

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FORMA Y ELABORACIÓN DE
TABLAS VOLUMÉTRICAS PARA CUATRO ESPECIES FORESTALES DEL
BOSQUE HÚMEDO SUB TROPICAL DE GUARAYOS – SANTA CRUZ**

Por:

JORGE LUIS DURAN AVILA

Trabajo de tesis presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito a optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

TARIJA – BOLIVIA

Vº. Bº.

Ing. For. Víctor Yucra Miranda

PROFESOR GUÍA

Ing. MSc. Ismael Acosta Galarza

**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

Ing. MSc. Linder Espinosa Marquez

**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. For. Deimer Jesús Moreno Molina

Ing. For. Carlos Cossio Narvaez

Ing. For. Sebastián Ramos Mejía.

El Tribunal Calificador de la presente Tesis, no se solidariza con la forma términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor

DEDICATORIAS:

El presente trabajo se lo dedico a mis padres ARCENIO DURAN Y MARIA LOURDES AVILA y a mi esposa Ester e hijas Camila y Emily Quienes me brindaron su apoyo incondicional en formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber iluminado mi mente en tomar la mejor decisión y poder concretar uno de mis mejores sueños de ser profesional.

A mis padres por inculcar en mí, la responsabilidad, la educación y sobretodo el coraje para enfrentar los retos de la vida.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y en especial a la Carrera de Ingeniería Forestal con todo su personal Docente, por haberme brindado el conocimiento suficiente impartido por el excelente personal profesional.

A la Empresa SLV Bolivia Srl., por haberme abierto sus puertas y cooperarme material y moralmente durante el desarrollo del presente trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. For. Víctor Yucra Miranda, por haber hecho posible el desarrollo del presente trabajo y por su cooperación y apoyo moral.

A los Ingenieros Deimer J. Moreno, Carlos Cossio y Sebastián Ramos por haber depositado su confianza en mi persona al momento de tomar la decisión de llevar adelante este trabajo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

	Página
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. HIPÓTESIS	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	7

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

	Página
2.1. Inventario forestal	8
2.1.1. Importancia de la estimación del volumen	8
2.1.2. Medición y estimación del volumen	9
2.1.3. Cubicación de trozas	10
2.1.4. Cubicación de fustes o de troncos de árboles volteados.....	12
2.2. La forma del fuste	12
2.2.1. La forma mediante factores y coeficientes	12
2.2.1.1. Factores de forma	15

2.2.1.2.	Cocientes de forma.....	16
2.2.1.3.	Punto de forma.....	16
2.2.2.	Factor de forma establecido por Heinsdijk.....	17
2.3.	Tablas de volumen.....	18
2.3.1.	Definición de tablas de volumen.....	18
2.3.2.	Clasificación de tablas de volumen.....	18
2.3.3.	Etapas para la construcción de tablas de volumen.....	21
2.3.3.1.	Elección de muestra.....	21
2.3.3.2.	VARIABLES A EVALUAR EN CAMPO.....	22
2.3.4.	Construcción de las tablas de volumen.....	23
2.3.4.1.	Tablas construidas por métodos gráficos.....	23
2.3.4.1.1.	Precisión de estas tablas.....	24
2.3.4.2.	Tablas construidas por métodos matemáticos.....	25
2.3.4.2.1.	Precisión de estas tablas.....	26
2.3.4.3.	Diferencia entre métodos gráficos y matemáticos.....	31
2.4.	Volumen de corteza.....	32
2.5.	Especies en estudio.....	34
2.5.1.	Bibosi (<i>Ficus sp</i>).....	34
2.5.2.	Ochoo (<i>Hura crepitans</i>).....	36
2.5.3.	Serebó (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	38
2.5.4.	Yesquero Blanco(<i>Cariniana ianeirensis</i>).....	40

