

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“SOSTENIBILIDAD PRODUCTIVA DE LAS ESPECIES
MORADO, ROBLE, TAJIBO, SIRARI Y CURUPAU
APROVECHADOS EN EL BOSQUE SECO SUBTROPICAL
CHIQUITANO DE LA PROVINCIA VELASCO-SANTA CRUZ”**

Por:

JORGE COCA WILSON

Tesis, presentada a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal.

Abril 2012

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Víctor Yucra Miranda
PROFESOR GUÍA

.....
Ing. Ismael Acosta Galarza
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES
FORESTALES

.....
Ing. Linder Espinoza Márquez
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Deimer Jesús Moreno Molina

.....
Ing. Sebastián Ramos Mejía

.....
Ing. Ariel Castillo Gareca

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS

Con todo mi corazón, este trabajo es dedicado a mis padres Gonzalo Coca Sivila y Elsa Wilson de Coca, a todos mis hermanos, y mi hijo Jorge Sahir.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy grande para el Ingeniero Forestal Víctor Yucra Miranda y Familia por su desinteresada ayuda e incomparable cooperación para la realización de este trabajo.

PENSAMIENTO

La vida no se presenta en manera alguna como un regalo que debemos disfrutar, sino como un deber, una tarea que tenemos que cumplir a fuerza de trabajo.

Schopenhaver

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

Página

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes.....	1
2. Justificación.....	2
3. Objetivos.....	3
3.1. Objetivo general.....	3
3.2. Objetivo específico.....	3
4. Hipótesis.....	4

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Dinámica del Bosque	5
1.1.1. Renovaciones del bosque natural.....	5
1.1.2. Aperturas de dosel como factor que induce a la Regeneración Natural	6
1.1.3. Gremios Ecológicos	7
1.1.3.1. Concepto de Gremio	8
1.1.3.2. Clasificación de gremios ecológicos.....	10
1.1.3.3. Utilidad de los gremios ecológicos	12
1.1.4. La regeneración natural.....	12
1.1.4.1. Clasificación de la regeneración natural	14
1.1.4.1.1. Clasificación dimensional.....	14

	Página
1.1.4.1.2. Clasificación ecológica	15
1.1.4.2. Establecimiento de la regeneración natural.....	15
1.1.4.3. Efectos del aprovechamiento forestal en la regeneración natural	16
1.1.4.4. Éxito de la regeneración natural.....	17
1.2. Aprovechamiento Forestal	18
1.2.1. Análisis de los diámetros mínimos de corta.....	18
1.2.1.1. Como determinar el diámetro mínimo de corta	21
1.2.1.2. Ajuste del diámetro mínimo de corta	22
1.2.1.2.1. Consideraciones sobre la calidad de la madera.....	22
1.2.2. Los ciclos de corta.....	23
1.2.2.1. Aspectos conceptuales sobre ciclos de corta.....	24
1.2.2.2. Factores determinantes del ciclo de corta	25
1.2.3. Intensidad de cosecha.....	25
1.3. Herramientas para establecer una cosecha sostenible	27
1.3.1. Ley de De Liocourt	28
1.3.2. Tasa de incremento corriente (TIC)	29
1.3.3. Tiempos de paso.....	33
1.3.4. Modelos de Simulación.....	34
1.3.5. Mortandad natural de los árboles	34
1.3.6. Recuperación en volumen para la segunda cosecha	34
1.4. Clasificación de las especies en estudio por grupo comercial	36
1.4.1. Especies valiosas	36
1.4.1.1. Roble	36
1.4.1.2. Morado	38
1.4.1.3. Tajibo amarillo	39
1.4.2. Especies comerciales alternativa.....	40
1.4.2.1. Sirari	40

	Página
1.4.2.2. Curupaú	42
1.5. Elementos para el cálculo de costos	43
1.5.1. Costos fijos.....	43
1.5.1.1. Depreciación	44
1.5.1.2. Inversión inicial.....	44
1.5.1.3. Valor de rescate o residual	44
1.5.1.4. Vida Útil.....	44
1.5.2. Costos variables	45
1.5.2.1. Mantenimiento y reparación	46
1.5.2.2. Combustible	46
1.5.2.3. Lubricantes.....	46
1.5.2.4. Llantas	47
1.5.2.5. Costo mano de obra.....	47
1.6. Q-Q Plots.....	47
1.7. Prueba de chi cuadrado	48

