

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y**  
**FORESTALES**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**



**LA PRÁCTICA NOS ENSEÑA**

**Estado Silvicultural de Plantaciones de Teca y Pinos en el Valle del**  
**Sacta, Cochabamba**

**Pasantía para obtener**  
**el título de Técnico**  
**Superior Forestal**

**MARIELA MURIEL ROJAS**  
**COCHABAMBA-BOLIVIA**

**2025**

## Resumen

### Estado Silvicultural de Plantaciones de Teca y Pinos en el Valle del Sacta, Cochabamba

Este estudio fue realizado en plantaciones del predio universitario del Valle del Sacta, UMSS. Se analizaron la sobrevivencia, calidad de fustes, sanidad, crecimiento (IMA en diámetro y altura) y la necesidad de intervenciones silviculturales como poda y raleo, además de seleccionar árboles plus.

La parcela de Teca mostró un 51% de sobrevivencia, 18% de calidad 1 y 36% de sanidad 1, con una densidad actual de 568 árboles/ha. Su altura promedio fue de 18,4 m y diámetro de 19,1 cm. Requiere una poda del 18,9%, no necesita raleo. Se seleccionó 8 árboles plus.

La parcela de Pino reportó un 16% de sobrevivencia, 35% de calidad 1 y 48% de sanidad 1, con una densidad de 223 árboles/ha. Los crecimientos promedio fueron: *Pinus caribaea*: 20,6 m de altura (IMA 1,1 m/año), 20,7 cm DAP (IMA 1,2 cm/año). *Pinus pseudostrobus*: 24,2 m de altura (IMA 1,3 m/año), 19,4 cm DAP (IMA 1,1 cm/año). *Pinus oocarpa*: 19,9 m de altura (IMA 1,1 m/año), 18,1 cm DAP (IMA 1,0 cm/año). Se requiere poda en *P. caribaea* y *P. pseudostrobus*, y raleo solo en *P. pseudostrobus*. Se seleccionaron 6 árboles plus en *P. pseudostrobus*, 6 en *P. oocarpa* y 7 en *P. caribaea*.

**Palabras clave:** silvicultura, teca, pinos, crecimiento, árboles plus

## Abstract

### Silvicultural Status of Teak and Pine Plantations in the Sacta Valley, Cochabamba

This study was conducted in plantations located on the university property of the Sacta Valley, UMSS. The analysis included survival rate, stem quality, health condition, growth (MAI in diameter and height), and the need for silvicultural interventions such as pruning and thinning, in addition to the selection of plus trees.

The teak plot showed a survival rate of 51%, with 18% of trees in quality class 1 and 36% in health class 1. The current density is 568 trees/ha. The average height was 18,4 m and the average diameter was 19,1 cm. Pruning is required for 18,9% of the trees, and thinning is not necessary. Eight plus trees were selected.

The pine plot reported a survival rate of 16%, with 35% of trees in quality class 1 and 48% in health class 1, and a density of 223 trees/ha. Average growth rates were as follows: *Pinus caribaea*: 20,6 m in height (MAI 1,1 m/year), 20,7 cm in DBH (MAI 1,2 cm/year). *Pinus pseudostrobus*: 24,2 m in height (MAI 1,3 m/year), 19,4 cm in DBH (MAI 1,1 cm/year). *Pinus oocarpa*: 19,9 m in height (MAI 1,1 m/year), 18,1 cm in DBH (MAI 1,0 cm/year). Pruning is required for *P. caribaea* and *P. pseudostrobus*, while thinning is needed only in *P. pseudostrobus*. Six plus trees were selected in *P. pseudostrobus*, six in *P. oocarpa*, and seven in *P. caribaea*.

**Keywords:** silviculture, teak, pines, growth, plus trees

## I. INTRODUCCIÓN

Según Sandoval, (2018, p. 7) el dato más reciente sobre la superficie reforestada en Bolivia es de 40,000 hectáreas, pero esta es una estimación no basada en un censo. A pesar de la ley que exige el registro municipal de plantaciones, no existe un catastro o base de datos oficial a nivel municipal o estatal. Esta falta de información impide obtener estadísticas confiables sobre diversos aspectos de las plantaciones forestales en el país.

