UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

EVALUACIÓN DE PRENDIMIENTO DE ÁRBOLES TRASPLANTADOS

Pasantía Para Obtener el
Título de Técnico Superior
Forestal

MELISSA ALLISON BARRIENTOS CARY

COCHABAMBA-BOLIVIA

2026

RESUMEN

EVALUACIÓN DE PRENDIMIENTO DE ÁRBOLES TRASPLANTADOS.

La presente pasantía tuvo como objetivo evaluar el estado de supervivencia, prendimiento y condición fitosanitaria de los árboles trasplantados en el marco del proyecto “Construcción Distribuidor Vial Av. Perú – Blanco Galindo D.4 – D.12”, ejecutado en el municipio de Cochabamba. La investigación se desarrolló en cinco áreas receptoras donde fueron reubicados los ejemplares arbóreos afectados por las obras civiles. La metodología consistió en la evaluación directa en campo de los individuos trasplantados mediante el registro de variables relacionadas con la supervivencia, vigor, estado fitosanitario, características arquitecturales y localización geográfica de cada ejemplar. Asimismo, se efectuó la identificación de especies, el análisis de la condición sanitaria y la determinación de los porcentajes de supervivencia y mortandad por especie y área de establecimiento. Los resultados permitieron caracterizar el comportamiento de los árboles durante la fase de adaptación posterior al trasplante, identificando diferencias en el prendimiento y desarrollo de los 72 individuos en función de las condiciones de mantenimiento y del sitio receptor. La información generada constituye una herramienta técnica para la evaluación de prácticas de trasplante urbano y para la formulación de estrategias orientadas a mejorar la supervivencia y el manejo post-trasplante del arbolado urbano en el municipio de Cochabamba.

Palabras clave: Trasplante de árboles, prendimiento, supervivencia, estado fitosanitario, arbolado urbano, Cochabamba.

ABSTRACT

EVALUATION OF TRANSPLANTED TREE ESTABLISHMENT. The objective of this internship was to evaluate the survival, establishment success, and phytosanitary condition of trees transplanted within the framework of the “Av. Perú – Blanco Galindo Interchange Construction Project (D.4 – D.12)” in the municipality of Cochabamba. The study was conducted in five receiving areas where the trees affected by civil works were relocated. The methodology consisted of direct field assessments of transplanted individuals through the collection of data related to survival, vigor, phytosanitary condition, architectural characteristics, and geographic location of each specimen. Furthermore, species identification, health condition assessment, and the determination of survival and mortality percentages by species and relocation area were performed. The results allowed the characterization of tree performance during the post-transplant adaptation phase, identifying differences in establishment success and development across the 72 individuals according to maintenance practices and site conditions. The information generated provides a technical basis for evaluating urban tree transplantation practices and for developing strategies aimed at improving survival rates and post-transplant management of urban trees in Cochabamba.

Keywords: *Tree transplantation, establishment success, survival, phytosanitary condition, urban forestry, Cochabamba.*

INTRODUCCION

En el ámbito de la dasonomía urbana moderna, el trasplante de árboles maduros, juveniles y plantines se ha consolidado como una herramienta biotécnica de mitigación ambiental frente a la dinámica del crecimiento urbanístico y la infraestructura vial. Esta práctica silvicultural busca rescatar y reubicar individuos con un alto valor ecológico, dendrológico o paisajístico que se encuentran en la trayectoria directa de proyectos de reordenamiento vial. En el contexto específico del departamento de Cochabamba, Bolivia, la gestión del arbolado público reviste una importancia crítica debido a los alarmantes niveles de contaminación atmosférica y al fenómeno de isla de calor urbana que afecta al valle central. La pérdida de biomasa arbórea no solo reduce la capacidad de captura de carbono y filtración de material particulado, sino que altera la conectividad ecológica y el hábitat de la avifauna local. En consecuencia, las intervenciones civiles exigen la aplicación de medidas de compensación y rescate que trasciendan a la instalación de ejemplares juveniles.

