( a <sub>2</sub> -r <sub>3</sub> )	1 ( a <sub>1</sub> -r <sub>0</sub> )	9 ( a <sub>3</sub> -r <sub>0</sub> )

**3.3.2. Fase de Gabinete:** Se ha procesado y analizado los datos obtenidos en campo.

#### 4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Se ha utilizado el arreglo factorial de 3a x 4r, en un diseño de bloques completo (DBCA). Siendo los factores, F1= Estado de crecimiento (Brinzal, latizal, fustal) y F2= Intensidad de raleo (40%, 60%, 80 % y 00% (testigo)). Finalizada la evaluación se realizó los análisis individuales por cada bloque, luego se aplicó la prueba de homogeneidad de varianzas y se realizó el análisis combinatorio para determinar cuál es el mejor tratamiento en los bloques.

Tabla 2.

*Análisis de varianza para el diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizado.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Modelo I	Modelo II
<b>Bloques</b>	(r - 1)	$\frac{\sum_{i=1}^r Y_{i...}^2}{ab} - \frac{Y^2}{rab}$	$\frac{SC_{Bloques}}{(r - 1)}$		
<b>Tratamientos</b>	(T - 1)	$\frac{\sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y_{jk}^2}{r} - \frac{Y^2}{rab}$	$\frac{SC_{Tratam}}{(t - 1)}$	$\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$	$\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$
<b>A</b>	(a - 1)	$\frac{\sum_{j=1}^a Y_{.j.}^2}{rb} - \frac{Y^2}{rab}$	$\frac{SC_{(A)}}{(a - 1)}$	$\frac{CM_{(A)}}{CM_{error}}$	$\frac{CM_{(A)}}{CM_{(AB)}}$
<b>B</b>	(b - 1)	$\frac{\sum_{k=1}^b Y_{..k}^2}{ra} - \frac{Y^2}{rab}$	$\frac{SC_{(B)}}{(b - 1)}$	$\frac{CM_{(B)}}{CM_{error}}$	$\frac{CM_{(B)}}{CM_{(AB)}}$
<b>A B</b>	(a - 1)(b - 1)	$SC_{tratam} - SC_{(A)} - SC_{(B)}$	$\frac{SC_{(Ab)}}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{CM_{(AB)}}{CM_{error}}$	$\frac{CM_{(AB)}}{CM_{error}}$
<b>Error</b>	Ab(r - 1)	$SC_{total} - SC_{tratamientos} - SC_{(Bloques)}$	$\frac{SC_{error}}{ab(n - 1)}$		
<b>Total</b>	(abr - 1)	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2}{rab}$			

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Regeneración Natural

Tabla 3.

*Número de plantas por unidad de área (m<sup>2</sup>)*

TRAT.	CLAVE	REPETICIONES			TOTAL	PROM.	N° Plantas/ Categoría
		BI	BII	BIII			
T1	a1f0	104	85	85	274	91.33	70
T2	a1f1	46	87	75	208	69.33	
T3	a1f2	80	78	17	175	58.33	
T4	a1f3	77	64	46	187	62.33	
T5	a2f0	85	75	20	180	60.00	63
T6	a2f1	85	48	71	204	68.00	
T7	a2f2	85	54	40	179	59.67	
T8	a2f3	61	82	58	201	67.00	
T9	a3f0	80	75	21	176	58.67	61
T10	a3f1	63	60	41	164	54.67	
T11	a3f2	75	64	54	193	64.33	
T12	a3f3	71	70	60	201	67.00	
<b>TOTAL</b>		912	842	588	2342	<b>55</b>	

Según la tabla 3. Número de plantas de regeneración natural de *Pinus patula* por unidad de área (m<sup>2</sup>), podemos indicar que se tiene un promedio de 55 plantas por m<sup>2</sup> y en los 500 m<sup>2</sup> que constituyen las 12 unidades de evaluación se tiene un total de 2342 plantas. Así mismo el estrato Brinzal ocupa el primer lugar con mayor cantidad de plantas (70 plantas /m<sup>2</sup>), seguido del estado Latizal con (63 plantas/m<sup>2</sup>), y fustal con 61 plantas.

En cuanto a la evaluación por bloques el Bloque I cuenta con 912 plantas en el Bloque II cuenta con 842 plantas y el Bloque III con 588 plantas. Los resultados de la investigación tienen similitud con los resultados de Cabrera *et al.* (2022), quien determina que el estrato brinzal (133) es el que mayor cantidad de individuos presenta seguido de latizales y fustales (5). Fernández (2019) obtuvo en su investigación que

57.2% de los regenerados eran brinzales, 40.9 latizales solo 1.8% llegaron a la categoría latizal al igual que los autores citados en esta investigación se observó que el periodo sequia afecta gravemente debido a que la helada sienta en toda la masa y quema los ápices de la regeneración natural generando un rebrote al contorno del ápice y por la densidad inicial crecen en competencia con tallos delgados y débiles que con el transcurrir del tiempo van siendo eliminados. Rodríguez, (2007) en su investigación sostiene que la densidad de regeneración disminuyó de 7 000 a 4000 plantas/ha, al aumentar el porcentaje de cobertura.

Tabla 4.

*Análisis de variancia (ANOVA) para la variable N° promedio de plantas de regeneración Natural. [Datos transformados con  $Y = \log(x)$ ]*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2	0.015	0.007	4.7	0.0200
Regeneración (A)	2	0.01	0.0051	3.3	0.0558
Raleo (R)	3	0.006	0.0018	1.2	0.3330
A*R	6	0.007	0.0012	0.79	0.5874
Error	22	0.034	0.0015		
Total	35	0.072			

**C.V. = 1,83%**

La tabla 4. Análisis de variancia para la variable N° promedio de plantas de regeneración natural, muestra que no existe significación estadística para las fuentes tratamientos, regeneración (A) brinzal, latizal y fustal, raleo (B) y para la interacción de A x B, puesto que el valor de significación (p-valor) es mayor al 0.05, respectivamente, lo cual nos indica que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, entre la regeneración natural, entre la intensidad de raleo, y para la interacción de A x R, lo cual nos indica que dichos factores tienen

efectos independientes uno del otro sobre las plantas de regeneración natural, pero si hubo significación estadística para repeticiones, es decir hubo heterogeneidad en suelo, que desde luego esto no es lo que se busca, el coeficiente de variabilidad de 1,83% refleja que los datos resultan ser muy confiables.

Aroca (2016), en 3 años de evaluación de regeneración natural de *Pinus silvestre*, sostiene que por cada 1000 semillas viables de pino que llega al suelo, unas 170 consiguen germinar, 14 superan el primer periodo estival, 2 el segundo y menos de 2 el tercero. Poniendo de manifiesto la dificultad inicial y el establecimiento de la regeneración natural. En la investigación realizada se tiene que gran cantidad de semillas caídas al suelo germinan esto se debe a que hay un manto de materia orgánica en descomposición con favorable humedad y se establecen inicialmente sin dificultad, siendo la competencia las que va eliminando.

