

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSTGRADO

**RENDIMIENTOS E IMPACTOS DE LAS
INTERVENCIONES SILVICULTURALES EN UN
BOSQUE NUBOSO: ESTUDIO DE CASO VILLA MILLS
TALAMANCA-COSTA RICA**

POR

Henry Rodríguez Espinoza

TURRIALBA COSTA RICA

NOVIEMBRE DE 1996

Esta tesis a sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTAE

FIRMANTES:

José Joaquín Campos A, Ph.D.
Profesor Consejero

Fernando Carrera Gambeta, M Sc.
Miembro Comité Asesor

Bastian Douman , M Sc.
Miembro Comité Asesor

Robin aus der Beek ,MSc.
Miembro Comité Asesor

Juan Antonio Aguirre, Ph. D.
Jefe Area de Postgrado.

Pedro Ferreira , Ph D.
Director Programa de Enseñanza.

Henry Rodríguez-Espinoza
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa: Yadira.

Por la confianza, apoyo y sacrificio que me ha brindado siempre, con el interés que cumpla mis anhelos.

A mi hijo: Kevin.

Por su paciencia, comprensión y a pesar de sus 9 años: su apoyo.

A la memoria de mi madre: Ofelia

Quién me enseñó que en la vida se debe luchar por conseguir lo que uno desea, pero ésta lucha debe ser por méritos y no causando mal a otras personas.

También a mis hermanos, quienes me han apoyado siempre.

A DIOS que me guía por los caminos de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Detrás de este trabajo de tesis, muchas personas e instituciones estuvieron involucradas, tanto directa e indirectamente; por ello quisiera aquí mencionarlos, pidiendo disculpas para aquellos que pueda olvidar mencionar.

En primer lugar quisiera agradecer a la institución que hizo posible cumplir mi anhelo de obtener mi título de maestría: El Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).

Quisiera agradecer sobremanera a mi consejero principal Dr José Joaquín Campos, por su paciencia, consejos, críticas oportunas, confianza, pero ante todo por su amistad.

Agradezco al MSc Robin aus der Beek, por su apoyo como miembro del comité asesor y también por su intervención para la consecución de ayuda económica ante COSUDE para mi estadía durante el segundo año de estudios.

Agradezco a los señores MSc Bastian Louman y MSc Fernando Carrera, miembros del comité asesor, por su apoyo y revisión crítica y sanos consejos que se sirvieron prestar con este servidor.

Quisiera agradecer al Instituto Nacional de Aprendizaje, en la persona de su Presidenta Ejecutiva Doña Clara Zomer y a la Junta Directiva por haberme dado permiso dos años para que pudiera disfrutar de la beca concedida por el CONICIT, pero a la vez por hacer posible a través del Dpto de Capacitación brindarme el subsidio para que no tuviera preocupaciones de carácter económico durante mis estudios. También a Lilieth Zamora y compañeros del Dpto Agropecuario por el apoyo brindado y a aquellos amigos que se responsabilizaron por mi ante el INA con el fin de que yo pudiera obtener mi maestría.

En el trabajo desarrollado, hubo algunas personas que realizaron su trabajo cotidiano, sin pensar que al final los datos que se generaron en el desarrollo de sus actividades, serían la base de esta tesis; por ello quisiera agradecer al personal de campo que labora y laboraron en el Area Demostrativa del Proyecto CATIE/COSUDE ubicada en Villa Mills cuando se realizó el trabajo de campo: Geoffrey, Marvin, Alvaro, Hans, etc.

Al personal administrativo del Proyecto, principalmente a Doña Lidieth y Grace por todas las atenciones que se sirvieron prestar.

Quisiera agradecer muy especialmente a Hugo Brenes, por toda la ayuda en el análisis de datos y sus sanos consejos; además a Alvaro Chaves por su paciencia para realizar la impresión y ordenamiento de la tesis.

También el agradecimiento sincero a Jhonny Pérez por su ayuda en los análisis estadísticos y programación y también a Gustavo López y todas el personal del centro de computo que colaboraron y facilitaron equipo para el escaneo de figuras.

A Rigoberto Aguilar, por su amistad y revisiones de la literatura consultada y en general al personal de la Biblioteca Orton por todas las atenciones y buen trato del que fui objeto durante mi estadía en el CATIE.

Me gustaría agradecer muy afectivamente a todo el personal de la Escuela de Postgrado: a Marta I, Marta II, Jeannette, Lucy, Rosemary, Emilio, Tomás, Alfonso, y las demás personas que trabajan en esa unidad, en especial para E. Molina por la paciencia, dedicación e interés manifiesto para arreglar nuestras situaciones cuando nos vimos en apuros económicos.

Tambien agradezco al personal de Tesorería, Revista Forestal, Revista Agroforestería de las Américas y Producción de Medios por su amabilidad, amistad y buen trato demostrado hacia mi persona.

Dos años en un nuevo lugar es mucho tiempo para no hacer buenas amistades; en mi caso, durante mi estadía en CATIE tuve la oportunidad de conocer a una persona que, aunque teníamos diferencias de carácter, costumbres y estilo de vida, me enseñó que la amistad es algo de lo más importante en ésta vida, además, que todo lo que deseas en esta vida lo lograrás si pones el empeño necesario. Por ello quiero agradecer a Blanca Nava, compañera mexicana, la cual desde el primer día de estudios estuvo junto a mi, unas veces gozando pero la mayor parte del tiempo trasnochando para cumplir con los compromisos que los estudios no deparaban. Pero también estuvo atenta a oír mis preocupaciones y problemas además de aconsejarme e incluso sacrificar muchas veces parte de su tiempo con el fin de que en Diciembre de 1996 termináramos juntos el programa de maestría. Por ello **Blanca:** "muchas gracias por estar junto a mi estos dos años y por contribuir a la feliz culminación de mi maestría; te lo agradeceré siempre y te llevaré en mi corazón".

Quiero tambien agradecer a algunos compañeros que me ayudaron y brindaron su amistad: a Jhonny, Oscar, María, Lorena, Leslie.

Agradezco a mis compañeros de INA: Carlos Arce, Eliécer M y Marcial A, por su amistad y por sus consejos.

Por último quisiera tambien agradecer a algunas personas del personal administrativo y otras dependencias del CATIE, con las cuales compartí gratos momentos: a Viviana, Luis Fdo, Rocío S, Ricardo. Jhonny, Bernardo y Luis (BCAC), y a todos aquellos que en este momento no vienen a mi mente y que contribuyeron a mi formación profesional o me brindaron su amistad: GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
1. INTRODUCCION.....	I
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. GENERAL.....	3
2.2. ESPECÍFICOS.....	3
3. HIPOTESIS.....	4
4. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1. NATURALEZA DEL PROBLEMA.....	5
4.2. ¿QUÉ ES ORDENACIÓN FORESTAL?.....	6
4.3. MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE: CONCEPTO.....	6
4.3.1. <i>Pero ¿qué significa el manejo sostenible de los bosques naturales?</i>	8
4.4. ¿PORQUÉ NO SE MANEJAN LOS BOSQUES NATURALES?.....	8
4.5. APROVECHAMIENTO COMO BASE DEL MANEJO.....	9
4.6. PRÁCTICAS ACTUALES DE APROVECHAMIENTO.....	10
4.7. APROVECHAMIENTO TRADICIONAL VS APROVECHAMIENTO MEJORADO.....	10
4.8. ACTIVIDADES FUNDAMENTALES DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	12
4.8.1. <i>Diseño, construcción y mantenimiento de caminos forestales</i>	13
4.8.2. <i>Operaciones de corta</i>	13
4.8.3. <i>Operaciones de extracción</i>	13
4.8.4. <i>Transporte de productos</i>	14
4.8.5. <i>Evaluación posterior a la explotación</i>	14
4.9. EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE BAJO IMPACTO EN CENTRO AMÉRICA.....	14
4.10. FASES DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	15
4.10.1. <i>Actividades pre-aprovechamiento</i>	15
4.10.2. <i>Actividades del aprovechamiento</i>	16
4.10.3. <i>Actividades post-aprovechamiento</i>	18
4.11. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS OPERACIONES DE APROVECHAMIENTO.....	19
4.11.1. <i>Masa forestal</i>	19
4.11.2. <i>Sitio</i>	20
4.11.3. <i>Socioeconómicos</i>	20
4.11.4. <i>Legales e institucionales</i>	20
4.12. NIVEL DE DAÑO EN LAS ACTIVIDADES DE APROVECHAMIENTO.....	21