La extracción continua y la ausencia de prácticas de manejo apropiadas han resultado en una disminución de la disponibilidad de madera. Esta problemática ha generado una oportunidad para la madera proveniente de plantaciones forestales, las cuales ofrecen nuevas alternativas para abastecer el mercado nacional. Estas plantaciones buscan satisfacer la creciente demanda de productos madereros, utilizando especies de rápido crecimiento que presentan características deseables (Arboccó, 2021, p. 2).

Las plantaciones forestales exóticas han reemplazado grandes áreas de ecosistemas naturales, como humedales, pastizales y bosques nativos, alrededor del mundo, debido a la alta demanda global de madera y sus derivados (FAO, 2020).

Mientras que en varios países vecinos de Sudamérica las plantaciones forestales han experimentado un gran desarrollo en términos de superficie plantada, industrialización de la madera y sus derivados, investigación en mejoramiento genético y aplicación de técnicas modernas de reproducción de especies, entre otros aspectos, gracias a políticas robustas implementadas por los gobiernos, en Bolivia se ha hecho muy poco al respecto (Sandoval, 2018, p. 5).

El presente trabajo busca actualizar la base de datos de las plantaciones de *Tectona grandis* L.f, *Pinus caribaea var. hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari, *Pinus pseudostrobus* Lindl, y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. & Cham, en los terrenos de la Universidad Mayor de

San Simón (UMSS), en el Valle del Sacta, Cochabamba, con el fin de monitorear su crecimiento y desarrollo desde la última evaluación realizada por Zambrana en el año 2018. Se determinará la necesidad de implementar prácticas silviculturales como poda y raleo para optimizar su desarrollo. Asimismo, se llevará a cabo la selección de árboles plus mediante análisis fenotípico con el propósito de identificarlos como potenciales progenitores para futuras generaciones y mejorar la calidad genética de las plantaciones.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo General***

Evaluar el estado actual de las plantaciones de *Tectona grandis* L.f, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari, *Pinus pseudostrobus* Lindl, y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. & Cham, en las parcelas del fundo universitario del Valle del Sacta, de la UMSS, Cochabamba.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

Cuantificar y analizar los parámetros dasométricos en las parcelas de *Tectona grandis* L.f y *Pinus*.

Efectuar recomendaciones silvícolas para el manejo de cada especie en las parcelas implantadas, con el fin de optimizar su productividad.

Seleccionar árboles plus de *Tectona grandis*, *Pinus caribaea*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus oocarpa*, utilizando el método de comparación de los mejores árboles vecinos.

## Índice de contenido

|         |                                                                   |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------|----|
| I.      | INTRODUCCIÓN .....                                                | 1  |
| 1.1     | Objetivos.....                                                    | 2  |
| 1.1.1   | Objetivo General.....                                             | 2  |
| 1.1.2   | Objetivos Específicos .....                                       | 2  |
| II.     | REVISIÓN DE LITERATURA.....                                       | 3  |
| 2.1     | Plantaciones forestales .....                                     | 3  |
| 2.1.1   | Manejo silvicultural en plantaciones forestales .....             | 3  |
| 2.1.2   | Poda.....                                                         | 4  |
| 2.1.2.1 | Momento adecuado para realizar la poda .....                      | 4  |
| 2.1.3   | Raleo.....                                                        | 5  |
| 2.1.3.1 | Momento adecuado para realizar el raleo .....                     | 5  |
| 2.1.3.2 | Raleo en plantaciones de pino .....                               | 6  |
| 2.1.3.3 | Raleos propuestos para <i>Tectona grandis</i> en Costa Rica. .... | 6  |
| 2.1.4   | Control de la vegetación competitiva .....                        | 7  |
| 2.2     | Variables dasométricas .....                                      | 7  |
| 2.2.1   | Circunferencia a la altura del pecho (CAP) .....                  | 7  |
| 2.2.1.1 | Medición de CAP .....                                             | 8  |
| 2.2.2   | Alturas del árbol .....                                           | 8  |
| 2.2.2.1 | Medición de la altura total.....                                  | 8  |
| 2.2.2.2 | Altura comercial .....                                            | 9  |
| 2.2.3   | Área basal.....                                                   | 9  |
| 2.2.4   | Volumen de árbol en pie .....                                     | 9  |
| 2.2.4.1 | Volumen total.....                                                | 9  |
| 2.2.4.2 | Volumen comercial .....                                           | 10 |
| 2.2.5   | Densidad.....                                                     | 10 |
| 2.3     | Crecimiento de los árboles.....                                   | 11 |
| 2.3.1   | Crecimiento en altura .....                                       | 11 |
| 2.3.2   | Crecimiento en diámetro.....                                      | 11 |
| 2.4     | Calidad de fuste .....                                            | 11 |
| 2.5     | Sanidad .....                                                     | 12 |
| 2.6     | Sobrevivencia .....                                               | 12 |
| 2.7     | Incremento.....                                                   | 13 |
| 2.8     | Árbol plus.....                                                   | 14 |