No obstante, el éxito de un programa de trasplante urbano no se limita a la fase operativa del descalce, preparación del pan de tierra (bloque de raíces) y transporte mecánico de los especímenes. El verdadero desafío radica en la fase de establecimiento post-trasplante, un período crítico que abarca habitualmente los primeros 24 meses, durante el cual los árboles experimentan un severo estrés hídrico, nutricional y mecánico debido a la pérdida drástica del sistema radicular fino (90%). La vulnerabilidad de los individuos reubicados se ve amplificada por las condiciones edafoclimáticas del sitio receptor, el cual frecuentemente presenta suelos compactados, baja retención de humedad y una reducida micorrización. Por lo tanto, para dictaminar la viabilidad técnica y el

éxito adaptativo del proceso, es mandatorio implementar sistemas de monitoreo a mediano plazo que evalúen la dinámica de crecimiento, la tasa de supervivencia y el vigor vegetativo general.

El presente trabajo de pasantía técnico-científica se enfoca en la evaluación ex-post del estado biológico y dasométrico de los especímenes arbóreos trasladados en el marco del desarrollo de infraestructura vial municipal. El núcleo metodológico de la investigación integra la medición rigurosa de variables dendrométricas tradicionales tales como el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) , combinada con el análisis morfológico-arquitectural basado en el modelo de los indicadores de Genoyer. De acuerdo con este enfoque estructural, la vitalidad de un árbol se manifiesta en su capacidad para emitir reiteraciones y mantener un eje de crecimiento ortotrópico (vertical); un espécimen cuyo vigor general aumenta de manera constante ha iniciado formalmente su proceso de restablecimiento adaptativo, aunque dicha dinámica permanece sujeta a posibles reversiones ulteriores debidas a factores bióticos o climáticos (Genoyer, 2017). La información técnica generada en este informe proveerá directrices empíricas para optimizar los protocolos de manejo silvicultural urbano, sirviendo como una herramienta de toma de decisiones para las autoridades municipales y los planificadores ambientales en la región.

Antecedentes

El marco de referencia del presente estudio se sitúa en la ejecución de la obra civil denominada "Construcción Distribuidor Vial Av. Perú – Blanco Galindo D.4 – D.12", un proyecto de ingeniería vial de gran envergadura diseñado para optimizar el flujo vehicular en uno de los nodos logísticos e industriales más congestionados de la zona oeste de la ciudad de Cochabamba. Previo al inicio de los movimientos de tierras y demoliciones de la capa asfáltica, y en estricto cumplimiento de las normativas ambientales vigentes en el Estado Plurinacional de Bolivia incluyendo la Ley N.º 1333 del Medio Ambiente (Bolivia, 1992) y el Reglamento de Gestión Ambiental modificado por el Decreto Supremo N.º 3856 (Bolivia, Decreto Supremo N.° 3856, 2019), se procedió al levantamiento de una Ficha Ambiental y un Plan de Prevención y Mitigación. En este contexto normativo, se ejecutó un inventario forestal censal en el área de influencia directa del proyecto, registrando un total de 219 ejemplares arbóreos pertenecientes a 35 especies botánicas nativas e introducidas. La masa forestal estaba compuesta principalmente por rodales urbanos de fresno (*Fraxinus americana*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) y molle (*Schinus molle*), los cuales fueron clasificados dasométricamente en categorías de plantines, juveniles y árboles maduros para determinar su aptitud técnica de traslado.

Basándose en criterios de economía de escala y viabilidad bio-fisiológica, el equipo técnico determinó que los ejemplares categorizados como plantines y juveniles presentaban las mayores probabilidades de éxito adaptativo debido a su plasticidad celular, no hay una perdida significativa de las raíces ,menores requerimientos volumétricos de suelo y una respuesta de enraizamiento más acelerada en comparación con los individuos senescentes o de grandes

dimensiones. Consecuentemente, se programó y ejecutó una primera fase operativa de trasplante técnico de forma continua entre el 4 de enero y el 28 de febrero de 2025. Durante esta ventana temporal, se logró la extracción e inmediata reubicación de 65 especímenes arbóreos iniciales. Para garantizar su supervivencia, se seleccionaron tres sitios receptores municipales estratégicos provistos de áreas verdes y gestionados por las OTB locales: las áreas comunales de la OTB AMIG Beneméritos, la jardinera central de la avenida de interconexión y la rotonda adyacente al complejo del distribuidor, espacios que presentaban condiciones topográficas favorables y accesibilidad para el riego complementario.