4.13. ESTUDIOS DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS	24
4.13.1 Metodologías para determinar rendimientos y costos	26
4.13.2 Equipo necesario para determinación de tiempos	26
4.14. RENDIMIENTO POR UNIDAD DE TIEMPO EN EL APROVECHAMIENTO FORESTAL	27
4.14.1 Tamaño del árbol (diámetro)	27
4.14.2 Volumen por hectárea a ser aprovechado	28
4.15. RENDIMIENTO EN LAS LABORES DE APEO	28
4.16. RENDIMIENTO EN LAS LABORES DE ARRASTRE	31
4.17. MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE LOS ÁRBOLES	33
4.17.1 Fórmula de Smalian	35
4.17.2 Sistema tradicional (PMT)	35
4.17.3 Tablas de volumen	36
4.18. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS BOSQUES DE ROBLES EN COSTA RICA	37
4.19. EL PROYECTO DE SILVICULTURA DE BOSQUES NATURALES	38
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	41
5.1.1 Localización	41
5.1.2 Clima	41
5.1.3 Temperatura y precipitación	42
5.1.4 Humedad Relativa	42
5.1.5 Zona de Vida	43
5.1.6 Topografía	43
5.2. TIPOLOGÍA DEL BOSQUE	43
5.2.1 Bosque Mixto de Encino (BME) sobre suelos Placandept	43
5.2.2 Bosque de Roble Blanco (BRB), sobre suelos Dystrandept	44
5.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	44
5.3.1 Descripción de las diferentes variables medidas	47
5.3.2 Procedimiento para la toma de datos	54
5.3.3 Análisis de los datos	55
6. RESULTADOS	57
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN SILVICULTURAL	57
6.1.1 Caracterización de las parcelas intervenidas	57
6.1.2 Área basal y número de árboles aprovechados	57
6.1.3 Distribución del número de árboles en las etapas del aprovechamiento	58
6.2. TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN LA TALA	60
6.2.1 Comparaciones estadísticas de los métodos de corta	64
6.2.2 Modelos de regresión	66
6.2.3 Rendimiento por unidad de área y tiempo	67
6.3. INVENTARIO DE DAÑOS	73
6.3.1 Distribución del número de árboles y área basal dañada por clase de daño	73
6.3.2 Correlaciones de daños	79
6.3.3 Enfoque de los daños	82
6.3.4 Efectividad de la clasificación de daños	83
6.3.5 Modelos de los daños	84
6.4. RENDIMIENTO EN EL ARRASTRE	84
6.4.1 Modelación del arrastre	87
6.4.2 Rendimiento teórico	88
6.5. CUANTIFICACIÓN VOLUMÉTRICA	89
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91

7.1. CARACTERIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN SILVICULTURAL	91
7.2. RENDIMIENTOS EN LA TALA Y EL ARRASTRE	91
7.3. ANÁLISIS DE DAÑOS.....	94
7.4. ANÁLISIS DEL ARRASTRE	96
8. CONCLUSIONES	97
9. RECOMENDACIONES.....	99
10. LITERATURA CONSULTADA	100
ANEXOS.....	105

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Proporción de árboles dañados y muerto por el aprovechamiento en tres tratamientos en Surinam.....	23
Cuadro 2. Operaciones de apeo alrededor del tocón.....	28
Cuadro 3. Datos para elegir la curva de masa y terreno que ha de emplearse en el Nomograma de arrastre.....	31
Cuadro 4. Rendimientos del arrastre con tractor de oruga en diferentes regiones del mundo.....	33
Cuadro 5. Precipitación P (mm) y temperatura T (°C) de Villa Mills (3000 msnm) para el período 1992-1985.....	42
Cuadro 6. Distribución del número de árboles y área basal por especie de los dos tipos de bosques encontrados (a partir de 10 cms d.a.p.).....	44
Cuadro 7. Datos de área basal y número de árboles por hectárea en las parcelas antes de la intervención (dap ≥ 10 cm).....	57
Cuadro 8. Datos de área basal y número de árboles mayores a 10 cm dap. aprovechados dentro de las parcelas y en los bordes.....	58
Cuadro 9. Distribución del número de árboles antes y después del aprovechamiento, por clase diamétrica y por hectárea.....	59
Cuadro 10. Distribución porcentual de los tiempos efectivos totales por actividad y por código de tala.....	60
Cuadro 11. Tiempos promedios de corta para los diferentes métodos, sin considerar el diámetro de los árboles (para 4.1 ha).....	61
Cuadro 12. Duración promedio de la corta por árbol con el uso de cables y sin cable, sus máximos, mínimos y coeficiente de variación.....	62
Cuadro 13. Promedio de tiempo de corta (en min) por árbol según el diámetro para cada tipo de tala.....	63
Cuadro 14. Resultados de la prueba t para los distintos métodos de tala respecto a la duración total de la tala de los árboles (coeficiente correlación en paréntesis).....	65
Cuadro 15. Resultados de la prueba t para los distintos métodos de tala respecto a la duración de la actividad de derribo de los árboles (coeficiente correlación en paréntesis).....	65
Cuadro 16. Datos de tiempos totales y efectivos obtenidos en la labor de corta en la intervención silvicultural de la zona demostrativa en villa mills (cuadrilla de 1 operador + ayudante).....	68
Cuadro 17. Volúmenes totales y comerciales obtenidos en la intervención silvicultural en Villa Mills (dap ≥ 30 cm dap).....	68
Cuadro 18. Rendimientos totales y efectivos de la labor de tala en la intervención silvicultural de los robledales de Villa Mills Costa Rica (cuadrilla de 1 operador + ayudante).....	69
Cuadro 19. Rendimientos de la labor de corta para los árboles mayores a 60 cm dap (cuadrilla de 1 operador + ayudante).....	70
Cuadro 20. Distribución en número y porcentaje de los árboles mayores a 10 cm dap dañados en la intervención silvicultural.....	73
Cuadro 21. Resumen de daños en la intervención silvicultural.....	77

Cuadro 22. Distribución del número de árboles mayores a 10 cm dap. dañados según el tipo de copa.....	80
Cuadro 23. Coeficiente de correlación de las variables medidas versus árboles y área basal dañada en la labor de tala para todos los métodos de tala (nivel de significancia entre paréntesis).....	80
Cuadro 24. Frecuencias de Árboles cortados y su clasificación según la clase de árboles dañados.....	81
Cuadro 25. Distribución de los árboles dañados, según la parte afectada.....	83
Cuadro 26. mortalidad según tipo de daño de los arboles afectados en la intervencion silvicultural (para dos períodos de tiempo).....	83
Cuadro 27. Resumen de rendimientos en el arrastre.....	85
Cuadro 28. Desglose de tiempos en la labor de arrastre.....	86
Cuadro 29. Caracterización de algunas fases del arrastre.....	86
Cuadro 30. Resultado de la cubicación del volúmen en las parcelas intervenidas, con tres métodos diferentes.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Costo relativo por m ³ (volumen con corteza) cuando varía el dap para el corte, troceo y apilado (en un Bosque de <i>Pinus silvestris</i>).....	27
Figura 2. Rendimientos por turno de 8 horas para tres métodos, en las labores de corta y troceo de árboles (bosque tropical, d.a.p. 20-25 pulgadas) y su relación a la eficiencia de la mano de obra.....	29
Figura 3. Nomograma sobre rendimiento de corte y troceo con motosierra en los bosques tropicales (1 operador y 1 ayudante).....	30
Figura 4. Nomograma sobre el rendimiento de arrastre con un tractor tipo Bulldozer. (Fuente: Estudio de FAO, 1974).....	32
Figura 5. Algunas sólidos geométricos truncados con sus fórmulas de volumen. (Lojan, 1965).....	33
Figura 6. Ubicación del área de estudio.....	41
Figura 7. Distribución de las parcelas intervenidas en los años 1991 y 1994, incluyendo el área de borde.....	46
Figura 8. Diagrama de flujo de la labor de arrastre (Modificado de Anaya y Christiansen, 1986).....	50
Figura 9. Representación de las diferentes actividades que comprende la fase de arrastre en un aprovechamiento forestal. (Tomado de Venegas y Rodríguez, sin publicar).....	52
Figura 10. Distribución de los árboles en las diferentes etapas de la intervención.....	59
Figura 11. Distribución de los tiempos efectivos en las diferentes actividades de la tala (método de tala normal).....	61
Figura 12. Distribución del número de árboles y área basal cortados en las parcelas.....	63
Figura 13. Representación de los datos de tiempo obtenidos para la labor de corta.....	64
Figura 15. Distribución de los tiempos de las actividades de corta para los árboles mayores a 60 cm de dap.....	70
Figura 16. Nomograma del rendimiento en la labor de corta en los bosques tropicales y la representación del rendimiento teórico a obtener en base a resultados del bosque estudiado.....	72
Figura 17. Distribución del área basal dañada en las parcelas por clase de daño producido.....	74
Figura 18. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea dañados en la intervención silvicultural.....	75
Figura 19. Proporción de los árboles con respecto al número inicial de árboles en cada clase diamétrica (parcela 10).....	76
Figura 20. Proporción de los árboles con respecto al número inicial de árboles en cada clase diamétrica (parcela 11).....	76
Figura 21. Datos área basal cortada y dañada en la intervención silvicultural (1994).....	78
Figura 22. Datos de área basal cortada y dañada en la intervención silvicultural de 1991. Tomado de Beek (1993).....	78
Figura 23. Distribución porcentual del área basal en la intervención silvicultural.....	79
Figura 24. Relación de los árboles cortados/árboles dañados según el método de tala utilizado.....	82
Figura 25. Distribución de los tiempos del arrastre.....	87
Figura 26. Determinación de los rendimientos del arrastre según nomograma de FAO, a partir de resultados obtenidos.....	88

RESUMEN

Rodríguez, E. H. 1996. Rendimientos e impactos de las intervenciones silviculturales en un bosque nuboso: Estudio de caso Villa Mills Talamanca-Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 100 p.

Palabras claves: Bosque Bosque nublado, *Quercus costarricensis*, *Quercus Copeyensis*, intervención silvicultural, manejo forestal, aprovechamiento forestal, rendimientos, corta, saca de la madera, medición, volumen, Villa Mills, Costa Rica.

En los últimos años, los bosques se han convertido en un recurso muy importante para las comunidades urbanas y rurales en lo que respecta al suministro de bienes y servicios.

La destrucción paulatina de ellos, para dar paso a otras actividades productivas o debido a una explotación irracional desligada de todo plan de ordenamiento que garantice un rendimiento continuo a través del tiempo, es uno de los problemas que enfrenta la humanidad.

Es por ello que el bosque natural, manejado con objetivos múltiples de producción y protección, constituye hoy en día, un componente integral de algunos planes de desarrollo de muchos países de América Latina. Dentro de este proceso de manejo, el aprovechamiento forestal es la faena que concentra el mayor número de actividades y además, las que requieren mayor cuidado y atención durante su planificación.