Fernández, (2019) en su investigación Distribución espacial de la regeneración de *Weinmannia lechleriana* (Cunoniaceae) en un bosque montano del sector San Alberto, Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, con el objeto de evaluar, la regeneración natural alrededor de diez árboles maduros. Mediante el establecimiento de cuatro transectos de 20 metros de longitud. Obtuvo 276 individuos alrededor de los 10 árboles; el 57,2% correspondió a la categoría de brinzal, el 40,9% a latizal y solo el 1,8% a la categoría de fustal, el promedio de regeneración natural fue de 27 individuos por árbol. Concluyendo que *Weinmannia lechleriana* aparentemente no presentaría problemas de regeneración natural en el área de estudio y que el establecimiento de fustales requiere mejores condiciones de luz.

## 4.2. Altura de planta

Tabla 5.

*Análisis de variancia (ANOVA) para evaluar el incremento de la variable altura de plantas en la regeneración natural.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	0.215	2	0.107	1.625	0.2197
Regeneración (A)	0.786	2	0.393	5.945	0.0086
Raleo (R)	0.115	3	0.038	0.582	0.6331
A*R	0.401	6	0.067	1.012	0.4427
Error	1.454	22	0.066		
Total	2.971	35			

**CV = 26.74 %**

Según la tabla 5 del análisis de variancia (ANOVA), realizado para evaluar el incremento de la altura total de plantas, nos muestra un valor de significación (p-valor = 0.2197) asociado a los bloques superior al 0.05, lo cual nos indica que los bloques utilizados en el estudio, no tienen un efecto significativo en la altura de las plantas, es decir, las diferencias observadas en la altura de la regeneración natural de pino no se deben a las diferencias entre los bloques utilizados.

En cuanto a los efectos independientes de cada factor, se observa que el factor Regeneración influye significativamente en la altura de las plantas puesto que la significación (p-valor = 0.0086) es mayor que 0.05, esto indica que las diferentes fases de crecimiento de los árboles (Brinzales, Latizal y Fustales) tienen un impacto significativo en la altura total. Por otro lado, el factor Raleo no muestra significancia en relación con la altura total de los árboles dado a que (p-valor = 0.6331) es mayor que 0.05, lo que indica que los diferentes niveles de intensidad de raleo no tienen un efecto significativo en la altura total de los árboles.

En cuanto a la interacción entre Regeneración y Raleo (A\*R), el ANOVA no muestra significación estadística (p-valor = 0.4427), dado que el valor de significación es mayor al 0.05, lo que indica que las 4 intensidades de raleos aplicados no tuvieron efecto en la altura de planta en los distintos estados de crecimiento en altura, ya sean brinzales, latizales o fustales.

El coeficiente de variación del 26.74 %, indica que existe un nivel medio de variabilidad en las mediciones de la altura de diferentes árboles analizados por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la altura fue adecuado.

Tabla 6.

*Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el efecto de Intensidad de Raleo (R) en la altura de planta (m).*

<b>Regeneración</b>	<b>Altura total (m)</b>	<b>Agrupación</b>
Latizal	1.146	A
Fustal	0.954	AB
Brinzal	0.784	B

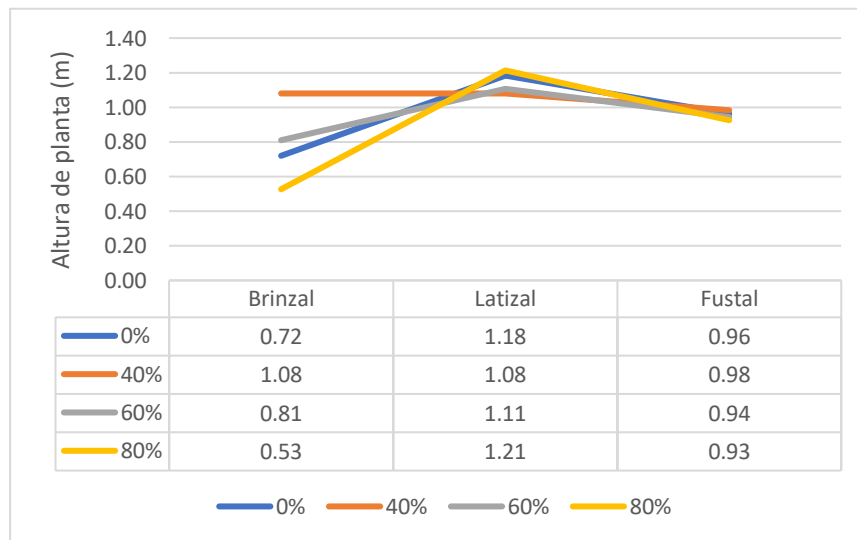
Según la tabla 6, al realizar la prueba de tukey al 5% de probabilidades para el efecto de la intensidad de raleo en la altura de plantas, nos muestra que la regeneración natural en estado de Latizal tiene el mayor incremento promedio en la altura total, con un valor de 1.146 m., estadísticamente iguales con el estado fustal con 0,954 m., pero superior al estado brinzal quien tiene la menor altura 0.784 m. La fase de crecimiento latizal puede caracterizarse por una mayor tasa de crecimiento vertical, ya que la regeneración natural de *Pinus patula* en estado Latizal están experimentando una rápida expansión en altura en su fase de desarrollo. Esto puede estar relacionado con una mayor disponibilidad de recursos y una mayor densidad de regeneración natural como competencia entre ellos, lo que les permite alcanzar alturas mayores en un período de tiempo más corto.

Por otro lado, la regeneración natural en estado Fustal muestran un incremento promedio ligeramente menor en la altura total, con un valor de 0.954 m, resultado que no dista significativamente del obtenido con el Latizal. Aunque aún muestran un crecimiento, es posible que la fase Fustal represente una etapa de transición hacia la madurez del árbol, donde la tasa de crecimiento se nota disminuir en comparación con la etapa de Latizal.

Finalmente, la regeneración en estado de Brinzal muestran el menor incremento promedio en la altura total, con un valor de 0.784 m. Esta etapa de crecimiento inicial puede caracterizarse por un crecimiento más lento en altura, ya que los árboles están estableciendo sus sistemas de raíces y desarrollando estructuras básicas. La competencia por recursos y la limitada disponibilidad de luz solar pueden influir en el crecimiento más lento observado en esta etapa.