Con la finalidad de verificar el impacto real del trasplante y cuantificar los índices de mortalidad y aclimatación una vez superados los ciclos estacionales más rigurosos del valle (incluyendo el período de estiaje e invierno), se estableció la necesidad de realizar un censo de control biológico. Transcurrido un lapso crítico de aclimatación de entre 1 y 1.5 años desde el asentamiento definitivo en los sitios receptores, se llevó a cabo el levantamiento integral de datos en campo los días 8 y 19 de mayo de 2026. Este censo forestal permitió evaluar una población consolidada e inventariada de 72 individuos. Los datos dasométricos y arquitecturales colectados en mayo de 2026 constituyen la base empírica fundamental del presente informe final de pasantía, permitiendo contrastar de manera estadística el estado fitosanitario actual frente a la línea base del año 2025.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el estado de supervivencia y condición fitosanitaria de los árboles trasplantados en el proyecto de “Const. Distribuidor vial Av. Perú – B. Galindo D.4 – D.12”.

Objetivos específicos

- Caracterizar el estado de prendimiento y la variabilidad arquitectural final de los árboles trasplantados.
- Evaluar el estado fitosanitario de los ejemplares trasplantados.
- Determinar los porcentajes de supervivencia y mortandad de los árboles trasplantados, tanto general como por especie.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION 1

1.1. Antecedentes 2

1.2. Objetivos 4

1.2.1. Objetivo general 4

1.2.2. Objetivos específicos 4

II. REVISIÓN DE LITERATURA 5

2.1. Marco Técnico del Plan de Manejo de Especies Vegetales 5

2.2. Trasplante de árboles 5

2.3. Factores que influyen en el trasplante 6

2.4. Evaluación de los árboles 7

2.5. Factores limitantes en el éxito del post - trasplante de los árboles 8

2.6. Indicadores del proceso de restablecimiento y variabilidad arquitectural de los árboles 9

2.7. Evaluación Visual del Arbolado (EVA) 10

2.7.1. Vitalidad 11

2.7.2. Plagas y enfermedades 11

III. MATERIALES Y MÉTODOS 12

3.1. Ubicación del área de estudio 12

3.1.1. Área Verde 1 "Rotonda Av. Perú y Av. Blanco Galindo" 12

3.1.2. Área Verde 2 "Jardinera central Av. Blanco Galindo" 13

3.1.3. Áreas verdes 3 "OTB AMIG Beneméritos A". 14

3.1.4. Áreas verdes 4 "OTB AMIG Beneméritos B". 15

3.1.5. Áreas verdes 5 "OTB AMIG Beneméritos C ". 16

3.1.6. Caracterización general de las áreas evaluadas 17

3.2. Materiales y equipos 18
3.2.1. Uso metodológico de materiales y herramientas 19
3.3. Métodos 20
3.3.1. Diseño metodológico 20
3.3.2. Identificación y localización de los árboles trasplantados 21
3.3.3. Elaboración de la ficha de evaluación 22
3.3.4. Recolección de información en campo 24
3.3.5. Evaluación Visual del Arbolado (EVA) 25
3.3.6. Criterios de evaluación de las variables analizadas 27
3.3.6.1. Estado general 27
3.3.6.2. Fenología 28
3.3.6.3. Transparencia foliar 29
3.3.6.4. Evaluación fitosanitaria 29
3.3.6.5. Supervivencia 30
3.3.7. Evaluación de la variabilidad arquitectural 30
3.3.7.1. Clasificación de las rutas arquitecturales 32
3.3.8. Organización y validación de la base de datos 35
3.3.9. Procesamiento y análisis de la información 36
3.3.9.1. Análisis de composición de especies 37
3.3.9.2. Análisis de supervivencia 37
3.3.9.3. Análisis de mortandad 38
3.3.9.4. Análisis del estado general 39
3.3.9.5. Análisis fitosanitario 39
3.3.9.6. Análisis de la variabilidad arquitectural 39