Por ello, el objetivo general de este estudio fue el de caracterizar y evaluar rendimientos e impactos de algunas actividades de una intervención silvicultural¹ en un bosque nuboso dentro del Area Demostrativa del Proyecto CATIE/COSUDE ubicada en Villa Mills Talamanca Costa Rica.

La intervención se realizó en una área total de 4.1 has, de las cuales 2 has correspondían a dos parcelas de una hectárea cada una y el resto de área correspondía al área de borde de las parcelas. En esta área se evaluó la tala, el arrastre, los tiempos, rendimientos y los daños producidos, además de hacer un análisis de la cuantificación volumétrica. Los criterios utilizados para escoger los árboles a cortar fueron de tipo cualitativos, con lo que se pretendía mejorar la estructura y composición del bosque.

Para la tala se utilizaron cinco diferentes tipos de corta (normal, para árboles podridos, boca ancha, corte de punta y boca profunda); los cuales a la vez se podían combinar

¹ Término más amplio del aprovechamiento, que conlleva aspectos de tratamiento silvicultural con el fin de mejorar la estructura y composición del bosque.

con el uso de cables para dar al final hasta 30 diferentes combinaciones de método de tala. Estos se aplicaron según las características del árbol a cortar.

En total se cortaron 197 árboles, de los cuales un 62 % se cortaron con el tipo de tala normal, un 27% con el corte de punta y otros un 6%. Se ha de mencionar que el uso de cables solamente se aplicó en 4% de los árboles cortados, esto es, apenas 8 árboles.

Los resultados mostraron que cuando se toma el tiempo total de la actividad de tala (toda la tala se dividió en 5 actividades); los métodos muestran diferencias en lo que se refiere a los rendimientos; sin embargo, cuando únicamente se toma la actividad de derribo, los métodos donde no se utilizó cables mostraban diferencias en los rendimientos en relación a los métodos usados cuando se utilizaba éste implemento.

Los rendimientos para este tipo de intervención fueron de alrededor de 2.82 m³/hora, lo cual da aproximadamente unos 14 m³/día; que si es comparado con aprovechamientos en bosques de bajura se consideran bajos. Sin embargo el método de intervención empleado es diferente así como también el tipo de bosque.

En lo que respecta a los daños, no hay significancia entre los diferentes métodos empleados y los daños producidos, aunque se encontró valores menores para el método de tala normal (para árboles sin inclinación natural), explicado esto en que en esta situación se tiene mayor posibilidad de direccionar el árbol en la dirección deseada. De las variables de los árboles evaluadas, el diámetro y la altura total de éstos son los que muestran relación a los daños producidos.

En el arrastre, se encontró que la duración del ciclo de viaje, está mayormente correlacionado al número de trozas arrastradas y a la distancia de arrastre. Obteniéndose valores de 5 y 30 m³ en los rendimientos por hora y por día respectivamente, que al igual que la actividad de tala son bajos si se comparan con datos obtenidos en bosques de bajura.

Respecto a la cubicación de madera, se observó que el método actualmente recomendado por la Dirección General Forestal para este tipo de bosque, para cubicar árboles en pie; brinda un volumen similar al obtenido una vez que los árboles son cortados.

ABSTRACT

Rodríguez, E.H. 1996. Yields and impacts of silvicultural interventions in a cloud forest: case study in Villa Mills Talamanca-Costa Rica. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE 100p.

Key Words: Montane forest, forest management, cut, logging, mesuration, silvicultural intervention, yields, skidding, volume, Villa mills, Costa Rica.

In recent years, forests have converted into a very important resource for urban and rural communities with respect to the supply of goods and services.

Their gradual destruction, to give way to other productive activities or owed to a irrational exploitation apart from an ordered plan that would guarantee a continuous output overtime, is one of the problems that faces humanity.

It is for this reason that the natural forest, managed with the multiple objectives of production and protection, today constitutes an integral part of development plans in many Latin American countries. In this management process, the logging is the task that concentrates the majority of activities and that requires the most care and attention during its planning.

The general objective of this study was to characterize and evaluate outputs and impacts of some activities of a silvicultural intervention¹ in a cloud forest within the Demostrative Area of the Project CATIE/COSUDE, situated in Villa Mills Talamanca Costa Rica.

The intervention took place in a total area of 4.1 ha, of which 2 ha corresponded to two plots of one hectare each and the rest of the area corresponded to the border area of the plots. In this area, the felling, skidding, time, yields and damages were evaluated. An analysis of volumetric quantification was also made. The criteria used to choose which trees to cut were of a qualitative type, with wich an attempt was made to improve the structure and composition of the forest.

Five types of cut were used (normal, for decaying trees, wide mouth, point cut and deep mouth). These were combined with the use of cables to give at the end up to 30 different combinations of cutting methods. These were applied according to the characteristics of the tree to be cut.

¹ A wider term than use, which adds aspects of silvicultural treatment with the aim of improving the structure and composition of the forest

Of the total of 197 trees that were cut, 62% were cut using the normal cut type, 27% with the point cut and 6% with other cuts. It was found that cables were only used to cut 4% of the trees, that is, only eight trees.

The results showed that when the total cut activity time is taken (the entire felling divided in five activities), the methods show differences in what is referred to as the yields; however, when only the cut down time is taken, the methods in which cables were not use showed differences in the yields in relation to the methods used when this implement was employed.

The yields for this type of the intervention was around 2.82 m³/hour, which gives approximately 14 m³/day. If compared with logging activities in tropical rain forests, these figures would be considered low. However the method of intervention would be different as does the type of forest.

In respect to damages, there are no significant differences between the different methods used and the damages produced, although damage level was less for the normal cut method (for trees without natural inclination). This may be explained as in this situation had the best possibility to direct the tree in the desired direction. Of the variables from the evaluated trees, the diameter and the total height were what showed a relationship to damage produced.

In skidding, it was found that the duration of the trip cycle is highly correlated to the number of logs and the distance of skidding. Values of 5 and 30 m³ in yields per hour and per day respectively were obtained, and as with the cut activity, are low when compared to data obtained in tropical rain forests.

With respect to the volume estimates, it was observed that the current method recommended by the General Forest Directorate for this type of forests, to the cubication of trees by foot; presents a similar volume to that obtained once the trees are cut (Smalian).

1. INTRODUCCION

Los bosques son el recurso renovable más abundante y dinámico que la naturaleza proporciona a la humanidad, toda una gama de beneficios y servicios económicos, sociales, ambientales y culturales. Con el crecimiento demográfico aumenta la demanda de sus numerosos productos y funciones, en consecuencia se dá la sobrexplotación, la deforestación o la conversión definitiva de los suelos de vocación forestal a otros tipos de uso de la tierra o la decadencia de los bosques situados en climas más templados, ocasionada por contaminantes aerotransportados (*Maini, 1992*).

En el pasado, el recurso forestal en general ha sido considerado como **mina inagotable** de numerosos productos, en donde dada su abundancia la consideración económica tenía poca importancia.

La "**sabiduría del pasado**" que nos legaron nuestros antecesores en cuanto al aprovechamiento y manejo de los bosques son evidentes. Así, a pesar de que el Sector Forestal ha venido contribuyendo sustancialmente al crecimiento y desarrollo económico, muchas de esas acciones se traducen en un marco, cuyas características son:

- ◆deforestación acelerada impulsada por aprovechamientos intensivos e indiscriminados del recurso forestal existente.
- ◆eliminación del bosque para la apertura de nuevas tierras dedicadas a la agricultura, la ganadería y áreas urbanas (*Reiche, 1987*).

En la mayor parte de América Latina no se hace actualmente un aprovechamiento racional de los bosques naturales; por el contrario, éste recurso está sometido a destrucción paulatina para dar paso a otras actividades o a una explotación irracional desligada de todo plan de ordenamiento de los bosques que garantice un rendimiento continuo a través del tiempo.

Es notable como en los últimos años, la supervivencia de los bosques tropicales ha asumido tanta importancia que se considera un problema ambiental de primer orden, esto porque se le está degradando a un ritmo alarmante, principalmente mediante su conversión a otros usos. Los motivos de ésta tendencia varían de una región tropical a otra, pero en términos generales parecen ser el resultado de una combinación de pobreza extendida, crecimiento demográfico rápido y políticas gubernamentales que fomenten la ocupación de tierras desocupadas (*Repetto, 1988*). Es por ello que, el bosque natural manejado con objetivos múltiples de producción y protección, constituye hoy en día un componente integral de algunos planes de desarrollo de muchos países de América Latina.

Sin embargo, pese a que los aspectos técnicos de la silvicultura y el manejo de estos ecosistemas datan de más de un siglo, **sorprende comprobar la ausencia de información económica, sobre todo en lo referente a rendimientos y costos, que permitan planificar y cuantificar el proceso de manejo a nivel de fincas.** Esto se considera como una de las más severas limitantes para la implementación del manejo sostenible en forma efectiva (Carrera, 1993).

A partir de 1984, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ejecuta investigaciones básicas y aplicadas en el manejo de bosques naturales. Las investigaciones se han desarrollado con el objetivo de contribuir al desarrollo y a la adopción de sistemas de manejo forestal que sean ecológicamente sostenibles, técnicamente factibles, económicamente atractivos y además que sean socialmente aceptables y adaptables (Quirós *et al.*, 1994).