|         |                                                                 |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.8.1   | Árbol candidato .....                                           | 14 |
| 2.9     | Selección de árbol plus .....                                   | 14 |
| 2.9.1   | Método de árboles testigo o de comparación.....                 | 14 |
| 2.9.2   | Posición sociológica .....                                      | 16 |
| 2.9.3   | Ángulo de ramas .....                                           | 16 |
| 2.9.4   | Evaluación de la calidad.....                                   | 17 |
| 2.10    | Descripción botánica.....                                       | 17 |
| 2.10.1  | Descripción de Teca .....                                       | 17 |
| 2.10.2  | Descripción de Pino caribea.....                                | 18 |
| 2.10.3  | Descripción de Pino pseudostrobus .....                         | 18 |
| 2.10.4  | Descripción de Pino ocarpa.....                                 | 18 |
| III.    | MATERIALES Y MÉTODOS .....                                      | 19 |
| 3.1     | Ubicación.....                                                  | 19 |
| 3.1.1   | Ubicación del área de trabajo .....                             | 19 |
| 3.1.2   | Límites .....                                                   | 19 |
| 3.1.3   | Superficie .....                                                | 20 |
| 3.1.4   | Clima .....                                                     | 20 |
| 3.1.5   | Fisiografía y suelo .....                                       | 20 |
| 3.1.6   | Hidrografía.....                                                | 20 |
| 3.2     | Materiales y equipos .....                                      | 20 |
| 3.3     | Metodología.....                                                | 21 |
| 3.3.1   | Verificación en campo .....                                     | 21 |
| 3.3.2   | Registro de los parámetros dasométricos .....                   | 21 |
| 3.3.2.1 | Número de árbol .....                                           | 22 |
| 3.3.2.2 | Medición de la Circunferencia a la altura del pecho (CAP) ..... | 22 |
| 3.3.2.3 | Altura total.....                                               | 22 |
| 3.3.2.4 | Altura a la primera rama (comercial).....                       | 22 |
| 3.3.2.5 | Variables cualitativas .....                                    | 23 |
| 3.3.2.6 | Determinación de la calidad del fuste.....                      | 23 |
| 3.3.2.7 | Determinación de la sanidad del árbol .....                     | 23 |
| 3.3.3   | Análisis de los parámetros dasométricos .....                   | 23 |
| 3.3.3.1 | Número de árboles por parcela y especie .....                   | 23 |
| 3.3.3.2 | Área de las parcelas por especie.....                           | 23 |
| 3.3.3.3 | Distanciamiento de la plantación.....                           | 24 |
| 3.3.3.4 | Porcentaje de sobrevivencia .....                               | 24 |
| 3.3.3.5 | Porcentaje de calidad .....                                     | 24 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.3.6 Porcentajes de sanidad .....                                                                     | 25 |
| 3.3.3.7 Crecimiento.....                                                                                 | 25 |
| 3.3.3.8 Incremento .....                                                                                 | 25 |
| 3.3.3.9 Distribución de clases diamétricas .....                                                         | 25 |
| 3.3.3.10 Determinación de la densidad.....                                                               | 26 |
| 3.3.4 Análisis para las intervenciones silviculturales .....                                             | 26 |
| 3.3.4.1 Determinación de poda .....                                                                      | 26 |
| 3.3.4.2 Determinación de raleo.....                                                                      | 27 |
| 3.3.5 Fase de campo para la selección de árboles plus .....                                              | 28 |
| 3.3.5.1 Selección por el método de comparación.....                                                      | 28 |
| 3.3.5.2 Diseño de la investigación .....                                                                 | 28 |
| 3.3.5.3 Evaluación cuantitativas y cualitativas de los árboles plus .....                                | 29 |
| 3.3.5.4 Codificación.....                                                                                | 30 |
| 3.3.5.5 Registro de Coordenadas .....                                                                    | 30 |
| IV. RESULTADOS .....                                                                                     | 31 |
| 4.1 Recopilación de información .....                                                                    | 31 |
| 4.2 Parcela N°1 de Teca.....                                                                             | 32 |
| 4.2.1. Ubicación de la parcela de teca.....                                                              | 32 |
| 4.2.2. Análisis de sobrevivencia y raleo en teca.....                                                    | 32 |
| 4.2.3. Análisis de densidad en teca .....                                                                | 33 |
| 4.2.4. Análisis de clase diamétrica en teca .....                                                        | 33 |
| 4.2.5 Análisis de calidad en teca.....                                                                   | 34 |
| 4.2.6. Análisis de sanidad en teca .....                                                                 | 35 |
| 4.2.7. Análisis de crecimiento e IMA en DAP de teca .....                                                | 36 |
| 4.2.8. Análisis de crecimiento e IMA en altura de teca .....                                             | 37 |
| 4.2.9. Análisis de índice de relación Altura/Diámetro en teca .....                                      | 38 |
| 4.2.10. Análisis de porcentajes promedio de altura de copa en teca .....                                 | 38 |
| 4.2.11. Identificación de los árboles candidatos a plus en plantación de <i>Tectona grandis</i> L.f..... | 39 |
| 4.3 Parcela N°2 de Pinos .....                                                                           | 40 |
| 4.3.1. Ubicación de la parcela de pinos.....                                                             | 41 |
| 4.3.2. Análisis de sobrevivencia y raleo en pinos.....                                                   | 41 |
| 4.3.3. Análisis de densidad en pinos .....                                                               | 41 |
| 4.3.4. Análisis de clase diamétrica en pinos .....                                                       | 42 |
| 4.3.5. Análisis de calidad en pinos.....                                                                 | 44 |
| 4.3.6. Análisis de sanidad en pinos .....                                                                | 44 |
| 4.3.7. Análisis de crecimiento e IMA en DAP de pinos .....                                               | 45 |