*Figura 4.*

Incremento de altura planta (m) en función a la intensidad de raleo (R)



Al interpretar los resultados de la altura total obtenidos en cada estado de la regeneración natural de pino según la intensidad de raleo Figura 4, se observan que la



regeneración natural en estado de Brinzal aumentan gradual la altura total a medida que aumenta el porcentaje de raleo. Inicialmente con un raleo del 0 % se registra un incremento de 0.72 m, a 1.08 m con un raleo del 40 %. Sin embargo, este incremento disminuye ligeramente a 0.81 m con un raleo del 60 %, y aún más a 0.53 m con un raleo del 80 %. Esto indica que un raleo moderado puede beneficiar el crecimiento vertical de los árboles en estado de Brinzal, pero niveles extremos de raleo pueden tener un efecto negativo en su crecimiento. Binnewies (2011) corrobora estos resultados con la evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* L en Tacuarembó etapa 2, crecimiento a la edad de 9-10 años – Uruguay, con el objeto de analizar los efectos de diferentes regímenes de raleo desde 1997 hasta 2008, mediante la utilización de datos de los años 2003, 2004, 2005 y 2008. En primera instancia para el período 1997-1999 todas las parcelas mantienen una densidad de 1000 árboles/ha; para el período de 2000- 2002 se diferencian seis tratamientos; en el año 2003 pasaron a ser diez tratamientos; en 2004 once tratamientos; en 2005 catorce tratamientos y para el periodo 2006-2008 quince tratamientos, más el tratamiento testigo, las variables evaluadas fueron Dap, Ab, Volt, Ima y Ht. Los resultados mostraron diferencias significativas para todas las variables evaluadas menos para la altura total.

En cuanto a la regeneración en estado de Latizal, se observa un aumento en la altura a medida que aumenta el raleo, alcanzando un valor máximo de 1.21 m con un raleo del 80%. Esto indica que, en general, el raleo puede tener un impacto positivo en el crecimiento vertical de los árboles en estado de Latizal, aunque puede haber un punto máximo más allá del cual el raleo adicional no produce un aumento significativo en la altura. Por otro lado, la regeneración en estado de Fustal muestra cambios mínimos en la altura total en respuesta al raleo. Los valores oscilan entre 0.93 y 0.98 metros, lo que muestra que el raleo no tuvo un efecto en el crecimiento vertical de estos árboles.

Estos resultados indican que el efecto del raleo en la altura de la regeneración natural de *Pinus patula* varía según el estado de desarrollo del árbol. Mientras que el raleo puede tener un impacto positivo en el crecimiento de los árboles en estado de Brinzal y Latizal, su efecto en los árboles en estado de Fustal es limitado. Además, niveles extremos de raleo pueden tener efectos negativos en el crecimiento vertical de los árboles.

Estos resultados son corroborados con los estudios de Felix (2015) en su investigación Evaluación del crecimiento de plantaciones juveniles de algarrobo blanco (*Prosopis lba griseb*) en el centro oeste del chaco argentino, utilizando plantaciones de 4, 5, y 7 años a diferentes distanciamientos de plantación pondera el diámetro y altura a los 7 años de edad como superiores con 0,172 y 0.87 m respectivamente concluye que el crecimiento es considerado como una función que depende de la especie, edad, densidad, y calidad de sitio.

Espinosa (1994) también encontró que el raleo no tuvo efecto significativo en el crecimiento en altura de los árboles. Sin embargo, Rodríguez (2007) En su estudio Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España) bajo el método de cuadrantes ocupados, tras el análisis sostiene que los crecimientos medios anuales aumentaron progresivamente de 11.24 cm/año ( $\pm 4.40$ ) en las parcelas con edad dominante, comprendidas entre cero y dos años a 18.67 cm/año ( $\pm 3.91$ ), en las parcelas de entre seis y ocho años. Los mayores crecimientos individuales se observaron en Bayubas con 31.20 cm/año a una edad dominante de 9.5 años. Así mismo sostiene que la densidad de la regeneración disminuye de 7000 a 4000 pies/ha-1 al aumentar el porcentaje de cobertura de la vegetación. De la experiencia en ADEFOR en plantaciones de *Pinus sp* podemos decir que esta especie crece 100 cm/año desde el momento de su instalación en campo

definitivo, siempre que se haya teniendo en cuenta la zonificación forestal, la calidad del plantón, calidad de la preparación de terreno y calidad en la plantación propiamente dicha.

Tabla 7.

*Medias de la altura total de plantas de regeneración según intensidad de raleo*

<b>Raleo (%)</b>	<b>Altura total (m)</b>
40	1.05
0	0.96
60	0.95
80	0.89

En la Tabla 7. Al relacionar las medias de altura total de plantas de la regeneración natural y las distintas intensidades de raleo aplicados se observa que el mayor incremento promedio en altura, de 1.05 m, se obtuvo en árboles sometidos a un raleo moderado del 40 %. Este resultado muestra que una reducción moderada de la densidad arbórea favorece un crecimiento moderado en altura, al permitir un mejor acceso a la luz solar y a la absorción de los nutrientes edáficos. En árboles con raleo intenso del 60 % se registró una muy pequeña disminución del incremento promedio en altura total, a 0.95 m, indicando que este nivel de raleo no optimiza completamente el crecimiento vertical. Por su parte, el raleo más drástico, de 80 %, arrojó el menor aumento promedio de la altura total con 0.89 m, lo que indica que una fuerte reducción de la densidad limita el crecimiento en altura. Finalmente, en ausencia de raleo (0 %), se obtuvo un incremento promedio de 0.96 m, indicando que la falta de raleo no implica un estímulo adicional al crecimiento vertical de los pinos durante el periodo de dos años. Según el ANOVA, no existe diferencias significativas entre estos resultados. Este resultado tiene similitud con el estudio efecto del raleo en el crecimiento *Eucaliptus nitens* de Díaz (2012) donde sostiene que el crecimiento en altura no se ve afectado por la intensidad de raleo.

### 4.3. Diámetro de planta

Tabla 8.

*Análisis de variancia (ANOVA) para evaluar el incremento en la variable diámetro de plantas en la regeneración natural*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	0.043	2	0.022	0.089	0.9152
Regeneración (A)	17.867	2	8.934	36.604	<0.0001
Raleo (B)	2.208	3	0.736	3.016	0.0517
A*B	3.389	6	0.565	2.315	0.0696
Error	5.369	22	0.244		
Total	28.878	35			

**C.V. = 29,30%**

En la tabla 8 el análisis de variancia (ANOVA) realizado para evaluar el incremento en la variable diámetro de plantas en la regeneración natural del *Pinus patula*, muestra un valor de significación (p-valor = 0.9152) superior al 0.05 para los bloques, lo que indica que los bloques utilizados en el estudio, no tienen un efecto significativo en el incremento en diámetro, es decir, las diferencias observadas en diámetros no se deben a las diferencias entre los bloques utilizados.

Respecto a los efectos independientes de cada factor, se observa que el factor Regeneración influye en el incremento del diámetro de los pinos, dado que el valor de significación (p-valor = <0.0001) es menor al 0.05. Esto indica que las diferentes fases o estados de crecimiento de la regeneración natural (Brinzales, Latizal y los Fustales) tienen un impacto significativo en el incremento diametral. Por otro lado, el factor Raleo no muestra significancia estadística (p-valor = 0.0517), esto indica que los diferentes niveles de intensidad de raleo no tienen un efecto en la circunferencia del árbol.