CAPÍTULO II

MATERIALES Y METODOLOGIA

2.1. Descripción general del área de estudio.....	50
2.1.1. Ubicación de la zona de estudio.....	50
2.1.2. Ubicación de la Concesión Marabol	50
2.1.3. Superficie de la unidad de manejo y bosque.....	51
2.1.4. Infraestructura de vías de acceso.....	51

	Página
2.1.4.1. Vía terrestre.....	51
2.1.4.1.1. Primer camino.....	51
2.1.4.1.2. Segundo camino.....	52
2.1.4.2. Vía área.....	52
2.1.5. Uso actual de la tierra.....	52
2.1.6. Topografía.....	53
2.1.7. Suelos.....	53
2.1.7.1. Suelos del complejo cristalino chiquitano.....	54
2.1.8. Zonas ecológicas de vida.....	54
2.1.9. Clima.....	54
2.1.10. Hidrografía y fisiografía.....	55
2.1.11. Intervenciones o disturbios.....	55
2.1.12. Vegetación.....	56
2.1.12.1.1. Estrato codominante.....	56
2.1.12.1.2. Estrato codominante.....	56
2.1.12.3. Estrato inferior.....	57
2.1.13. Fauna silvestre.....	57
2.1.14. Aspectos Socioeconómicos y Demográficos.....	62
2.1.14.1. Presión sobre la tierra.....	62
2.1.14.2. Comunidades indígenas.....	63
2.1.15. Cantidad mano de obra.....	63
2.2. Materiales.....	64

	Página
2.2.1. Material Biológico	64
2.2.2. Herramientas de campo.....	64
2.2.3. Equipo de gabinete.....	64
2.3. Metodología	65
2.3.1. Área de estudio.....	65
2.3.2. Datos de inventario forestal	66
2.3.2.1. Distribución, dimensiones y forma de parcela muestreo	66
2.3.2.2. Intensidad de muestreo.....	66
2.3.2.3. Distribución de las muestras por estrato	67
2.3.2.4. Levantamiento de datos.....	67
2.3.3. Diseño de muestreo en el área piloto	68
2.3.4. Diseño de muestreo para árboles mayores a 40 cm. de DAP.....	68
2.3.4.1. Metodología del censo forestal	68
2.3.4.2. Levantamiento topográfico	69
2.3.4.3. Levantamiento dasonométrico	69
2.3.5. Diseño de muestreo para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	70
2.3.5.1. Método de muestreo.....	70
2.3.5.2. Intensidad de muestreo para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	70
2.3.5.3. Numero de muestras para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	70

2.3.5.4. Tamaño de la muestra para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP	71
2.3.5.5. Distribución de las unidades de muestreo para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	72
2.3.5.6. Numero de muestras por línea para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	72
2.3.5.7. Numero de línea por parcela para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	73
2.3.5.8. Separación entre parcelas para árboles mayores a 10 cm. DAP y menores a 40 cm. DAP.....	73
2.3.5.9. Diseño de muestreo para latizales	73
2.3.5.10 Diseño de muestreo para brinzales.....	74
2.3.5.11 Instalación de las parcelas de muestreo	74
2.3.5.12. Levantamiento de regeneración natural	74
2.3.6 Análisis de los resultados	75
2.3.6.1. Aplicación de la ley de De Liocuort	75
2.3.6.2. Determinación de la tasa de incremento corriente anual (TIC)	77
2.3.6.3. Tasa de mortandad	78
2.3.6.4. Proyección de frecuencias por clase diamétrica.....	78
2.3.6.5. Condiciones para el análisis.....	79
2.3.6.5.1. Especies sin árboles grandes.....	79
2.3.6.5.2. Especies sin regeneración.....	80

	Página
2.3.6.5.3. Especies con distribución diamétrica irregular.....	80
2.3.6.5.4. Especies con buena distribución diamétrica.....	80
2.3.6.6. Alternativas de estudio.....	80
2.3.6.7. Análisis estadístico.....	81
2.3.6.8. Calculo de costos de producción y determinación de utilidades.....	82
2.3.6.9. Preguntas centrales del estudio	83

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Rangos de crecimiento	85
3.2. Estructura diamétrica de las zonas de estudio.....	86
3.3. Análisis de distribución diamétrica.....	88
3.4. Volúmenes esperados por ciclo de corta según datos del inventario	96
3.5. Volúmenes esperados por ciclo de corta según datos del muestreo.....	98
3.6. Determinación de abundancias en porcentaje en árboles/hectárea y volúmenes m ³ /ha, para los diferentes ciclos de corta para el Inventario Forestal y el Muestreo Silvicultural	100
3.7. Recuperación del porte de los árboles por ciclo de corta según datos del inventarios forestal y el muestreo silvicultural	104
3.8. Resultados estadísticos.....	107
3.8.1. Hipótesis estadística.....	107
3.9. Oferta de madera en tronca para el cálculo de costos con datos del inventario forestal.....	109