|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.8. Análisis de crecimiento e IMA en altura de pinos .....                                             | 46 |
| 4.3.9. Análisis de índice de relación altura/diámetro en pinos .....                                      | 47 |
| 4.3.10. Análisis de porcentajes promedio de altura de copa en pinos .....                                 | 48 |
| 4.3.11. Identificación de los árboles candidatos a plus en plantación de <i>Pinus pseudostrobus</i> ..... | 49 |
| 4.3.12. Identificación de los árboles candidatos a plus en plantación de <i>Pinus oocarpa</i> .....       | 50 |
| 4.3.13. Identificación de los árboles candidatos a plus en plantación de <i>Pinus caribaea</i> .....      | 50 |
| V. CONCLUSIONES.....                                                                                      | 52 |
| VI. RECOMENDACIONES.....                                                                                  | 53 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                      | 54 |
| A N E X O S.....                                                                                          | 60 |

## Índice de cuadros

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Formulario de campo para evaluar el árbol candidato a plus.....                      | 15 |
| <b>Cuadro 2.</b> Parcelas evaluadas de teca y pinos.....                                              | 31 |
| <b>Cuadro 3.</b> Comparación de sobrevivencia y raleo de las evaluaciones en teca.....                | 32 |
| <b>Cuadro 4.</b> Comparación de densidades de las evaluaciones realizadas en teca.....                | 33 |
| <b>Cuadro 5.</b> Distribución de clase diamétrica de teca.....                                        | 34 |
| <b>Cuadro 6.</b> Comparación de calidad 1, 2 y 3 en evaluaciones realizadas en teca.....              | 34 |
| <b>Cuadro 7.</b> Comparación de sanidad 1, 2 y 3 en evaluaciones realizadas en teca.....              | 35 |
| <b>Cuadro 8.</b> Promedio de índice de relación altura diámetro en teca.....                          | 38 |
| <b>Cuadro 9.</b> Promedio de porcentaje de altura de copa en teca.....                                | 38 |
| <b>Cuadro 10.</b> Identificación de los árboles candidatos a plus de teca.....                        | 39 |
| <b>Cuadro 11.</b> Sobrevivencia y raleo en pinos.....                                                 | 41 |
| <b>Cuadro 12.</b> Análisis de densidad en pinos.....                                                  | 42 |
| <b>Cuadro 13.</b> Distribución de clase diamétrica por especie de pinos.....                          | 42 |
| <b>Cuadro 14.</b> Análisis de calidad 1, 2 y 3 en pinos.....                                          | 44 |
| <b>Cuadro 15.</b> Análisis de sanidad 1, 2 y 3 en pinos.....                                          | 44 |
| <b>Cuadro 16.</b> Índice de relación altura diámetro por especie en pinos.....                        | 47 |
| <b>Cuadro 17.</b> Promedio de porcentaje de altura de copa en pinos.....                              | 48 |
| <b>Cuadro 18.</b> Identificación de los árboles candidatos a plus de <i>Pinus pseudostrobus</i> ..... | 49 |