En cuanto a la interacción entre Regeneración y Raleo (A\*B), el ANOVA no muestra significancia estadística, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0696) es mayor al 0.05, lo que indica que raleo aplicado no afecta de manera significativa al diámetro de los árboles de pino en las distintas etapas de su desarrollo, ya sean brinzales, latizales o fustales.

El coeficiente de variación fue de 29.30 %, el cual indica que existe un nivel medio de variabilidad en las mediciones del CAP de diferentes arboles analizados por

tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir el diámetro fue adecuado.

Al comprar con el estudio de Díaz (2012) efecto del raleo en el crecimiento y algunas propiedades de la madera de *Eucalyptus nitens* en una plantación de 15 años, En el presente estudio se realizó la evaluación de un ensayo de intensidad de raleo en *E. nitens*, de 15 años de edad, intervenido a los 7 y 9 años, con densidades residuales de 300, 400, 500, 700 y un tratamiento testigo con 1070 arb ha<sup>-1</sup>. El objetivo fue conocer el efecto del raleo en el diámetro y altura de los árboles. Los resultados mostraron que el raleo afectó el diámetro, coeficiente de esbeltez, APA y APC, no así en la altura. Sin embargo, Ortega (2014), en su investigación influencia del raleo en plantaciones de *Pinus patula*, sustenta que la mayor tasa de crecimiento dimétrico proyectado a 25 años fue en la zona raleada, y menor incremento diametral en la zona sin raleo. Binnewies (2011) en la evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* L en Tacuarembó etapa 2, crecimiento a la edad de 9-10 años – Uruguay, con el objeto de analizar los efectos de diferentes regímenes de raleo desde 1997 hasta 2008, mediante la utilización de datos de los años 2003, 2004, 2005 y 2008. En primera instancia para el período 1997-1999 todas las parcelas mantienen una densidad de 1000 árboles/ha; para el período de 2000-2002 se diferencian seis tratamientos; en el año 2003 pasaron a ser diez tratamientos; en 2004 once tratamientos; en 2005 catorce tratamientos y para el periodo 2006-2008 quince tratamientos, más el tratamiento testigo. Los resultados mostraron diferencias significativas de incremento en diámetro. (Martiarena, 2014) en su investigación efecto del raleo sobre el crecimiento y la densidad de la madera de *Pinus taeda* implantado en misiones, Argentina. La plantación fue establecida en 1985, con 1,644 pl. ha<sup>-1</sup> y se manejó con tres intensidades de raleo (0, 33, 66%) en un ciclo de corta de 20 años, con intervenciones a los (8, 12, 16, 20 años), bajo un diseño de bloques completos al azar

(3 bloques). Los resultados mostrarán que el crecimiento de la plantación fue afectado por la intensidad de raleo registrándose diámetros promedios de 28,7, 34,8, 45,9 cm respectivamente en los tratamientos 0, 33, 66%. Los valores de la densidad a la tala final fueron 0.406, 0,419, 0,420 para los tratamientos antes indicados. Sostiene que a mayor intensidad de raleo mayor incremento del diámetro. Finalmente concluye que el crecimiento en diámetro del *Pinus taeda* responde positivamente ante la aplicación de diferentes intensidades de raleo a lo largo del turno de rotación hasta los 20 años.

Tabla 9.

*Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el efecto de regeneración natural (A) en el diámetro de planta (cm).*

<b>Regeneración</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
Latizal	2.60	A
Fustal	1.57	B
Brinzal	0.89	C

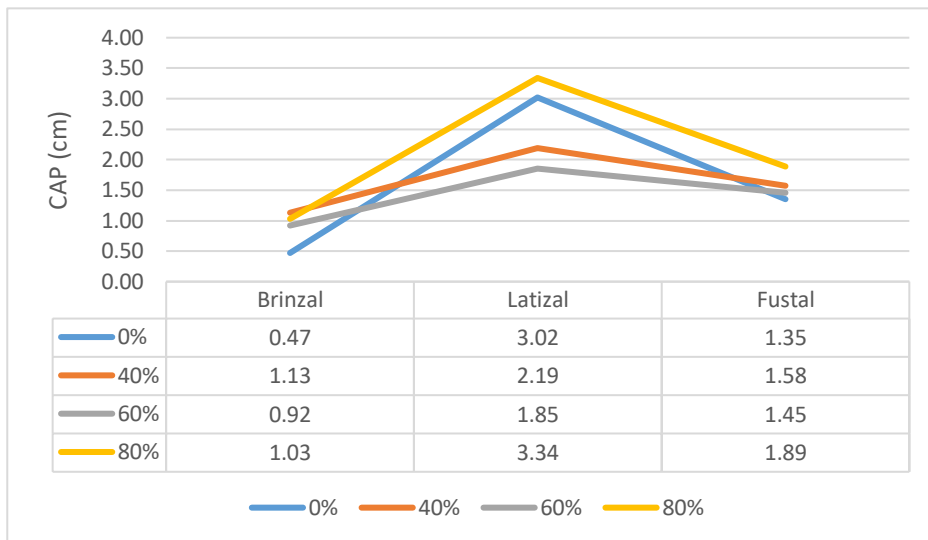
Los hallazgos de la prueba de Tukey revelan que el incremento del diámetro en dos años varía significativamente entre las diferentes fases de regeneración de *Pinus patula* en la Granja Porcón. El Latizal, muestra el mayor incremento promedio en diámetro (2.60 cm), el cual podría estar experimentando condiciones más favorables para el crecimiento en comparación con el Fustal y el Brinzal.

Por otro lado, el Fustal exhibe un incremento intermedio de diámetro (1.57 cm), lo que indica que este estado de regeneración está experimentando ciertos desafíos ambientales y de competencia entre ellos que limitan su crecimiento en comparación con el Latizal. Estos desafíos podrían incluir una mayor competencia por la luz solar debido a la densidad de la regeneración natural de *Pinus patula* en crecimiento y por ende a la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Finalmente, el Brinzal muestra el menor incremento en diámetro (0.89 cm), lo que indica que esta fase de regeneración está experimentando condiciones ambientales adversas aún más desafiantes a la aplicación de raleos puesto que quedan aislados en comparación con el Latizal y el Fustal.

Figura 5.

Incremento de diámetro (cm) en cada fase según intensidad de raleo.



En la Figura 5. Al analizar los resultados del incremento de diámetro en dos años según el estado regeneración natural de *Pinus patula* y la intensidad de raleo, se observan que en el estado de Brinzal, se nota un aumento gradual en el incremento promedio del diámetro a medida que aumenta el porcentaje de raleo. Específicamente, se observa un incremento moderado con un raleo del 40 % (1.13 cm) y del 80 % (1.03 cm), mientras que los niveles extremos de raleo (0 % y 60 %) parecen tener un impacto menos favorable en el crecimiento de los árboles de esta etapa.