	Página
3.10 Estructura de costos de tronca.....	111
3.11. Volúmenes de producción proyectada de madera en tabla para los diferentes ciclos de corta.....	112
3.12. Costos de aserrío	113
3.13. Comportamiento de las utilidades, recuperación en volumen (%) y oferta de madera en tronca para cada ciclo de corta	115
3.14. Discusión.....	118

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	122
4.2. Recomendaciones.....	124
Bibliografía	126
Anexos	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro N°1: Vida normal de las máquinas	45
Cuadro N°2: Valores para el cálculo de depreciación.....	45
Cuadro N°3: Coordenadas de la poligonal del compartimento AAA/2002-2-4 (Curva W).....	50
Cuadro N°4: Coordenadas de la poligonal de la Concesión Marabol	50
Cuadro N°5: División administrativa del bosque de la Concesión Marabol.....	51
Cuadro N°6: Lista de reptiles, anfibios, aves y mamíferos de la Concesión Marabol y su estatus en el Libro Rojo de Bolivia según las categorías de UICN y CITES	57
Cuadro N°7: Incremento corriente anual de las especies de la canasta forestal según datos del IBIF	78
Cuadro N°8: Alternativas de diámetros mínimos de corta.....	80
Cuadro N°9: Costos de madera aserrada y rendimientos industriales.....	83
Cuadro N°10: Rangos de crecimiento máximo y mínimos de los diámetros en cm. de la canasta de especies para la Concesión Marabol	85
Cuadro N°11: Abundancia por clase diamétrica de los del inventario forestal y sus potencialidades de aprovechamiento actual según alternativas propuestas y sus disponibilidades abundancias para el crecimiento.....	86
Cuadro N°12: Abundancia por clase diamétrica de los del muestreo silvicultural y sus potencialidades de aprovechamiento actual según alternativas propuestas y sus disponibilidades abundancias para el crecimiento	86

Cuadro N°13: Oferta de volumen primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. con datos del inventario forestal	96
Cuadro N°14: Segunda alternativa con corte igual al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del inventario forestal	97
Cuadro N°15: Primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corte igual al DMC. con datos del muestreo forestal.....	98
Cuadro N°16: Segunda alternativa con corte igual al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del muestreo forestal	99
Cuadro N°17: Recuperación en volumen Primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. con datos del inventario forestal	100
Cuadro N°18: Recuperación en volumen Segunda alternativa con corte igual al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del inventarios forestal.....	101
Cuadro N°19: Recuperación en volumen Primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. con datos del muestreo forestal	102
Cuadro N°20: Segunda alternativa con corte igual al DMC en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del muestreo forestal	103
Cuadro N°21: Cuadros de resultados de la prueba estadística Chi cuadrados, (x ²), aplicado a los datos del inventario forestal comparando la distribución de la curva de De Liocuort y curva observada de abundancia de arb/ha.....	107

Cuadro N°22: Cuadros de resultados de la prueba estadística Chi cuadrados, (χ^2), aplicado a los datos del muestreo forestal comparando la distribución de la curva de De Liocuort y curva observada de abundancia de arb/ha.	108
Cuadro N°23: Primera alternativa con corte de curupaú de 40 cm. de DAP. y las otras cuatro especies según DMC. con datos del inventario forestal	109
Cuadro N°24: Segunda alternativa con corte de curupaú de 40 cm. de DAP. y las otras dos especies (roble y morado) según el DMC. con datos del inventario forestal	110
Cuadro N°25: Diferencia de volumen en las dos alternativas plateadas para la segunda cosecha con el corte de las cinco especies y la otra con sólo tres	110
Cuadro N°26: Comparación de costos de producción de madera en tronca para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.....	111
Cuadro N°27: Comparación de costos de producción de madera en tabla para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.....	114
Cuadro N°28: Diferencia de utilidades en la producción de madera en tabla para el aprovechamiento en la primera alternativa de 5 especies y la segunda alternativa de 3 especies.....	114