3.3.9.7. Análisis espacial y elaboración cartográfica 40
3.3.10. Control de calidad de la información 40
3.3.11. Limitaciones encontradas durante la evaluación 41
3.3.12. Integración de variables para la evaluación final 41
3.3.13. Esquema metodológico general 42
3.3.14. Resumen de variables evaluadas 44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
4.1. Resultados integrales y síntesis del proceso de evaluación post – trasplante 45
4.2. Inventario de especies 45
4.3. Supervivencia y mortalidad 47
4.4. Adaptación y condición de los árboles trasplantados 48
4.4.1. Estado general de los árboles 48
4.4.2. Fenología 50
4.4.2.1. Ausencia (No presenta) 51
4.4.2.2. Floración 51
4.4.2.3. Fructificación 51
4.4.2.4. Foliación 52
4.4.3. Transparencia foliar General 52
4.5. Estado Fitosanitario 55
4.5.1. Plagas y Enfermedades 55
4.6. Variabilidad arquitectural 56
4.6.1. Variabilidad arquitectural General 56
4.6.1.1. Variabilidad arquitectural por categoría 58
4.6.1.1.1. Variabilidad arquitectural por especie 59

4.7. Sistematización de la ubicación espacial de áreas y árboles trasplantados 59
4.7.1. Mapa de distribución de individuos por especie y categorización 60
4.7.2. Mapa de estado de adaptación y supervivencia 61
4.7.2.1. Distribución espacial por categoría 61
4.7.2.1.1. Distribución Espacial de la Supervivencia y Mortandad 67
4.8. DISCUSIÓN 73
4.9. Resultados generales del trasplante 73
4.10. Resultados por supervivencia y categoría de desarrollo 73
4.11. Condición fitosanitaria general 73
4.12. Variabilidad arquitectural post-trasplante 74
4.13. Interpretación global del sistema post-trasplante 74
V. CONCLUSIONES 76
5.1. Conclusión general del trasplante 76
5.2. Conclusión sobre supervivencia 76
5.3. Conclusión sobre condición fitosanitaria 76
5.4. Conclusión sobre variabilidad arquitectural 77
5.5. Conclusión integrada del sistema post-trasplante 77
VI. RECOMENDACIONES 78
6.1. Recomendaciones generales 78
6.2. Recomendaciones fitosanitarias 78
6.3. Recomendaciones silviculturales 78
6.4. Recomendaciones de manejo post-trasplante 78
6.5. Recomendación final 78
VII. REFERENCIAS 79

VIII. ANEXOS..... 81

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Categorización de acuerdo al plan de manejo 23

Tabla 2 Criterios de clasificación del estado general del árbol 27

Tabla 3 Fenología 28

Tabla 4 Transparencia foliar 29

Tabla 5 Evaluación fitosanitaria 30

Tabla 6 Supervivencia 31

Tabla 7 Clasificación de las rutas arquitecturales utilizadas durante la evaluación 33

Tabla 8 Resumen de variables utilizadas durante la evaluación 44

Tabla 9 Inventario de especies 46

Tabla 10 Supervivencia y mortalidad 47

Tabla 11 Estado general de los árboles 49

Tabla 12 Floración, fructificación, foliación y ausencia (No presenta) 50

Tabla 13 Transparencia foliar 53

Tabla 14 Plagas y Enfermedades 55

Tabla 15 Variabilidad arquitectural 57

Tabla 16 Variabilidad arquitectural por categoría 58

Tabla 17 Variabilidad arquitectural por especie 59

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Rotonda Av. Perú y Av. Blanco Galindo 13

Figura 2 Jardinera central Av. Blanco Galindo 14

Figura 3 Áreas verdes "OTB AMIG Beneméritos A" 15

Figura 4 Áreas verdes "OTB AMIG Beneméritos B" 16

Figura 6 Esquema general del procedimiento metodológico ejecutado durante la pasantía 43