En cuanto al estado de Latizal, se observan cambios más notables en el incremento del diámetro en respuesta a la intensidad de raleo. Mientras que niveles extremos de raleo (0% y 80%) muestran un aumento significativo en el crecimiento (3.02 cm y 3.34 cm respectivamente), los niveles moderados (40 % y 60 %) parecen afectar de manera

negativa el crecimiento de los árboles de esta etapa, reduciendo el incremento promedio de diámetro (2.19 cm y 1.85 cm respectivamente).

Para el estado de Fustal, se observa una tendencia más consistente de incremento en diámetro con el aumento de intensidad de raleo. Los niveles moderados e intensos de raleo (40%, 60% y 80%) muestran un incremento progresivo de diámetro con (1.58 cm, 1.45 cm y 1.89 cm respectivamente), mientras que el raleo mínimo (0%) resulta en un crecimiento más modesto (1.35 cm).

Tabla 10.

*Medias del incremento de diámetro según intensidad de raleo*

<b>Raleo (%)</b>	<b>DIÁMETRO (cm)</b>
80	2.09
40	1.63
0	1.62
60	1.41

Según la Tabla 10. Al analizar el efecto de la intensidad de raleo en el incremento de diámetro en dos años, se observa que con una intensidad del 80 % se obtiene el mayor incremento promedio (2.09 cm), indicando que una reducción en la densidad de la regeneración natural de *Pinus pitula* favorece un incremento en diámetro al permitirles acceder a más recursos. Por otro lado, una intensidad del 40 % muestra un incremento ligeramente menor (1.63 cm), sugiriendo que, aunque el raleo reduce la competencia entre los árboles, este efecto puede ser menos marcado que con una intensidad del 80 %. Una intensidad del 60 % resulta en el menor incremento promedio (1.41 cm), lo que indica que un nivel intermedio de raleo puede no ser tan beneficioso para el incremento diametral de la regeneración. Además, la ausencia de raleo no conduce a un incremento en el crecimiento de los árboles en comparación con una intensidad del 40 %. Según el ANOVA, no existe diferencias significativas entre los resultados obtenidos por el raleo.



Estos resultados tienen similitud a los resultados obtenidos por Díaz (2012) quien sostiene que los tratamientos más intensamente raleados al (60% y 70 %) fueron estadísticamente significativos en cuanto al incremento diametral, con 5,9 y 9.3 cm. El estudio efecto de intensidades diferentes de raleo de *Pinus radiata* Callipulli - Chile de Espinosa (1994) después de seis años que fue sometido a diferentes tratamientos de raleo, las densidades residuales fueron 400, 600, 800 y 1,200 árboles por hectárea y un testigo. Como respuesta al raleo, señala que las parcelas más intensamente raleadas (T1 60% y T2 40%) mostraron mayor tasa de crecimiento en diámetro anual superior a 22 cm, en las parcelas testigo o ligeramente raleadas los rangos son de 14 - 20 cm. Finalmente concluye que el raleo no tuvo un efecto definido en el crecimiento en altura y en el periodo 88-91 no existe diferencia significativa entre parcelas raleadas. Martiarena (2014) sostiene que *Pinus taeda* responde positivamente ante la aplicación de diferentes intensidades de raleo a lo largo del turno de rotación hasta los 20 años pero que a mayor intensidad de raleo mayor incremento diametral.

#### **4.4. Influencia de la humedad del suelo (%) en el crecimiento (m) de árboles por bloque.**

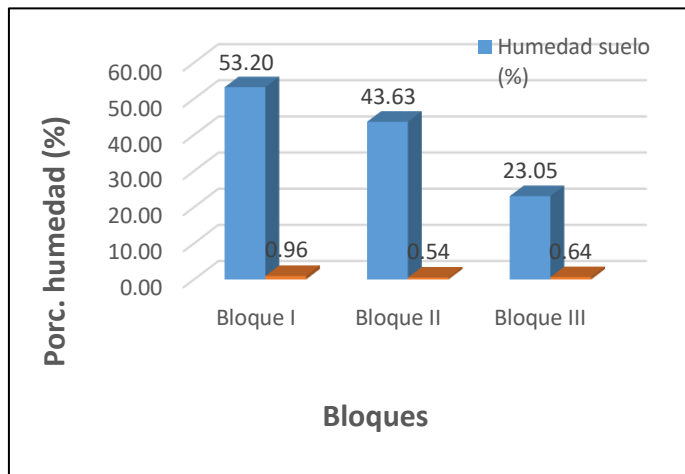
Tabla 11.

*Humedad del suelo (%) por bloque en el experimento*

<b>BLOQUE</b>	<b>Humedad suelo prom. (%)</b>	<b>Altura planta prom. (m)</b>
Bloque I	53,20	0,96
Bloque II	43,63	0,54
Bloque III	23,05	0,64

Figura 6.

Influencia de la humedad del suelo en el crecimiento de árboles.



En la figura 07, se observa que a medida que se incrementa la humedad del suelo también se incrementa la altura de los árboles por bloque, en todo el experimento, esto debido a que el agua es fundamental como solvente para la disolución y la traslocación de nutrientes y por ende influye en el crecimiento de los árboles de pino específicamente en la especie *Pinus patula*.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### A.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio y dentro de los lineamientos perseguidos a través de los objetivos trazados, se concluye lo siguiente:

1. En cuanto al efecto de las intensidades de raleo aplicado en la investigación, a la fecha del último control podemos ver que no tuvo efecto significativo en el crecimiento en altura en la regeneración natural. Sin embargo, al relacionar las medias de altura total, la mayor altura de planta se ha logrado con el tratamiento T6 (Regeneración natural latizal + 40% de intensidad de raleo) con 1.05 m.
2. El mayor número de individuos por unidad de área, fueron logrados con la regeneración natural nivel a1: Regeneración natural brinzal con 70 plantas, seguido del nivel a2: Latizal con 63 y Fustal con 61 plantas por m<sup>2</sup>, a diferencia de otras especies forestales que tienen dificultad para establecerse, *Pinus patula* muestra una buena dinámica de establecimiento.
3. Al relacionar las medias de los diámetros, el mayor incremento en diámetro se ha logrado con el tratamiento T8 (Regeneración natural latizal + 80% de intensidad de raleo) con 2.09 cm promedio.