| <b>Cuadro 19.</b> Identificación de los árboles candidatos a plus de <i>Pinus oocarpa</i> .....       | 50 |
| <b>Cuadro 20.</b> Identificación de los árboles candidatos a plus de <i>Pinus caribaea</i> .....      | 50 |

## Índice de gráficos

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Porcentaje de clase diamétrica de teca.....                                          | 34 |
| <b>Gráfico 2.</b> Promedio de crecimiento en DAP de teca.....                                          | 36 |
| <b>Gráfico 3.</b> Promedio IMA DAP de teca.....                                                        | 36 |
| <b>Gráfico 4.</b> Promedio de crecimiento en altura de teca.....                                       | 37 |
| <b>Gráfico 5.</b> Promedio IMA de altura en teca.....                                                  | 37 |
| <b>Gráfico 6.</b> Porcentaje de árboles a podar en teca.....                                           | 39 |
| <b>Gráfico 7.</b> Porcentaje de clase diamétrica por especie en pinos.....                             | 43 |
| <b>Gráfico 8.</b> Porcentaje de clase diamétrica de brinzal, fustal y latizal en pinos .....           | 43 |
| <b>Gráfico 9.</b> Porcentajes de sanidad de pinos.....                                                 | 45 |
| <b>Gráfico 10.</b> Promedio de crecimiento en DAP de pinos.....                                        | 45 |
| <b>Gráfico 11.</b> IMA en DAP de pinos.....                                                            | 46 |
| <b>Gráfico 12.</b> Promedio de crecimiento en altura de pinos.....                                     | 46 |
| <b>Gráfico 13.</b> Promedio de IMA en altura de pinos.....                                             | 47 |
| <b>Gráfico 14.</b> Porcentaje de árboles a ralea de <i>P. pseudostrobus</i> .....                      | 48 |
| <b>Gráfico 15.</b> Porcentaje de árboles a podar de <i>P. caribaea</i> y <i>P. pseudostrobus</i> ..... | 49 |

## Índice de figuras

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Poda en plantación de pino.....                                                 | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Punto de medida del DAP.....                                                    | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Medición de la altura total de un árbol.....                                    | 9  |
| <b>Figura 4.</b> Ángulo de ramas en especies forestales.....                                     | 16 |
| <b>Figura 5.</b> Evaluación fenotípica de la calidad de un árbol candidato a árbol plus.....     | 17 |
| <b>Figura 6.</b> Ubicación de las pardelas de Teca y Pinos, Valle del Sacta.....                 | 19 |
| <b>Figura 7.</b> Relación altura – diámetro.....                                                 | 28 |
| <b>Figura 8.</b> Código del árbol Plus (VS02P).....                                              | 40 |
| <b>Figura 9.</b> Árbol plus de teca .....                                                        | 40 |
| <b>Figura 10.</b> Marcado del árbol candidato a plus (3 anillos) y árbol vecino (2 anillos)..... | 40 |
| <b>Figura 11.</b> Árbol plus de la especie de <i>Pinus caribaea</i> .....                        | 51 |