En éste proceso de manejo forestal, el aprovechamiento es la faena que concentra el mayor número de actividades y además, las que requieren de mayor cuidado y atención durante su planificación y ejecución. Para lograr el éxito en ésta actividad, CATIE ha implementado planes especiales que abarcan concreta y específicamente cada actividad de aprovechamiento a realizar, buscando reducir el impacto y los costos de operación (Quirós *et al.*, 1994).

Una de las investigaciones que ejecuta el CATIE, se desarrolla en los bosques de robledales de altura de la cordillera de Talamanca y es ejecutada a través de la participación de la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), el objetivo principal es el de cumplir con los cuatro postulados mencionados anteriormente. (Quirós *et al.* 1994).

Por ello, el objetivo general del presente estudio, está referido a caracterizar y evaluar los rendimientos e impactos de las intervenciones silviculturales que se aplicaron en dos parcelas en el Area Demostrativa del Proyecto CATIE/COSUDE ubicada en Villa Millis.

Otro objetivo es brindar algunos aspectos técnicos relacionados a las actividades de tala, y arrastre para éste tipo de bosques; como son el de cuantificar la producción obtenida por hectárea y los tiempos requeridos en las diferentes labores, ya que para el caso de Costa Rica, hasta el momento no se han realizado evaluaciones en lo que se refiere al aprovechamiento de los bosques nubosos (robledales) y éste trabajo puede constituir el primer esfuerzo por contar con datos que ayuden en el futuro, pues puede brindar algunas pautas y resultados; por si se hace necesario manejar éste tipo de bosque con el fin de satisfacer la demanda de materia prima que ya escasea en otras regiones del país. Además de determinar diferencias (si la hay) entre los métodos de cubicación de madera en pie y en trozas a la vez de elaborar tablas de volumen para ese tipo de bosque.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Caracterizar y evaluar rendimientos e impactos de la tala y el arrastre en las intervenciones silviculturales realizadas en el área demostrativa del Proyecto CATIE/COSUDE en los robledales de altura de Costa Rica.

2.2. Específicos

1. Caracterizar las técnicas silvícolas para el manejo de los robledales de altura.
2. Determinar los daños a los árboles remanentes producidos y su relación con las diferentes variables medidas.
3. Determinar los rendimientos (producción por unidad de tiempo y área), en las labores de tala y arrastre, de las intervenciones silviculturales realizadas en los robledales de altura ubicados en Villa Mills, Talamanca.
4. Establecer modelos de regresión para la duración de la operación de tala, y arrastre así como para los daños producidos a la hora de la corta, para éste tipo de intervención silvicultural.
5. Realizar una comparación entre el método de cuantificación del volumen en pie y la cuantificación de volumen a través del método de Smalian.
6. Elaborar tablas de volumen para ser usada en éste tipo de bosque.

3. HIPOTESIS

En vista que los objetivos del presente trabajo son caracterizar y evaluar las actividades de una intervención silvicultural aplicada en un bosque de robles de la zona de vida Bosque Nuboso se hizo difícil enmarcar en una sola hipótesis el cumplimiento de los objetivos, por ello se plantearon las siguientes hipótesis:

- 1. El diámetro, altura y tipo de copa de los árboles cortados tiene una relación directamente proporcional a los daños producidos en la vegetación remanente.**
- 2. El daño producido en la vegetación remanente se relaciona directamente con el método de corta y éstos (daños) son diferentes para cada uno de los métodos.**
- 3. El rendimiento por unidad de tiempo y volumen entre los diferentes métodos de tala utilizados es similar**
- 4. El método de cuantificación de madera en pie establecido por la DGF, brinda un volumen diferente al método de cubicación utilizando la fórmula de Smalian para madera en trozas.**

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Naturaleza del problema

Los bosques tropicales son los ecosistemas más frágiles y ricos del planeta. Su destrucción acelerada, debido a la sobreexplotación de los recursos mediante el aprovechamiento de madera y otros productos o bien por el cambio de uso de la tierra; ha despertado el interés y la preocupación mundial, puesta de manifiesto en la llamada Cumbre de la Tierra, celebrada en Brasil a mediados de 1992.

Resulta evidente a través de las sencillas matemáticas del crecimiento de la población, que con el tiempo, las operaciones forestales deberán acomodarse tanto a las necesidades ambientales como a las cambiantes necesidades sociales.

Ya en muchos lugares, la Tierra está incómodamente superpoblada, quizás en unos 40 años habrá el doble de población que alimentar, el doble con necesidad de vivienda y con toda probabilidad, el doble que dependerá de la leña para la preparación de sus alimentos. Si la demanda de productos madereros crece durante éste período, aunque sólo sea una fracción del crecimiento de la población, se producirá un enorme incremento en la frecuencia y extensión de las operaciones de aprovechamiento forestal, especialmente en los países tropicales donde se va a producir el mayor incremento de la población y donde quedan las principales áreas forestales.

La silvicultura y las actividades de las industrias forestales son básicas para la mayoría de los países del mundo. En algunas regiones se pone la atención en la conservación de los montes y crear nuevos recursos forestales para satisfacer las futuras necesidades de productos de ellos y para proteger de la destrucción de tierras y medio ambiente. En otras regiones, se hace hincapié por aumentar la utilización de recursos forestales abundantes para adquirir los productos necesarios y talvés los ingresos de exportación que puedan emplearse en comprar otros artículos y servicios (FAO, 1980)

A pesar de los antecedentes sombríos de las operaciones madereras tradicionales en los bosques tropicales, la situación no es desesperada. Estudios han demostrado de forma concluyente, que las operaciones de aprovechamiento que se programan y supervisan adecuadamente, pueden cumplir las condiciones de sostenibilidad anteriormente expuestas. Además, tales operaciones tienen el beneficio adicional de reducir los costos de aprovechamiento con un margen sustancial, en comparación con las operaciones clásicas (FAO, 1980).

4.2. ¿Qué es Ordenación Forestal?

Este concepto entraña diversos grados de intervenciones humanas deliberadas, desde las acciones orientadas a salvaguardar y mantener el ecosistema forestal y sus funciones, hasta el apoyo a determinadas especies o grupos de especies de valor social y/o económico para mejorar la producción de bienes o servicios ecológicos (FAO, 1991).

La ciencia y la práctica de la silvicultura tiene como objetivo el rendimiento sostenible. Su esencia es la conservación y utilización simultánea de los bosques para el bienestar y desarrollo de las sociedades humanas. Sin embargo las dificultades surgen cuando se trata de combinar la conservación con usos potencialmente destructivos como la producción de madera.

La ordenación sostenible de los bosques para la producción de madera se basa en un principio sencillo: **sólo es menester aprovechar la madera a un ritmo anual que no supere el de la producción del bosque de que se trate y sin perjudicar su capacidad de suministrar otros bienes y servicios.** (Leslie, 1995).

Sin embargo, esto es un principio mucho más fácil de enunciar que de aplicar. El incremento al ser materialmente inseparable de los árboles en que se produce, ha de recogerse talando una parte del bosque igual en cantidad al incremento del bosque en su conjunto. Ello acarrea problemas, ya que es difícil cuantificar el incremento que se produce, identificar la parte del bosque que ha de talarse como equivalente a ese incremento y hacer la operación de suerte que no se derive ningún daño grave y permanente para los otros bienes y servicios o para la capacidad del bosque de seguir proporcionándolos.

Hay un acuerdo universal en que ecológicamente hablando, los bosques húmedos figuran entre los ecosistemas terrestres más complejos. A esto podría deberse en parte, el éxito limitado de la ordenación sostenible de ellos y es sin duda alguna el factor decisivo.

4.3. Manejo forestal sostenible: Concepto

Mientras el índice total de la población humana se mantuvo a bajo y la economía era principalmente de subsistencia, el bosque constituía un recurso prácticamente sin límites. Actualmente, los bosques tropicales son a escala planetaria un recurso limitado y cada vez más escaso. Su valor económico y ecológico para la comunidad internacional

aumenta con la deforestación y con eso aumenta la necesidad de planificar su uso sostenible (*Pedroni, 1991*).

Ya se trate de bosques o de cualquier otro recurso natural, la historia demuestra que el ser humano no racionaliza ni modera su utilización más que a partir del momento en que no puede ya satisfacer sus necesidades. Mientras los recursos son abundantes, o se supone que lo son, los hombres no están dispuestos a promover una ordenación sostenible de los bosques y sería poco razonable ignorar ésta constante histórica (*Lanly, 1995*).

Si la escasez parece ser, en la mayoría de los casos, una condición necesaria para adoptar medidas eficaces en lo que respecta a la ordenación sostenible de los recursos naturales, no es sin embargo una condición suficiente.

Aunque casi todos los investigadores forestales están de acuerdo con que la sostenibilidad de los bosques tropicales es un objetivo necesario, existe mucha confusión respecto del significado preciso de sostenibilidad. La Comisión Brundtland (*WCED, 1987*), define el término como **"la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"**.

El concepto de **manejo forestal sostenible**, resulta poco claro, tanto en su definición como en sus principios y técnicas de aplicación. No existe un consenso sobre lo que significa y cada profesional tiene un entendimiento de éstos términos que no comparte necesariamente con los demás (*Pedroni, 1991*).

Si se han de ordenar los bosques de forma sostenible, hay que imponer dos condiciones a las actividades relacionadas con la utilización de los productos procedentes de ellos (*Dykstra, 1994*).

Estas dos condiciones pueden resumirse así:

- ◆ Las actividades deben realizarse de tal modo que se reduzcan al mínimo los impactos ambientales y se adapten al principio de que todos los recursos deben mantenerse como parte de un ecosistema sano y dinámico.
- ◆ Las actividades deben dejar el bosque en tal situación que favorezca su recuperación rápida a la situación previa del aprovechamiento o a algún otro estado que resulte conveniente desde el punto de vista silvícola, ecológico y social.