#### B.- RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Cooperativa Atahualpa Jerusalén – Granja Porcón tener en cuenta los resultados de la presente investigación, que con una intensidad de raleo al 40 % se logrará un crecimiento en altura moderado y con un raleo severo de 80 % se obtendrá un mayor incremento en diámetro si el objetivo sería producir madera para aserrío.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, V. (2020). Evaluación de tratamientos silviculturales en la sostenibilidad de bosques tropicales en la Región Huetaar Norte, Costa Rica.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v54n1/2215-3896-rca-54-01-140.pdf>  
<https://doi.org/10.15359/rca.54-1.8>.
- ABC (2022 5 de julio) Nutrientes del suelo.  
<https://www.abc.com.py/articulos/nutrientes-del-suelo-866315.html>
- Affeld, P. (2014) Diseño para la organización territorial de un bosque nativo del tipo forestal Roble raulí [Tesis posgrado Chile]
- Aguirre M., (2019) Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador.  
<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>
- Alegría M. W. y Tello E.R, (2016). Dinámica de la regeneración natural en claros y frecuencia de claros en bosques de terraza baja, Iquitos Perú.  
<http://www.unapiquitos.edu.pe/investigacion/oginv/>
- Aroca F. P, (2016). La regeneración natural del *Pinus sylvestris*.en valle de Loayza-Madrid. [tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid].
- Asensi, A. (2002) El método científico y la nueva filosofía de la ciencia.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63500001>
- Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal – ADEFOR, (2000). Manejo Forestal. Primera Edición. Cajamarca – Perú. 250 pág.
- Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal – ADEFOR (2014). Plan General de Manejo Forestal (PGMF), de las plantaciones de la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalen- Granja Porcón.

- Beek, R., y Sáenz, G (1992). Manejo basado en la regeneración del bosque, estudio de caso en los rodales de la altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica, Catie, Universidad de Costa Rica.
- Bernaola-Paucar, R. M., Pimienta Barrios, E., Gutiérrez González, P., Ordaz Chaparro, V. M., Alejo Santiago, G., & Salcedo Pérez, E. (2015). Efecto del volumen del contenedor en la calidad y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en sistema doble-trasplante. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(28), 174-187.
- Binnewies (2011), Evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda*, en tacuarembó etapa 2 crecimiento a la edad de 9-10 años mayo [tesis postgrado].  
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/9668>
- Castro B (2011). Evaluación de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* l en tacuarembó etapa 2 crecimiento a la edad de 9-10 años.
- Chazdon, R., Lindenmayer, D., Crouzeilles, R., Rey Benayas, J. M., Chavero, E. L., y Guariguata, M. R. (2020). La regeneración natural del bosque en tierras abandonadas como estrategia de restauración (Vol. 286). CIFOR.  
<https://doi.org/10.17528/cifor/007621>
- Condo, P. (2019) Diseño experimental. Edit. La Caracola- Ecuador.  
<http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs>.
- Cruz-Alonso, V., Ruiz-Benito, P., Villar-Salvador, P., y Rey-Benayas, J. M. (2019). Long-term recovery of multifunctionality in Mediterranean forests depends on restoration strategy and forest type. *Journal of Applied Ecology*, 56(3), 745-757.
- Díaz, B. (2012). Efecto del raleo en el crecimiento y algunas propiedades de la madera de *Eucalyptus nitens* en una plantación de 15 Años. *Ciencia y tecnología*, 14(3): 373-388. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2012005000009>.
- Díaz. H, D., (2020) Dinámica de la regeneración de *Pinus montezumae* posterior a un incendio y a quema prescrita. en las Alturas de Pizarras del municipio de

- Viñales, Pinar del Río, Cuba. Revista. Madera y Bosques,  
<https://doi.org/10.17129/botsci.2634>. vol. 25, núm. 2.
- Directorio Forestal Maderero - DFM, (2016, 20 junio). Reforestación versus  
regeneración natural en tierras degradadas.
- Dvorak, W., y Donahue, J., (1992) Cooperative research review. North Carolina State  
University. 93 p
- Espinosa B. (1994). Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un  
rodal de *Pino radiata*. <https://doi.org/10.4206/bosque.1994.v15n1-07>.
- FAO, (2016). Los bosques y el cambio climático en el Perú.
- Felix M. J, (2015) Evaluación del crecimiento de plantaciones juveniles de algarrobo  
blanco (*Prosopis alba griseb*) en el centro oeste del Chaco Argentino.
- Fernández A.P, (2016). La regeneración natural del *Pinus sylvestris*. En el valle  
Lozoya- Madrid. 215 pág. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de  
Madrid]. <https://core.ac.uk/download/pdf/148679621>.
- Fernández H, R., (2019) Distribución espacial de la regeneración de *Weinmannia*  
*lechleriana* (Cunoniaceae) en un bosque montano del sector San Alberto,  
Parque Nacional Yanachaga-Chemillén. (Perú).  
<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26109>
- Galán, L. (2022) Crecimiento de *Pinus patula var. longepedunculata* Loock en  
plantaciones de la Sierra Sur de Oaxaca.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2022.2811438>
- García, O. (1994) The state-space approach in growth modelling, Canadian Journal of  
Forest Research, Vol. 24, No. 9, pp. 1894-1903. Jica
- García, (2019). Biomasa estructural y por compartimentos en regeneración de *Pinus*  
*patula* en áreas con matarrasa. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511713>.

- Geréz, P. (2016). Manual para el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles.  
<https://www.Researchgate.net/publication/299462078>
- Gómez, P. y Hahn, S. (2017). Regeneración posincendio de plantas leñosas en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, zona costera, Región del Maule, Chile central. *Gayana. Botánica*, 74(2), 302-306. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432017000200302>.
- González-Caro, S., y Vásquez, A. (2017). Estado de los bosques de Antioquia entre 1990-2015. Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia, 61-84.
- González-Menéndez, M., Alonso-Torrens, Y., Urrutia-Hernández, I., Miñoso, Y., Santana, I., Luis-Suárez, J., & González-Torres, C. M. (2019). Structure and composition of natural holm oaks in the Slate Altitude from Viñales Municipality, Pinar del Río, Cuba. *Madera y bosques*, 25(2).
- Guerra, B. (2013) Efecto de la densidad de plantación en la rentabilidad de plantaciones de *Eucalyptus globulus*. <http://www.chapingo.mx/revistas>  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.051.
- Hecho. (2023) Proceso de la germinación de semillas  
<https://www.echocommunity.org/resources/f3ffd294-1038-49d2-9e>
- Hernández R., J., (2020). Regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl En base al gradiente altitudinal en el ejido Malila, Hidalgo. <http://www.reibci.org/oct-20.html>
- Hernández R., J., García M., J. J, Muñoz F., H. J., García C., X., Sáenz R., T., Flores L., C., & Hernández R., A. (2013). Guía de densidad para manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. en Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(19), 62–77. Doi: 10.29298/rmcf.v4i19.379

[https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=565970#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=565970#null).