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

	Página
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	43
3.1.1. Ubicación.....	43
3.1.2. Aspectos Biofísicos.....	44
3.1.3. Superficie de la unidad de manejo y bosque	44
3.1.4. Infraestructura de Vías de Acceso.....	45
3.1.5. Uso Actual de la Tierra.....	45
3.1.6. Geomorfología y Suelos	45
3.1.7. Clima	47
3.1.7.1. Precipitación	47
3.1.7.2. Temperatura	47
3.1.7.3. Humedad Relativa	47
3.1.7.4. Vientos.....	48
3.1.8. Zonas de Vida	48
3.1.9. Intervenciones y/o Disturbios	48
3.1.10. Vegetación	49
3.1.11. Fauna Característica de la Región.....	50
3.1.12. Hidrología.....	53
3.2. MATERIALES	53
3.2.1. Materiales de campo.....	53
3.2.2. Materiales de gabinete.....	54
3.3. MÉTODOS	54
3.3.1. Especies a Estudiar.....	54
3.3.2. Determinacion del tamaño de la muestra	54

3.3.3.	Recolección de Datos	56
3.3.3.1.	Medición de la Troza.....	56
3.3.3.2.	Tratamiento de los datos.....	58
3.3.4.	Evaluación y Cálculos	58
3.3.4.1.	Cubicación de Trozas	58
3.3.4.2.	Cálculo del volumen total del fuste.....	59
3.3.4.3.	Cálculo Volumen Cilindro.....	60
3.3.4.4.	Determinación y cálculo del factor de forma	61
3.3.4.5.	Análisis comparativo de errores relativos	63
3.3.4.6.	Elaboración de tablas de volumen locales de una sola entrada considerando como variable independiente el diámetro a altura del pecho.....	64
3.3.4.6.1.	Función lineal	64
3.3.4.6.2.	Función parabólica	65
3.3.4.6.3.	Función logarítmica lineal	66
3.3.4.6.4.	Función logarítmico parabólica	67
3.3.4.7.	Criterios de selección de los modelos de regresión y análisis estadística	68
3.3.4.8.	Cálculo de Volumen de Corteza	71
3.3.4.9.	Cálculo del porcentaje de incremento en los costos de aprovechamiento debido al volumen de corteza	72
3.3.4.10.	Diseño muestral.....	73
3.3.4.11.	Análisis estadístico	77

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

	Página
4.1. Distribución de los datos por clase diamétrica	78
4.2. Estadísticos descriptivos de los datos para el análisis del factor de forma..	80
4.3. Determinación y cálculo del factor de forma	81
4.3.1. Evaluación de la base existente de datos de diferentes investigaciones sobre factores de forma.....	83
4.4. Análisis comparativo de errores relativos entre volúmenes reales y volúmenes estimados con el factor de forma calculado y el Ff. de 0.65.	86
4.5. Elaboración de tablas locales de volumen de una sola entrada considerando como variable independiente el diámetro a la altura del pecho.....	88
4.5.1. Selección del modelo para la construcción de la tabla de volumen para bibosi (<i>Ficus sp.</i>).....	88
4.5.2. Selección del modelo para la construcción de tabla de volumen para ochoo (<i>Hura crepitans L.</i>).....	91
4.5.3. Selección del modelo para la construcción de tabla de volumen para Serebó (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	93
4.5.4. Selección del modelo para la construcción de la tabla volumétrica para yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>)	96
4.5.5. Determinación de la precisión de las ecuaciones de volumen con respecto al volumen real.	99
4.6. Cálculo del espesor y % de volumen de la corteza	100
4.6.1. Espesor de corteza de las especies en estudio.....	100
4.6.2. Porcentaje de Volumen de la corteza de las especies de estudio	101
4.7. Determinación del % de incremento en los costos de aprovechamiento por volumen de corteza.....	103

CAPÍTULO V
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

	Página
5.1. Prueba de normalidad para la población muestral	105
5.1.1. Histogramas y gráficos de probabilidad normal de los valores de volumen de la población muestral por especie.	105
5.2. Análisis estadístico para los factores de forma determinados en el estudio y el factor de forma de Heinsdijk	108
5.2.1. Análisis estadístico para los volúmenes estimados con los factores de forma determinados en el estudio y el volumen real de cada especie.	110
5.2.2. Análisis estadístico para los volúmenes estimados con el factor de forma de 0.65 de Heinsdijk y el volumen real de cada especie.	113
5.3. Análisis estadístico de la comparación de volúmenes reales con los volúmenes obtenidos con las ecuaciones de volumen seleccionadas.	116