Figura 7 Area Verde 1 "Rotonda Av. Perú y Av. Blanco Galindo" 62

Figura 8 Área Verde 2 "Jardinera central, Av. Blanco Galindo" 63

Figura 9 Área Verde 3 "OTB AMIG Beneméritos A" 64

Figura 10 Área Verde 4 "OTB AMIG Beneméritos B" 65

Figura 11 Área verde 5 "OBT AMIG Beneméritos C" 66

Figura 12 Area Verde 1 "Rotonda Av. Perú y Av. Blanco Galindo" 68

Figura 13 Area Verde 2 "Jardinera Central de Av. Blanco Galindo" 69

Figura 14 Area Verde 3 "OTB AMIG Beneméritos A" 70

Figura 15 Area Verde 4 "OTB AMIG Beneméritos B" 71

Figura 16 Area Verde 5 "OTB AMIG Beneméritos C" 72

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo A. Ficha de evaluación post-trasplante **81**

Figura A 1. Formulario de campo para el registro de datos post-trasplante **81**

Anexo B. Registro fotográfico de la categorización por edad o categoria de los especímenes. **82**

Figura B 1. Ejemplar en etapa de plantín **82**

Figura B 2. Ejemplar clasificado como árbol joven **82**

Figura B 3. Ejemplar clasificado como árbol maduro **83**

Anexo C. Registro fotográfico de la mortandad y supervivencia de los especímenes evaluados **84**

Figura C 1. Ejemplar vivo que muestra signos de supervivencia **84**

Figura C 2. Ejemplar con pérdida total de estructuras (muerto) **85**

Figura C 3. Espécimen no localizado en el área (muerto) **85**

Anexo D. Registro fotográfico del estado general de los especímenes **86**

Figura D 1. Ejemplar que presenta un estado general bueno **86**

Figura D 2. Ejemplar que presenta un estado general regular **86**

Figura D 3. Ejemplar que presenta un estado general malo **87**

Anexo E. Registro fotográfico del estado fenológico de los especímenes evaluados **88**

Figura E 1. Ejemplar en etapa de floración activa **88**

Figura E 2. Ejemplar mostrando brotes nuevos y foliación incipiente **89**

Figura E 3. Ejemplar en ausencia de floración, fructificación o brotes evidentes **89**

Anexo F. Registro fotográfico de los niveles de transparencia foliar observados **90**

Figura F 1. Ejemplar en Clase I (0% – 25% de transparencia), que presenta una densidad foliar máxima **90**

Figura F 2. Ejemplar en Clase II (26% – 50% de transparencia), con densidad foliar media-alta... **90**

Figura F 3. Ejemplar en Clase III (51% – 75% de transparencia), con densidad foliar media-baja. **91**

Figura F 4. Ejemplar en Clase IV (76% – 100% de transparencia), que muestra una densidad foliar mínima **91**

Anexo G. Registro fotográfico del estado fitosanitario de los especímenes **92**

Figura G 1. Ataque parcial por plaga de cochinilla en la estructura del espécimen **92**

Figura G 2. Ataque parcial por enfermedad de Oidium (cenicilla) en el follaje..... **92**

Anexo H. Registro fotográfico de la variabilidad arquitectural en el restablecimiento **93**

Figura H 1. Ejemplar en código 1C, que muestra una arquitectura normal y desarrollo duradero sin extracción..... **93**

Figura H 2 . Ejemplar en código 2B, que evidencia una ruta de regeneración conforme ante un deterioro leve..... **94**

Figura H 3. Ejemplar en código 3C, caracterizado por una respuesta adaptativa de deterioro leve y transitorio **94**

Figura H 4. Ejemplares en códigos 4A y 4C, asociados a un deterioro grave con regeneración en colonia descoordinada..... **95**

Figura H 5. Ejemplar código 4B, asociado a un deterioro grave con regeneración en colonia descoordinada..... **96**

Figura H 6. Ejemplar de código 5B, que muestran nuevas ramas desarrolladas (epicórmicos)..... **97**

Figura H 7. Ejemplar de código 5B – 5C1, que muestran nuevas ramas desarrolladas (epicórmicos) **97**

Figura H 8. Ejemplar de código 5B – 5C2, que muestran nuevas ramas desarrolladas (epicórmicos) **98**