- INIA, (2016). Procesos de regeneración natural de la quina (*Cinchona sp.*)
- International Taxonomic Information System – ITIS. (2019). Taxonomy and Nomenclature de *Pinus patula*.
- Jadán *et al.* (2018). Regeneración de árboles en ecosistemas naturales y plantaciones de *Pinus patula* (Pinaceae) dentro de un gradiente altitudinal andino. <https://doi.org/10.1109/5.771073>.
- Madeville, P. (2012) Diseños experimentales. Ciencia-UANL- México Vol 15. <https://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed>.
- Martiarena, R., Crechi, E., Pinazo, M., Von Wallis, A., Marquina, J., & Monteoliva, S. (2014). Efecto del raleo sobre el crecimiento y la densidad de la madera de *Pinus taeda* implantado en Misiones, Argentina. *Ciencia Florestal*, 24, 655.
- Ministerio del Ambiente – MINAM (2019) Línea de base de especies forestales (*pinus sp* y *eucalyptus sp.*) con fines de bioseguridad.
- Mollinedo, M. (2016). Caracterización del crecimiento de plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* Linn f.), República de Guatemala. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221327>.
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 130-143.
- Ortega, R. (2014). Evaluación de la Influencia del raleo en el crecimiento de *Pinus patula* Schl. [Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca] <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/867>  
<https://www.biodic.net/palabra/brinzal/>



- Ospina, P. (2016) El *Pinus patula* en la zona andina de Colombia. Editorial Bane Color S.A.S. ISBN 978-958-8490-09-0
- Pérez, A., Vargas, C., Bonilla, M., & Rojas, O. (2017). La dispersión de semillas por aves y la recuperación del bosque mesófilo de montaña. Retrieved from INECOL:<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-6-ciencia-hoy/632-la-dispersion-de-semillas-por-aves-y-la-recuperacion-del-bosquemesofilo-de-montana>
- Prieto R. (2018). Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. DOI: 10.29298/rmcf.v9i47.182
- Ramírez, H. (2019). Sistema de crecimiento y rendimiento maderable para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Campeche, México. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531908>.
- Rodríguez L., R. (2010). Manual de prácticas de viveros forestales. Colección de manuales de ingeniería forestal. Área Académica de Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hgo., México. 51
- Hernández, J., Razo, R., Rodríguez, R., González, G., Goche, J. R., Prieto, J. Á., y Pérez, J. F. (2020). Regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(2), 12-18. <http://www.reibci.org/publicados/2020/oct/4000108.pdf>
- Rodríguez, G. (2007) Análisis de la regeneración natural de *Pinus pnaster* Ait. en los arenales de Almazan-Bayubas (España). *Sist Recur For* 16(1), 25-38
- SENAMI (2023). reporte de la temperatura y horas sol mensual en la estación meteorológica Porcón.
- Caranqui, J., y Suarez, D. (2016). Análisis de la regeneración natural después de la explotación de pino en el páramo de Tamboloma (Tungurahua-Ecuador).

- Tello, LL. (2016) Estudio de la dinámica de regeneración natural de un bosque de neblina en el Nor Oriente del Perú.
- Vallejo, A, (2018). *Pinus patula*. <https://www.forestmaderero.com/articulos>
- Vanclay J. K, (1994). Modeling forest growth and yield, Applications to mixed tropical forests, CAB International, UK. pp. 312.
- Verdesoto, C. C., Quiroz, L. M., Piloza, D. S., González, A. J., & Archundia, G. B. (2022). Análisis de la regeneración natural de las especies forestales del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí. *Ab Intus*, (9), 7-17.
- Whitmore, T. C. (1989). *Tropical forest nutrients, where do we stand? A tour de horizon*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19921962485>
- Zuluga, Z. M. (2020). Efecto de la regeneración de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y Cham sobre la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino del Embalse del Neusa (Tausa-Cundinamarca). [tesis doctoral, Pontificia Universidad Javeriana Cundinamarca].

## VII. ANEXO

### Anexo 1.

Número de individuos por unidad de área de regeneración natural por parcela de 500 m<sup>2</sup>. (Datos originales)

TRAT.	CLAVE	REPETICIONES			TOTAL	PROM.	N°/CAT
		I	II	III			
T1	a <sub>1</sub> r <sub>0</sub>	104	80	70	254	84.67	
T2	a <sub>1</sub> r <sub>1</sub>	46	78	75	199	66.33	67.92
T3	a <sub>1</sub> r <sub>2</sub>	80	78	17	175	58.33	
T4	a <sub>1</sub> r <sub>3</sub>	77	64	46	187	62.33	
T5	a <sub>2</sub> r <sub>0</sub>	85	75	20	180	60.00	
T6	a <sub>2</sub> r <sub>1</sub>	85	48	71	204	68.00	63.67
T7	a <sub>2</sub> r <sub>2</sub>	85	54	40	179	59.67	
T8	a <sub>2</sub> r <sub>3</sub>	61	82	58	201	67.00	
T9	a <sub>3</sub> r <sub>0</sub>	80	75	21	176	58.67	
T10	a <sub>3</sub> r <sub>1</sub>	63	60	41	164	54.67	
T11	a <sub>3</sub> r <sub>2</sub>	75	64	54	193	64.33	61.17
T12	a <sub>3</sub> r <sub>3</sub>	71	70	60	201	67.00	
<b>TOTAL</b>		912	828	573	2313	<b>55.07</b>	

### Anexo 2.

Datos transformados con  $Y = \log(x)$

Regeneración	Brinzal				Latizal				Fustal			
	0	40	60	80	0	40	60	80	0	40	60	80
I	2.1461	2.1139	2.1761	2.2041	2.1761	2.1139	2.1461	2.1553	2.1303	2.1139	2.1461	2.1461
II	2.1931	2.2041	2.2175	2.1461	2.1139	2.1614	2.1303	2.1303	2.1139	2.1461	2.1399	2.1303
III	2.0645	2.301	2.2553	2.2304	2.1761	2.1847	2.2041	2.1761	2.1761	2.1614	2.1761	2.2041
Total	6.40	6.62	6.65	6.58	6.47	6.46	6.48	6.46	6.42	6.42	6.46	6.48
Promedio	2.13	2.21	2.22	2.19	2.16	2.15	2.16	2.15	2.14	2.14	2.15	2.16

### Anexo 3

Altura de planta (cm) de la regeneración natural por parcela de 500 m<sup>2</sup>.

Regeneración	Brinzal				Latizal				Fustal			
	0	40	60	80	0	40	60	80	0	40	60	80
I	1.26	1.54	1.03	0.51	1.18	1.18	1.02	1.01	1.06	0.94	0.83	0.72
II	0.54	0.58	0.79	0.57	1.53	1.1	1.27	1.43	0.92	0.94	1.2	1.23
III	0.36	1.12	0.61	0.5	0.84	0.96	1.03	1.2	0.91	1.07	0.8	0.83
<b>Total</b>	<b>2.16</b>	<b>3.24</b>	<b>2.43</b>	<b>1.58</b>	<b>3.55</b>	<b>3.24</b>	<b>3.32</b>	<b>3.64</b>	<b>2.89</b>	<b>2.95</b>	<b>2.83</b>	<b>2.78</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.72</b>	<b>1.08</b>	<b>0.81</b>	<b>0.53</b>	<b>1.18</b>	<b>1.08</b>	<b>1.11</b>	<b>1.21</b>	<b>0.96</b>	<b>0.98</b>	<b>0.94</b>	<b>0.93</b>

Anexo 4

Diámetro de planta (cm) de la regeneración natural por parcela de 500 m<sup>2</sup>.