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.4. Conclusiones	120
5.5. Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFÍA	124

ANEXOS

- ANEXO 1** Determinación de volumen troza, volumen fuste, largo total de fuste y porcentaje de volumen de corteza para la especie bibosi (*Ficus sp*)
- ANEXO 2** Determinación de volumen troza, volumen fuste, largo total de fuste y porcentaje de volumen de corteza para la especie ochoo (*Hura crepitans*)
- ANEXO 3** Determinación de volumen troza, volumen fuste, largo total de fuste y porcentaje de volumen de corteza para la especie serebó (*Schizolobium amazonicum*)
- ANEXO 4** Determinación de volumen troza, volumen fuste, largo total de fuste y porcentaje de volumen de corteza para la especie yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*)
- ANEXO 5** Determinación del factor de forma - Estimación de volumen y error porcentual utilizando la ecuación logarítmica parabólica, factor de forma calculado y el factor de forma establecido por (Heinsdijk) para la especie Bibosi (*Ficus sp*)
- ANEXO 6** Determinación del factor de forma - Estimación de volumen y error porcentual utilizando la ecuación logarítmica parabólica, factor de forma calculado y el establecido por (Heinsdijk) para la especie ocho (*Hura crepitans L.*)
- ANEXO 7** Determinación del factor de forma - Estimación de volumen y error porcentual utilizando la ecuación parabólica, factor de forma calculado y el establecido por (Heinsdijk) para la especie serebó (*Schizolobium amazonicum*)
- ANEXO 8** Determinación del factor de forma - Estimación de volumen y error porcentual utilizando la ecuación logarítmica parabólica, logarítmica lineal tabla de volumen, factor de forma calculado y el establecido por (Heinsdijk) para la especie yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*)

ANEXO 9 Tabla de volumen de una sola entrada tomando como variable el DAP para la especie bibosi (*Ficus sp*).

ANEXO 10 Tabla de volumen de una sola entrada tomando como variable el DAP para la especie ochoo (*Hura crepitans L.*)

ANEXO 11 Tabla de volumen de una sola entrada tomando como variable el DAP para serebó (*Schizolobium amazonicum*)

ANEXO 12 Tabla de volumen de una sola entrada tomando como variable el DAP para yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) con la ecuación Logarítmica parabólica.

ANEXO 13 Tabla de volumen de una sola entrada tomando como variable el DAP para yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*) con la ecuación Logarítmica lineal.

ANEXO 14 Determinación de la incidencia del volumen de la corteza sobre los costos de aprovechamiento por actividad en dólares

ANEXO

FOTOGRAFÍAS

Foto N° 1.- El fuste del bibosi (*Ficus sp*) es recto, cilíndrico y, por lo general, muy alto, características que le confieren importancia como especie maderable

Foto N° 2. El fuste del serebó (*Schizolobium amazonicum*) es recto, cilíndrico y, por lo general, muy alto, características que le confieren importancia como especie maderable

Foto N° 3.- Medición del largo de las trozas en rodeo

Foto N° 4.- Medición del diámetro y registro de información de la troza en rodeo

Foto N° 5.- Medición de la corteza de la especie ochoo (*H. crepitans*)