4.3.1. Pero ¿qué significa el manejo sostenible de los bosques naturales?

Muchos empresarios y algunos profesionales forestales, creen que no es nada más que la simple explotación del bosque, lo cual no es cierto. Pero a pesar de que nos oponemos a que el empresario se siga preocupando principalmente por sus ganancias, habría que cambiar "**explotación**" por "**aprovechamiento**" y plantear la idea fundamental que los bosques pueden ser aprovechados repetidas veces sin desmejorarlos (*Finegan et al, 1993*).

Dentro de éste contexto, el manejo de bosques naturales consiste en definir y proteger una área permanente de bosque, hacer alguna planificación de objetivos y de producción, ordenar la cosecha de madera e iniciar medidas silviculturales, cuando sea necesario, para sostener la producción, manteniendo o incrementando el valor de las futuras cosechas (*Schmidt, 1987 citado por Finegan et al, 1993*).

4.4. ¿Porqué no se manejan los bosques naturales?

Se ha dicho que los bosques naturales del trópico americano no se manejan porque se desconoce como hacerlo. Por ello se ha venido sosteniendo que antes de manejar los bosques se debe profundizar el conocimiento desarrollando investigaciones; así en todos los intentos importantes de manejo forestal en América Tropical, se ha incluido un costoso componente de investigación aplicada y se han reducido los proyectos de inversión a escala de "**proyectos pilotos**" o de "**proyectos demostrativos**", lo cual a la vez los ha hecho poco atractivos en términos de rentabilidad económica (*Dourojeanni, 1987*).

Sin embargo, es un error afirmar que la falta de información es la principal causa de que los bosques no sean manejados, ya que se sabe que desde hace mucho tiempo; por lo menos desde la década de los 40, ya era posible aplicar pautas de manejo sencillas y seguras (*Pedroni, 1991*).

Dourojeanni, (1987), indica que las verdaderas causas de la falta de aplicación de pautas de manejo de los bosques tropicales son de carácter eminentemente económico y político y dentro de éstas se pueden citar:

- ♦ Bajo valor de los bosques: a pesar de que se tiene una gran diversidad de especies, el volumen por hectárea es bajo y también el uso de ellas es en muchos casos incierto lo cual se muestra en los estudios de factibilidad económica.

- ◆ Malas políticas agrarias y sus repercusiones sobre los bosques tropicales: debido principalmente a las migraciones de población, lo cual causa una devastación directa de los bosques y también interfiere en los intentos de hacer manejo de algunas áreas.
- ◆ Criterios geopolíticos: Se nota por el interés de los países por poblar las zonas fronterizas o terrenos vírgenes antes que sea ocupado por los vecinos países.
- ◆ Incapacidad estatal para aplicar la legislación: los gobiernos a pesar que tienen una voluminosa, perfeccionista y bien intencionada legislación, no poseen la voluntad ni tampoco la capacidad para hacerla cumplir.
- ◆ Planificación a corto plazo: los programas gubernamentales generalmente son cortoplacistas, en contraposición con el manejo forestal que es un ejercicio de planificación a largo plazo, generalmente 40 a 50 años.
- ◆ Indiferencia de la población sobre la problemática de los recursos naturales: se piensa que la destrucción de los bosques se debe única y exclusivamente a la industria forestal, lo cuál no es una realidad, ya que hay en juego otros factores que influyen en la deforestación.

4.5. Aprovechamiento como base del manejo

Tradicionalmente y con un concepto de generalidad, las administraciones forestales no han mostrado la preocupación debida al tema del aprovechamiento, el cual se realiza así en gran medida por empresas ajenas a la propiedad y también en gran medida por obreros ajenos a las comunidades vecinas. Se acusa entonces de una importante carencia de tecnología, de criterios de trabajo y de personal formado. Los aprovechamientos no se realizan con los criterios de plurianualidad y renovación, que pudieran defender la masa remanente de bosque y realizar obras de infraestructura para facilitar posteriores aprovechamientos. (FAO, 1988).

La calidad de las operaciones de aprovechamiento y de corta tiene su influencia sobre el éxito de las actividades posteriores de manejo y en general sobre la sostenibilidad de la operación forestal (Haselgruber, 1990). Es claro que el entrenamiento en técnicas de aprovechamiento y otras operaciones forestales es esencial para el objetivo de la sostenibilidad del recurso.

La planificación o ejecución deficiente de las actividades de extracción o el reingreso al bosque antes de su recuperación, pueden dañar los suelos, los procesos hidrológicos, las masas más maduras y los hábitat, llevando a la pérdida de la diversidad genética y

estructural del bosque, lo cuál puede llegar a reducir la capacidad del bosque para recuperar su productividad.

Dos formas de detener el problema estriban en realizar un aprovechamiento racional y preparar a las comunidades rurales para su participación en la riqueza forestal. En la base de las dos actuaciones se encuentra la capacitación en materia de aprovechamiento forestal.

4.6. Prácticas actuales de aprovechamiento

Es indudable que los madereros de las distintas épocas han tenido que ir superando sus propios problemas para el aprovechamiento de la madera y eso ha originado un largo y constante avance tecnológico que no se sabe cuando empezó, pero que ha pasado por implementos de trabajo como son: el hacha, trineos y ganchos troceros. Posteriormente, aparecieron las sierras manuales y de motor que aumentaron rápidamente la productividad.

A pesar del gran avance en lo que se refiere a la tecnología, actualmente se practica en nuestros países un tipo de corta selectiva, que consiste en extraer del bosque los árboles comerciales de más de 50 o 60 cm DAP (diámetro mínimo de corta), dejando en algunos casos sólo algunos árboles de esas clases en pie para la producción de semillas, además de los más pequeños con el fin de que continúen creciendo hasta formar la nueva cosecha (*Vigus, 1995*).

4.7. Aprovechamiento tradicional vs aprovechamiento mejorado

El aprovechamiento forestal tradicional, se caracteriza principalmente por la destrucción que causa al bosque. A pesar que es selectivo y se aprovecha sólo una parte de los árboles comerciales, generalmente el bosque residual queda en extremo degradado (*Cordero, 1993*).

En términos generales, no hay una planificación previa de las operaciones de aprovechamiento, ni éstas se ejecutan organizadamente, teniéndose altos costos de producción, baja utilidad del bosque y gran cantidad de desperdicios o residuos. La condición de daños en que queda el bosque limita considerablemente las posibilidades de manejo del mismo.

Es por ello que surge la opción de realizar un aprovechamiento mejorado o de bajo impacto, que consiste en implementar prácticas de aprovechamiento que sean ambientalmente amigables y produzcan un bosque con mejores condiciones para ser manejado de manera sostenible; esto significa que el objetivo de maximizar las utilidades a corto plazo debe cambiarse por el de la producción sostenida y por lo tanto las políticas de manejo y los métodos de aprovechamiento también deben sufrir algunas modificaciones.

Leslie (1995), indica que para cumplir con las condiciones de un manejo de bajo impacto o mejorado, se hace necesario cumplir con algunas condiciones, como:

1. Tala de pocos árboles por hectárea.
2. Daños insignificantes a la masa residual, al crecimiento avanzado y a la regeneración arraigada.
3. Retención y/o protección de los árboles, palmas o flora terrestre de alto valor comercial o de significado ecológico y/o cultural, como alimento de la vida silvestre, o que sirven de protección ambiental de riberas de ríos, al suelo, biodiversidad o que sirvan como vínculo en las cadenas de alimentación, polinización o dispersión de semillas.

Por ello es indispensable:

- Emplear maquinaria adecuada para el arrastre.
- Emplear una tala dirigida.
- Proyectar y diseñar caminos y pistas de arrastre que se ajusten a las normas de protección ambiental, en lugar de tratar de reducir al mínimo los costos de transporte de trozas; por ello se deben evitar las pendientes vulnerables, aclarar las rondas de caminos y darle un buen mantenimiento a éstos.
- Suspensión de las operaciones en tiempos de lluvia.

Carrera (1993), menciona que, si se desea manejar el bosque sosteniblemente las operaciones de aprovechamiento deben cumplir dos requisitos:

- ➡ el impacto de las operaciones sobre el bosque remanente no debe comprometer su capacidad productiva, procurando la existencia de una regeneración natural suficiente en calidad y cantidad para permitir la reposición de la masa extraída.
- ➡ los costos de las operaciones deben ser lo suficientemente bajos para permitir que el manejo sea una actividad económicamente competitiva y atractiva.

Aunque muchos operarios de la explotación maderera creen que la protección ambiental sólo se puede lograr con costosas medidas que reducen la rentabilidad; la experiencia indica que, cuando se programan cuidadosamente las operaciones, no sólo se mejoran, sino que reducen al mínimo los impactos ambientales, los costos y por ende aumentan substancialmente los beneficios (Dystra, 1994).

Entonces, la pregunta es, **¿porqué si son ambientalmente aceptables y al mismo tiempo menos costosos, no se utilizan tales métodos de explotación maderera?**

Dykstra (1994), indica que esto se debe a dos razones; en primer lugar los forestales están dispuestos a aceptar unos malos sistemas de explotación porque no creen realmente en la viabilidad económica de los sistemas ambientalmente aceptables, además que rara vez han presenciado operaciones de aprovechamiento que pueden describirse en realidad como **ambientalmente aceptables**.

La segunda respuesta se refiere a que aunque las operaciones ambientalmente aceptables pueden ser menos costosas que las tradicionales, el ahorro se debe a una mejor planificación, supervisión y ejecución de las labores, y para obtener estos ahorros es necesario contar con planificadores, supervisores y operarios técnicamente competentes; y aquí es donde la capacitación juega un rol muy importante.