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1: Ubicación de la zona de estudio.....	65
Gráfico 2: Distribución de las muestras en el inventario forestal 100 parcelas con una intensidad del 0,16 %	66
Gráfico 3: Distribución y tamaño de las parcelas.....	75
Gráfico 4: Distribución diamétrica del morado teórica y observada según inventario forestal.....	89
Gráfico 5: Distribución diamétrica del morado teórica y observada según muestreo silvicultural.....	89
Gráfico 6: Distribución diamétrica del roble teórica y observada según inventario forestal	90
Gráfico 7: Distribución diamétrica del roble teórica y observada según muestreo silvicultural.....	91
Gráfico 8: Distribución diamétrica del tajibo teórica y observada según inventario forestal.....	92
Gráfico 9: Distribución diamétrica del tajibo teórica y observada según muestreo silvicultural.....	92
Gráfico 10: Distribución diamétrica del sirari teórica y observada según inventario forestal.....	93
Gráfico 11: Distribución diamétrica del sirari teórica y observada según muestreo silvicultural.....	94
Gráfico 12: Distribución diamétrica del curupaú teórica y observada según inventario forestal.....	95
Gráfico 13: Distribución diamétrica del curupaú teórica y observada según muestreo silvicultural.....	96

Gráfico 14: Recuperación en porte Primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. con datos del inventario forestal	104
Gráfico 15: Recuperación en porte Segunda alternativa con corte igual al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del inventario forestal.....	105
Gráfico 16: Recuperación en porte Primera alternativa con corte 10 cm. más al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta igual al DMC. con datos del muestreo forestal.....	105
Gráfico 17: Recuperación en porte Segunda alternativa con corte igual al DMC. en el primer ciclo y en el segundo ciclo de corta con datos del muestreo forestal	106
Gráfico 18: Aprovechamiento de 5 especies en tabla por ciclo de corta.....	112
Gráfico 19: Aprovechamiento de 3 especies en tabla por ciclo de corta.....	113
Gráfico 20: Primera alternativa con corte de curupau de 40 cm. DAP. y las otras cuatro especies según DMC.	116
Gráfico 21: Segunda alternativa con corte de curupaú de 40 cm. DAP. y las otras dos especies según DMC.....	117

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. LISTA DE MAPAS

- Mapa N° 1: Ubicación de la Concesión Forestal Marabol-Velasco.
- Mapa N° 2: Mapa forestal Marabol, superficie 75,400 Has.
- Mapa N° 3: Mapas de división administrativa Marabol, superficie 75,400 Has.
- Mapa N° 4: Imagen Satelital de la concesión Marabol, superficie 75,400 Has.
- Mapa N° 5: Ubicación del compartimento dentro de la concesión.

ANEXO 2. LISTA DE FORMULARIOS, PLANILLAS, FICHAS Y CUADROS

- Anexo 2.1.** Intensidades mínimas y tamaño de las unidades de muestreo.
- Anexo 2.2.** Cálculo de la intensidad de muestreo por interpolación.
- Anexo 2.3.** Formulario para el levantamiento de regeneración natural.
- Anexo 2.4.** Croquis de las parcelas de muestreo para los estados de brinzal, latizal y fustal.
- Anexo 2.5.** Formulario de levantamiento dasonométrico.
- Anexo 2.6.** Formulario de levantamiento topográfico.
- Anexo 2.7.** Incremento diamétrico de las especies de uso actual en la Chiquitania.
- Anexo 2.8.** Abundancia por categoría diamétrica de las especies guías según el inventario forestal.

- Anexo 2.9.** Abundancia por clase diamétrica de las especies guías según el área piloto.
- Anexo 2.10.** Volúmenes esperados para el primer ciclo, primera alternativa según el inventario forestal
- Anexo 2.11.** Volúmenes esperados para el primer ciclo segunda alternativa según el inventario forestal
- Anexo 2.12.** Volúmenes esperados para el primer ciclo, primera alternativa según el muestreo forestal
- Anexo 2.13.** Volúmenes esperados para el primer ciclo segunda alternativa según el muestreo forestal
- Anexo 2.14.** Cálculo del test de Chi-cuadrado para tablas de contingencia 2x4
- Anexo 2.15.** Cálculo del test de Chi-cuadrado para tablas de contingencia 2x4
- Anexo 2.16.** Estructura de costos de troncas según inventario forestal
- Anexo 2.17.** Estructura de costos de troncas según muestreo forestal

ANEXO 3. BASE DIGITAL DE CÁLCULO Y DOCUMENTO