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Fórmula y solidos respectivo del solido de revolucion.	14
Cuadro 2. Modelo de tabla de volumen standard.....	19
Cuadro 3 . Valores y rangos del coeficiente de correlación	29
Cuadro 4. Expresiones de índice de Furnival para ecuaciones ponderadas y con variable transformada.	31
Cuadro 5. Coordenadas de la AAA-2012-Curuvare III.....	43
Cuadro No. 6. Especies amenazadas registradas en la TCO´s Gwarayú.....	51
Cuadro 7. Resumen del tamaño muestral de las cuatro especies en estudio cuenta para el presente estudio	55
Cuadro 8. Formato de cálculo volumen por troza y árbol	60
Cuadro 9. Especies y número de árboles por clase diametrica	78
Cuadro 10. Resumen de estadísticos descriptivos para los factores de forma calculados para las especies en estudio.	80
Cuadro 11. Factor de forma calculado para las cuatro especies en estudio.	82
Cuadro 12. Base de datos de factores de forma actualmente disponibles por especies	83
Cuadro 13. Análisis comparativo de errores relativos entre volúmenes reales y volúmenes estimados con los factores de forma calculados y el Ff. de 0.65.	86
Cuadro 14. Resultados de los indicadores estadísticos de los diferentes modelos ajustados para bibosi (<i>Ficus Sp.</i>).....	89

Cuadro 15. Resultados de los indicadores estadísticos de los diferentes modelos ajustados para ochoo (<i>H. crepitans</i>).....	91
Cuadro 16. Resultados de los indicadores estadísticos de los diferentes modelos ajustados para serebó (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	94
Cuadro 17. Resultados de los indicadores estadísticos de los diferentes modelos ajustados para yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>).....	96
Cuadro 18. Estimación de volumen y error porcentual utilizando la ecuación seleccionada para cada especie	100
Cuadro 19. Espesor de la corteza de de las especies en estudio.	101
Cuadro 20. Resumen de cálculo de % volumen de corteza para las cuatro especies en estudio.....	101
Cuadro 21. Porcentaje de incremento en los costos de aprovechamiento por volumen de corteza.....	104
Cuadro 22. Resultados estadísticos de la prueba de “Z “para una muestra aplicado a los nuevos factores de forma de las especies en estudio y el factor de forma de 0.65 de Heinsdijk.....	109
Cuadro 23. Prueba z para medias de dos muestras para bibosi (<i>Ficus sp</i>).....	110
Cuadro 24. Prueba z para medias de dos muestras para ochoo (<i>Hura crepitans</i>).....	111
Cuadro 25. Prueba z para medias de dos muestras para serebo (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	111
Cuadro 26. Prueba z para medias de dos muestras para yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>)	112
Cuadro 27. Prueba z para medias de dos muestras para bibosi (<i>Ficus sp</i>).....	113
Cuadro 28. Prueba z para medias de dos muestras para ochoo (<i>Hura crepitans</i>).....	114
Cuadro 29. Prueba z para medias de dos muestras para serebó (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	114

Cuadro 30. Prueba z para medias de dos muestras yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>)	115
Cuadro 31. Prueba z para medias de dos muestras para bibosi (<i>Ficus sp</i>)	116
Cuadro 32. Prueba z para medias de dos muestras para ochoo (<i>Hura crepitans</i>).....	117
Cuadro 33. Prueba z para medias de dos muestras para serebó (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	117
Cuadro 34. Prueba z para medias de dos muestras yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>), ecuación logarítmica parabólica.	118
Cuadro 35. Prueba z para medias de dos muestras yesquero blanco (<i>Cariniana ianeirensis</i>), ecuación logarítmica lineal.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación de la AAA-2012-III en la comunidad indígena Curuvare, Guarayos Departamento de Santa Cruz.	44
Figura 2. Esquema de la toma datos de las variables dasometricas tomadas en cuenta para el presente estudio	57
Figura 3. Representación gráfica del método de obtención del factor de forma.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Histograma de probabilidad normal de los valores de volumen de la especie (<i>Ficus sp</i>).....	106
Gráfica 2. Histograma de probabilidad normal de los valores de volumen de la especie (<i>Hura crepitans</i>)	106
Gráfica 3. Histograma de probabilidad normal de los valores de volumen de la especie (<i>Schizolobium amazonicum</i>).....	107
Gráfica 4. Histograma de probabilidad normal de los valores de volumen de la especie (<i>Cariniana ianeirensis</i>)	107