Se considera que no se aplican sistemas de aprovechamiento de bajo impacto, debido a que el manejo de los bosques no es factible técnicamente ni económicamente rentable. Sin embargo, autores como *Poore, et al (1989)*, indican que las causas de no adopción del manejo de los bosques tropicales son, más bien, de índole político, legal y socioeconómico.

Otra opción o variación que surge para el manejo de los bosques, es la de intervención silvicultural, la cual se podría definir como aquel proceso que implica la tala y en la mayoría de los casos la extracción de árboles para producir madera modificar o mejorar la estructura o composición, o favorecer individuos de potencial productivo dentro de un manejo forestal que aspira a la sostenibilidad (*Stadmuller, 1994*).

4.8. Actividades fundamentales del aprovechamiento forestal

La clave para un aprovechamiento ambientalmente aceptable, es utilizar los mejores conocimientos actuales en lo referente a cinco actividades fundamentales (*Dysktra, 1993*).

4.8.1. Diseño, construcción y mantenimiento de caminos forestales

La mayor parte de la erosión que se produce en las operaciones de aprovechamiento (90%), está relacionada con los caminos. Sin embargo, los caminos son esenciales no sólo para la extracción de madera industrial, sino también para dar acceso para fines de gestión y control.

4.8.2. Operaciones de corta

La corta en sí misma imita aproximadamente la caída natural de los árboles, pero los daños de las cortas en bosques tropicales pueden ser tan extremos que impidan el logro de los objetivos silvícolas. La mayoría de las operaciones de corta en las zonas tropicales las realizan obreros no especializados que no están atentamente supervisados y que reciben pocos incentivos o ninguno para reducir al mínimo los daños mediante la corta direccional cuidadosamente controlada.

La corta sin control puede ocasionar daños considerables a la regeneración existente y a los árboles remanentes y puede reducir también la eficacia en la operación subsiguiente de arrastre. Por ello cuando es factible, la corta direccional es una medida importante para salvaguardar los recursos madereros y no madereros; además, si se desea obtener el máximo volumen de cada árbol, hay que capacitar también a los cortadores para que apliquen procedimientos apropiados de tronzado. Esta es aplicada para mejorar la eficiencia de las operaciones de aprovechamiento y para restringir el daño a los árboles remanentes. Infortunadamente, la aplicación de la corta dirigida es dificultosa en los bosques tropicales, debido a las características de éstos, como árboles grandes, copas voluminosas y la abundancia de lianas.

Sin embargo, ésta técnica puede indirectamente restringir los daños del arrastre debido a que se puede obtener un patrón de transporte más eficiente (*Henderson, 1987*)

4.8.3. Operaciones de extracción

Debido a que en la mayoría de las explotaciones madereras del bosque tropical se utilizan sistemas de arrastre sobre el terreno, esto ocasiona daños de dos tipos:

- ➊ Proliferación de pistas de arrastre por la búsqueda de los árboles cortados.
- ➋ Perturbación y compactación del suelo por el desplazamiento excesivo de los tractores dentro del bosque.

Ambos problemas pueden reducirse mucho mediante una planificación integral previa al aprovechamiento y con un sistema de control de las operaciones.

4.8.4. Transporte de productos

La mayor parte del transporte de larga distancia de las trozas de los bosques tropicales a las industrias, se realiza mediante camión o por agua. En su mayor parte son operaciones de bajo impacto. Sin embargo, el mantenimiento inadecuado de caminos puede motivar una erosión excesiva y también problemas de seguridad.

4.8.5. Evaluación posterior a la explotación

Las evaluaciones posteriores a la corta pueden proporcionar información referente a los costos e ingresos generados de la explotación, logro de objetivos silvícolas, el alcance de daños a los demás árboles remanentes, la superficie alterada por caminos y pistas de arrastre; o sea, nos va a dar una idea sobre la efectividad de la planificación de las labores de aprovechamiento y de la capacitación de los operarios involucrados en el proceso (Dykstra y Heinrich, 1992).

4.9. El aprovechamiento forestal de bajo impacto en Centro América

Las investigaciones realizadas en Centro América se han desarrollado con el fin de contribuir al desarrollo y a la adopción de sistemas de manejo forestal que sean ecológicamente sostenibles, técnicamente factibles, económicamente atractivos y además que sean socialmente aceptables.

Para lograr el éxito en ésta actividad, el CATIE ha implementado planes especiales que abarcan concreta y específicamente cada actividad del aprovechamiento a realizar, buscando reducir el impacto y los costos de operación.

Las practicas de aprovechamiento implementadas, típicamente se dividen en tres fases: pre-aprovechamiento, aprovechamiento y post-aprovechamiento.

4.10. Fases del Aprovechamiento Forestal

4.10.1 Actividades pre-aprovechamiento

4.10.1.1. Inventario forestal preliminar

Este proporciona conocimiento de la potencialidad del recurso, además de que brinda información general para establecer las pautas de ordenación a que debe ser sometido. En él se evalúa cualitativa y cuantitativamente la vegetación mayor o igual a 10 cm dap, con el fin de conocer la composición de especies y sus distribuciones diamétricas del número de árboles, volumen y área basal en unidades por hectárea (*Quirós et al, 1994*).

4.10.1.2. Elaboración del plan de manejo

Se siguen los lineamientos técnico-administrativos que brinda el organismo forestal rector, y la base para su elaboración es dado por la información recopilada en el inventario preliminar (*Finegan et al, 1993*).

4.10.1.3. Inventario de planificación

Se le conoce también como inventario total, inventario pie a pie o censo comercial. Es un inventario del 100% de los árboles comerciables. Con éste, se logran aprovechamientos planificados menos dañinos y más productivos en términos de volumen extraído por unidad de tiempo que las explotaciones tradicionales.

4.10.1.4. Plan de aprovechamiento

El plan de aprovechamiento se plasma en un apartado que considera básicamente los siguientes aspectos: área efectiva a intervenir, determinación y marcación de masa a extraer y a conservar, dirección de caída de árboles a aprovechar, vías a construir, sistema de corta, arrastre, carga y transporte y equipo a utilizar (*Quirós et al, 1994*).

4.10.1.5. Capacitación

Previo a las labores se debe poner en marcha un programa de capacitación para el personal involucrado; de manera que dominen ampliamente los criterios de manejo sostenido y el dominio técnico-operacional de las actividades.

4.10.2. Actividades del aprovechamiento

4.10.2.1. Construcción de caminos

Uno de los aspectos más problemáticos del aprovechamiento lo constituye el trazo y construcción de la red vial, los cuales son esenciales, no sólo para la extracción de madera sino para efectos de manejo y control (*Carrera, 1993*).

Se recomienda iniciar con la reapertura o rectificación de los caminos existentes y luego determinar la necesidad de nuevas rutas. Se debe considerar si éstos son de carácter temporal o permanente (*Cordero, 1993*).

El mapa base con la ubicación de los árboles y las características del terreno constituye un excelente elemento de planificación para el trazo de la red vial. Para esto se debe tener como premisa que el recorrido debe ser el mínimo posible, para evitar pasar por áreas susceptibles a la erosión.

La distancia óptima entre caminos es aquella a la cual la suma de los costos de arrastre de madera a los caminos y construcción de caminos sea mínimo (*Weik y Alemán, 1982*).

4.10.2.2 Corta

Debe tener como objetivo producir árboles o fustes de buena calidad, en una posición que facilite la extracción y habiendo causado el mínimo daño a la regeneración establecida (*Cordero, 1993*).

Es recomendable que la corta sea realizada por un operador de la motosierra y un ayudante, quienes previamente seleccionan el equipo a utilizar. Además se recomienda realizar un corte de lianas unos 6 meses antes para evitar daños a otros árboles que estén unidos y causen situaciones imprevistas a la hora de la corta (*Quirós et al, 1994*).

4.10.2.3. Arrastre

Se realiza generalmente en forma mecanizada, considerando dos fases:

- ⇒ Desde el tocón hasta la pista de arrastre.
- ⇒ Desde la pista de arrastre hasta el patio de acopio.

La primera fase es realizada con un tractor de oruga equipado con un "winch" y cable de 30 a 50 m y lo más importante es que se debe tratar de que las máquinas no se salgan de las pistas de arrastre. La segunda fase es realizada por un tractor forestal o Skidder o bien uno agrícola. No se recomienda el tractor de oruga, ya que es pesado y lento lo cual implica mayores costos de operación.

Esta operación se puede realizar en forma no mecanizada y mecanizada. En el primer sistema se pueden distinguir los siguientes métodos (*Anaya y Christiansen, 1987*):

-Manual: limitado por la distancia de transporte, condiciones topográficas y tamaño del producto. Se recomienda para distancias no mayores a 50 metros, por razones tanto ergonómicas y de fisiología del trabajo, como económicas.

- Fuerza de gravedad**
- Uso de animales**
- Transporte por agua**

El transporte menor mecanizado incluye el uso de tractores forestales articulados, tractores de oruga, cables, globos y helicópteros.