Regeneración	Brinzal				Latizal				Fustal				
	Raleo	0	40	60	80	0	40	60	80	0	40	60	80
I		0.79	1.43	0.95	0.82	3.24	1.54	1.41	3.25	0.90	1.70	1.42	2.20
II		0.35	0.95	1.24	0.81	3.13	1.73	2.57	3.35	1.00	1.56	1.50	2.29
III		0.29	1.01	0.56	1.47	2.71	3.30	1.58	3.42	2.16	1.47	1.44	1.17
<b>Total</b>		<b>1.43</b>	<b>3.39</b>	<b>2.75</b>	<b>3.10</b>	<b>9.08</b>	<b>6.57</b>	<b>5.56</b>	<b>10.02</b>	<b>4.06</b>	<b>4.73</b>	<b>4.36</b>	<b>5.66</b>
<b>Promedio</b>		<b>0.48</b>	<b>1.13</b>	<b>0.92</b>	<b>1.03</b>	<b>3.03</b>	<b>2.19</b>	<b>1.85</b>	<b>3.34</b>	<b>1.35</b>	<b>1.58</b>	<b>1.45</b>	<b>1.89</b>

## Panel Fotográfico

### Anexo 5

Instalación de bloques según el diseño experimental



### Anexo 6

Georreferenciación de parcelas de evaluación





*Anexo 7*

*Estructura de la regeneración natural de Pinus patula*



*Anexo 8*

Evaluación de número de plantas por m<sup>2</sup>



*Anexo 9*  
Raleo de *Pinus patula*



## CAPITULO VIII

### PROPUESTA MANEJO DE REGENERACIÓN NATURAL EN PLANTACIONES DE *Pinus patula*

La presente propuesta se realiza en base a los resultados de la investigación EFECTO DE LA INTENSIDAD DE RALEO EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus patula*, EN LA REGENERACIÓN NATURAL EN GRANJA PORCÓN – CAJAMARCA, como una guía para conducir a la regeneración natural de *Pinus patula* a una población de estructura normal. Orientado a una producción sostenida, capaz de contribuir a la solución de problemas socioeconómicos y con una alta eficiencia de servicios ambientales. Teniendo en cuenta que en la en la zona de estudio el tipo de regeneración natural que se tiene es por tala raza.

#### **6.1 Regeneración natural de plantaciones de *Pinus patula*.**

Las definiciones ya no lo trataremos aquí puesto que se tiene en marco teórico

##### **6.1.1. Clasificación.**

Existe muchas clasificaciones, pero en el estudio se ha considerado la dimensional, que abarca los estados de crecimiento (Brinzal, Latizal y Fustal) y la ecológica, que trata de regeneración en áreas por tala raza, regeneración bajo dosel.

#### **6.2. Dinámica de la regeneración natural de *Pinus patula* en Granja Porcón**

Teniendo en cuenta que en la en la zona de estudio el tipo de regeneración natural que se tiene es por tala raza de la plantación. Después del aprovechamiento, queda las ramas en donde se encuentran los conos que después se abren y dejan cae las semillas y estas encuentran las condiciones de humedad, temperatura y germinan y posteriormente logran establecerse que según el estudio tenemos de 77 plántulas/m<sup>2</sup>



### **6.3. Manejo de la regeneración natural.**

Es organizar en el tiempo y en el espacio las operaciones necesarias, para conducir la regeneración natural a un estado actual y futuro, consiste en aplicar técnicas y tratamientos silviculturales, que permiten organizar la producción forestal, de acuerdo a los objetivos y fines previstos (ADEFOR, 2020)

#### **6.3.1. Planificación de las intervenciones silviculturales**

Aquí se debe primero definir cuál es el objetivo del servicio que dará la regeneración natural a futuro (madera para aserío, postes, pallets), definir la intensidad de raleo, determinar la técnica a utilizar, la edad, los recursos, los equipos y herramientas.

#### **6.3.2. Elección del sistema de aclareo a aplicar**

La alteración que sufrirá la regeneración natural dependerá mucho del sistema de raleo que se aplique y en particular de la intensidad de raleo que se ha definido, así mismo también hay que tener en cuenta ¿cuál es el objetivo final de la regeneración natural?, ¿cuántos árboles deben quedar? EL SISTEMA DE RALEO más apropiado a aplicar en una regeneración natural es el raleo SELECTIVO por lo bajo y por lo alto, el silvicultor escoge que individuos debe eliminar en el estrato latizal y fustal de acuerdo a diversos criterios.

#### **6.3.3. Materiales para raleo y la poda**

Tratándose de regeneración natural de 3 a 4 años las herramientas, materiales que nos permitirán realizar una labor amena tenemos tijera pico de loro de dos manos, sierra de arco de 21”, motosierra 125, EPP.

#### **6.3.4. El raleo.**

El estudio nos muestra que este tratamiento silvicultural en la regeneración natural se debe aplicar en el estado de crecimiento latizal cuyo régimen debe ser entre los 3 a 4 años, la primera intervención con una reducción moderada al 40 %, luego al 60 % a los

9 años y finalmente una reducción severa del 80% que puede ser a los 12 años nos permitirá tener fustes cilíndricos con madera de calidad con buen incremento en el diámetro.

#### **6.3.5. Densidad de la regeneración natural de *Pinus patula*.**

Primero se debe conocer la densidad de la regeneración natural a intervenir, del estudio sabemos que se establecieron un promedio de 55 plantas por m<sup>2</sup> y 2313 plantas en 500 m<sup>2</sup>. Considerando lo indicado por (Wolffson, 1984) que, en el proceso de crecimiento de los árboles, en su madures y máximo crecimiento el vuelo forestal (copas) llega a ocupar ente 7 a 8 m. de diámetro. Siendo así, un rodal maduro y bien desarrollado puede albergar entre 156 a 200 árboles por hectárea y esto se logra con una reducción sebera de árboles al 80% de aclareo.

#### **6.3.6. Criterios para selección de regeneración natural que deben quedar**

Plantas muy delgadas, suprimidas, mal posesionadas, bifurcadas, torcidos, plantas muy cerca,

#### **6.3.7. Momento para aplicar un raleo**

Las entresacas en la regeneración natural de *Pinus patula* no existe información con respecto al momento adecuado para realizarlo. Como se había indicado en la investigación al momento de intervenir la edad de la regeneración ya tenía 5 años, y se sugiere se realice a los 2 o 3 años puesto que a ese tiempo la se ha establecido, y no debe ser a más tiempo puesto que habrán crecido más y habrá más inversión de recursos. Otros indicadores para aplicar el aclareo es cuando la competencia por la luz, el agua y los nutrientes del suelo se intensifican.