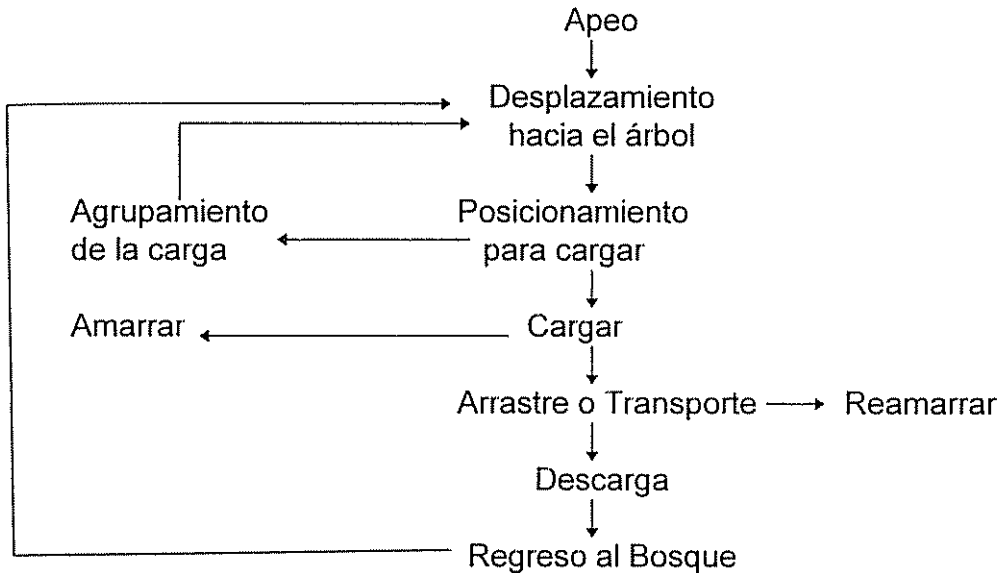
La orientación apropiada del apeo facilita la operación de transporte; ya que con una dirección de caída bien planificada y con pilas de trozas organizadas, se facilita el enganche y arrastre de ellas.

4.10.2.4. Troceo, carga y transporte

Una vez que los árboles están en el patio se procede a cortarlos de acuerdo con las dimensiones de aceptación en el mercado y la capacidad del transporte.

Posteriormente la madera se carga mediante la construcción de un cargadero o bien con el uso de cargador frontal para ser transportada hacia el aserradero en camiones de capacidad adaptada al tipo de camino a transitar.

Flujo General del Transporte Menor



Tomado de Anaya y Christiansen (1987)

4.10.3. Actividades post-aprovechamiento

4.10.3.1. Aprovechamiento de residuos

Después de la extracción es frecuente encontrar madera talada que no se comercializó debido a características propias del árbol (rajaduras, torceduras, etc) o bien por el difícil acceso.

Estos residuos presentan rendimientos que rondan hasta un 25% (p.ej. en la Tirimbina Costa Rica, se aserraron 2.6 m³/ha de residuos (Quirós y Finegan, 1994) y se pueden comercializar a través de un aserrío menor, por lo tanto se procede a aserrar con motosierra o aserradero portátil para obtener productos en distintas dimensiones que se dedican a la venta o autoconsumo (Quirós et. al, 1994).

4.10.3.2. Labores de mantenimiento

Las labores que comprende el mantenimiento incluyen el arreglo de cercas, caminos; clausurando aquellos que no se utilizarán dentro de un corto tiempo y dándole el cuidado necesario a aquellos que si se usaran a corto plazo.

Otras labores incluye liberar los pasos de agua, quitar puentes, recolectar desechos orgánicos (*Finegan et. al, 1993*).

4.10.3.3. Inventario diagnóstico silvicultural

Este nos va a permitir determinar el logro de los objetivos propuestos así como también, nos brindará el estado en que quedó el bosque después del aprovechamiento, lo cual será la base para futuros tratamientos o actividades de manejo.

4.11. Factores que influyen en las operaciones de aprovechamiento

Existen algunos factores que inciden en el aprovechamiento de los bosques latifoliados centroamericanos, entre éstos se puede mencionar:

4.11.1. Masa forestal

Se caracteriza por poseer una distribución exponencial negativa (**j invertida**), con respecto a la distribución del número de árboles por clase diamétrica, con la característica especial de que existen apenas unos 10 árboles por encima del diámetro mínimo de corta (60 cm). Además, para los bosques de bajura, se pueden encontrar hasta 150 especies por hectáreas; sin embargo, apenas se comercializan unas pocas (quizás 20).

Por ello es importante antes de ejecutar un aprovechamiento forestal, realizar el inventario forestal que nos dé información sobre la **abundancia** (número total de árboles de una especie presente en el área de estudio), **dominancia** (cobertura de cada especie con respecto a la cobertura total; en éste caso y por facilidad de medición se considera el valor de área basal de la especie), **frecuencia** (porcentaje de las subparcelas en que ocurre una especie dada, con relación al número total de subparcelas de la muestra). Con lo anterior, se podría determinar el **Índice de Valor de Importancia (I.V.I)**, que es

un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad. Este se puede expresar de la siguiente forma:

I.V.I.= Abundancia relativa (%) + Dominancia relativa (%) + Frecuencia relativa (%).

El valor del I.V.I. varía hasta un máximo de 300, y cuanto más se acerque una especie determinada a éste valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes (*Sabogal, 1980; Finol, 1981*).

Este valor es importante considerarlo a la hora del aprovechamiento, debido a que nos puede ayudar a decidir cuales especies se pueden cortar sin causar una gran disminución en el número de árboles por hectárea, además que nos determinará cuales deberían de aprovecharse en menor cantidad.

4.11.2. Sitio

Las precipitaciones son altas, los suelos donde se ubican los árboles son en su gran mayoría pobres, arcillosos y altamente compactables y los bosques están ubicados en sitios de difícil acceso y muchas veces desprovistos de infraestructura vial.

4.11.3. Socioeconómicos

Un gran sector de la población tiene una cultura agrícola y ganadera, con muy poca tradición forestal, por lo que se considera al bosque como un estorbo.

La disponibilidad de mano de obra calificada es escasa. Los motosierristas y operadores de maquinaria han adquirido sus conocimientos a través de la práctica.

4.11.4. Legales e institucionales

La mayoría de las tierras en que se hacen explotaciones, no son propias del maderero y por consecuencia, le interesa poco el estado del bosque después de su explotación.

Además, un gran porcentaje de los propietarios de bosque no poseen títulos de propiedad con lo cual no pueden manejar sus bosques, lo que provoca la ilegalidad de las operaciones con el fin de aprovechar la madera.

Aunque se está promoviendo el incentivo para manejar los bosques, por otro lado los trámites engorrosos y el costo económico de los trámites son algunos de los mayores desincentivos para el manejo de los bosques.

4.12. Nivel de daño en las actividades de aprovechamiento

Toda actividad de explotación maderera, causará daños al bosque, pero el grado de los mismos estará determinado por la intensidad de la extracción, el grado de planificación previo a las operaciones de corta, la calidad de los métodos empleados y el tiempo transcurrido desde la corta anterior (*Sarre, 1995*).

En los sistemas de manejo basados en la corta selectiva, hay ciertos límites de intensidad de extracción por sobre los cuales los daños causados por las actividades de corta y arrastre son tan grandes que se pone en peligro la capacidad regeneradora del bosque, aún cuando la operación esté perfectamente planeada y ejecutada (*Rietbergen y Poore, 1995*).

Sin embargo es imposible establecer un límite universal para la intensidad de la explotación forestal, por dos razones:

- ⊖ El daño causado a la masa remanente depende mucho más de las variables del manejo como la planificación de los caminos de arrastre y la destreza de los operadores de la maquinaria que del número de árboles extraídos.
- ⊖ Los límites aceptables de daño varían de acuerdo con las características físicas y biológicas del bosque en cuestión y los objetivos del manejo fijados para el mismo. En muchos bosques de Sudamérica, por ejemplo, la cantidad de especies maderables valiosas capaces de responde a una apertura considerable de la cubierta superior parece limitada, mientras que en el Sudeste Asiático y en Africa casi siempre es preferible una mayor apertura de la cubierta del vuelo.

Resulta evidente que el nivel de daños producidos durante la explotación maderera es bastante más grave de lo que se podría esperar, por ejemplo, en los bosques templados mixtos, los daños son tan extensos que el período de barbecho necesario para la recuperación del bosque puede tener el doble o el triple de duración que el previsto en los planes de ordenación (*Poore, 1989*).

Hay un gran número de factores que inciden en la frecuencia, tamaño y forma de los claros de corta y por ende en el nivel de daños, entre los que se puede mencionar la composición del bosque, la distribución espacial de los árboles cortados y presencia de lianas (*Fox, 1968*).

El daño a los árboles durante la corta es confinado principalmente a los troncos bajos, menores a 2 metros, los cuales son más susceptibles al daño causado por los árboles

caídos y al movimiento de las máquinas. *Knuttel (1983)*, encontró que entre el 75-90% de los árboles dañados tenían menos de 2 metros de altura en bosques de *Picea* spp.

Jonkers (1987), realizó un experimento relacionando la intensidad de corta y el grado de daño al bosque. Llegó a la conclusión que el daño al bosque remanente aumenta conforme aumenta el área basal o volumen extraído.

Trabajando en la misma región, *Hendrison (1987)*, también concluyó, que la corta por sistemas tradicionales es más dañina que cuando se utilizan técnicas mejoradas, como puede ser corta dirigida; sin embargo el nivel de daño está también relacionado con el tamaño de los árboles a cortar, método de corta e intensidad de corta.

Abdulhadi, R et al, (1981), encontraron en una investigación llevada a cabo en la Provincia del Este de Kalimantan, Indonesia, en bosques de dipterocarpaceas; que con la extracción de 11 árboles grandes por hectárea, cerca del 40% de los árboles residuales sufrieron algún tipo de daño (de copa o en ramas), Los daños más fuertes se produjeron en las clases diamétricas pequeñas (de 10-20 cm dap). En éste estudio se observó que por cada árbol extraído, resultaba en la desaparición de otros 17 otros árboles.

El Proyecto STREK que se desarrolla también en la zona de Surinam, cuyo objetivo es obtener valores de daño para el bosque residual bajo varias prácticas e intensidades de aprovechamiento, (*Bertault y Sist, 1995*), obtuvo en sus resultados la información que se muestra en el Cuadro 1

En éste estudio se observó que el daño del aprovechamiento en términos de árboles dañados fue reducido desde 48.5% en un aprovechamiento tradicional hasta un 30.5% usando un aprovechamiento mejorado o controlado, lo cuál viene a representar aproximadamente unos 95 árboles/ha mayores a 10 cm dap que tendrán el potencial para crecer y ser cosechados en el futuro.

Nicholson (1958), encontró valores similares en North Borneo, reportando valores de daños del 45%. En éste mismo estudio, se encontró que había una pobre correlación entre el área basal extraída y el daño producido, por lo que debían de conocerse otras variables que tuvieran relación al daño que se produce al aprovechar un bosque.

Cuadro 1. Proporción de árboles dañados y muerto por el aprovechamiento en tres tratamientos en Surinam.

	Dap>50 cm ^A	Dap>60 cm ^A	CNV Dap>60 cm ^B
Arboles/ha ¹	537.5 ± 97.6	568 ± 101.1	494.4 ± 27.6
Arboles cortados/ha	10.3 ± 3.8	6.5 ± 2.1	10.3 ± 1.1
% árboles dañados	19.2 ± 0.5	16.9 ± 0.6	25.2 ± 0.6
% árboles muertos	17.6 ± 0.5	13.6 ± 0.5	23.2 ± 0.5
% daño de corta	16.4 ± 0.5	11.8 ± 0.5	17.3 ± 0.5
% daño arrastre	19.0 ± 0.5	16.9 ± 0.6	29.9 ± 0.6
% arb/daño corta y arrastre	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.2	1.2 ± 0.1

Tomado de Bertault y Sist (1995)

^A Aprovechamiento con daño controlado

^B Aprovechamiento convencional

Pérez (1995), encontró para bosques húmedos de bajura, que cerca del 45% del total de daños producidos en el bosque en la etapa de aprovechamiento, son debidas a la tala de los árboles. En cambio *Gómez (1995)*, encontró que el porcentaje de daños debida a la tala es de un 62% del total de daño del aprovechamiento (30%), y *Castillo y Rodríguez (1995)* observaron que éste valor es de un 30%.

Trabajando en La Tirimbina, Heredia Costa Rica, Koppelman (1990) encontró valores de daño de área basal de alrededor de 4.9 m²/ha cuando se aprovechan en promedio 8.3 árboles/ha, lo cuál vendría dar valores aproximados de 0.5 m² de área basal dañada por árbol cortado.

Cordero y Meza (1992), indican que el nivel de daño producido por la corta, se relaciona directamente con la abertura de los árboles al caer. El área afectada se puede medir a través de levantamientos topográficos o más fácilmente si se mapea el área afectada ubicando a cada 2 metros de la longitud del fuste líneas perpendiculares que cubran el área afectada a las cuales se le agrega unos 5 metros de más. Luego se calcula las áreas afectadas a través de la sumatoria de las áreas levantadas.

Es importante resaltar, que el daño de la corta se puede orientar hacia:

- Daños a árboles de futura cosecha.
- Daños a regeneración.
- Daños al suelo.

¹ Antes del aprovechamiento

Para efectos de ésta investigación, como una primera etapa, solo se calculará el daño provocado a los árboles de futura cosecha y la regeneración. Datos de daños al suelo pueden encontrarse en *Koppelman (1990)*, *Spitler (1995)*.

4.13. Estudios de tiempos y rendimientos

La planificación de las operaciones de aprovechamiento conlleva a un esfuerzo que se justifica por el hecho de poder disminuir los costos de operación y facilitar el control de la producción y el costo de la misma durante la ejecución.

El análisis de costos es vital para el éxito de las operaciones de abastecimiento de productos forestales. La elección del método de cálculo es difícil debido al gran número de métodos y a la falta de uniformidad en la definición de los componentes usados en cada uno de ellos (*Miyata y Steinhilb, 1980*).

Conforme aumentan las dificultades del área de explotación, aumentan los costos y más se justifica la planificación previa de las operaciones y el control constante al realizarlas. Con respecto a lo anterior, las dificultades bajo las cuales se realiza el aprovechamiento actualmente, por ejemplo terrenos quebrados, árboles más pequeños, bosques poco densos, inflación y costos (equipo, mano de obra) más altos, son factores que escapan al control del administrador, pero un buen conocimiento de los costos de aprovechamiento y de los métodos para calcularlos, contribuye a mantener la factibilidad económica de las operaciones (*Cordero y Meza, 1992*).

Para realizar la planificación de las labores de aprovechamiento se puede utilizar un estudio de trabajo, el cuál es definido por *Finne (1988)*, como la técnica, especialmente estudios de métodos y medida del trabajo, que son usadas para el examen sistemático del trabajo humano en todos sus contextos, así como todos los factores que afectan su eficiencia y economía.

Cita éste autor, que las razones para realizar un estudio de trabajo se pueden resumir en las siguientes:

- El trabajo en cuestión es nuevo.
- Un cambio en el método de trabajo fue hecho y es necesario un nuevo estudio de los tiempos de la actividad.
- Una actividad tiende a aparecer como desfasada (mucho o poco tiempo) y es necesario revisarla.
- La eficiencia de dos métodos propuestos necesita ser comparada.
- El costo de determinado parece ser alto.

El estudio del trabajo se puede dividir en dos partes principales: **el estudio de métodos**, que consiste en la observación y crítica sistemática de la manera como se realiza o se propone que se realice una determinada actividad, como un medio para desarrollar métodos de trabajo más eficientes, cómodos y de menor costo; y **el estudio de tiempos o medida del trabajo** que consiste en la aplicación de técnicas especiales para determinar el tiempo que un trabajador capacitado necesita para completar un trabajo determinado (*Finne, 1988*).

En el caso de estudios de tiempos, el fin primordial es el de detectar y eliminar o reducir los tiempos no productivos. Además, a través de ellos se puede comparar la eficiencia de métodos alternativos de trabajo y se pueden preparar tablas de producción para diferentes actividades.

La evaluación del tiempo de trabajo efectivo es parte sumamente esencial de los cálculos y estimaciones de los costos de explotación maderera. Es evidente que el número de horas de trabajo efectivo será irregular y difícil de determinar cuando se trate de pequeñas empresas carentes de una dirección adecuada, pero esto no es así cuando se trata de empresas grandes, especialmente aquellas que emplean equipo mecánico.

Es necesario mencionar aquí, que el estudio de trabajo puede estar afectado por una serie de factores que deben de tomarse en cuenta cuando se aplica una evaluación; dentro de éstos se pueden mencionar los siguientes (*Finne, 1988*):

- ⇒ El trabajador (edad, tamaño, condición, experiencia, habilidades, etc).
- ⇒ El método de trabajo.
- ⇒ Las herramientas y máquinas (diseño y peso, condición, etc).
- ⇒ Ropa usada (ropa de protección, botas, guantes, capas).
- ⇒ Condiciones del terreno y suelo.
- ⇒ Condiciones de clima.
- ⇒ Tiempo del día.

Cordero y Montoya (1992), indican que la determinación de tiempos se puede realizar a través de tres métodos:

- Método de muestreo: que se basa en principios estadísticos y en el cual se hacen observaciones instantáneas a intervalos al azar o sistemáticamente y en el cual se anota el tipo de actividad que se está llevando a cabo.
- Método de tiempo total: se basa en cuantificar la producción en un período determinado (mes, día, hora, etc.).
- Método de tiempo continuo: es el método en el cuál una persona, utilizando un cronómetro, observa, toma el tiempo y registra cada fase u operación que se realiza a lo largo del día, semana o mes.

4.13.1. Metodologías para determinar rendimientos y costos

En el manual del *CATIE (1989)*, se indica que para determinar rendimientos y costos por faena de producción en los sistemas de árboles de uso múltiple se pueden seguir tres metodologías:

4.13.1.1. Tiempos y movimientos

Es el método más detallado y confiable para tomar información. Consiste en anotar el rendimiento de cada actividad realizada, así como los tiempos muertos (necesarios y accidentales) bajo un período de tiempo.

4.13.1.2. Rendimiento por faena

Consiste en tomar la información (producción y tiempo necesario), cuando ya se ha concluido la actividad o faena completa.

4.13.1.3. Recuperación de costos

Consiste en la recuperación o búsqueda de información a través de archivos, bitácoras, informes de trabajo, contabilidad y respaldos, además del aporte de personas que participaron en dicha actividad.

4.13.2. Equipo necesario para determinación de tiempos

Para realizar un estudio de tiempos se hace necesario disponer del siguiente equipo y materiales:

1. Cronómetro
2. Tabla de campo para anotaciones.
3. Formularios.
4. Calculadora pequeña.
5. Instrumentos de medición de distancias y alturas.
6. Instrumentos de medición de diámetros.

4.14. Rendimiento por unidad de tiempo en el aprovechamiento forestal

Anaya y Christiansen (1986), indican que es necesario saber la producción por unidad de tiempo (normalmente por hora o turno) para cada fase u operación en el sistema de aprovechamiento forestal. Normalmente se puede influir en la producción hasta cierto punto, ya que existen varios factores o variables que afectan el rendimiento y en consecuencia los costos de operación y producción (FAO 1980).

Dentro de éstos factores se pueden incluir:

4.14.1. Tamaño del árbol (diámetro)

La influencia del tamaño del árbol en los costos y la producción es especialmente considerable cuando el d.a.p. es bajo, lo cual puede verse en la Figura 1.

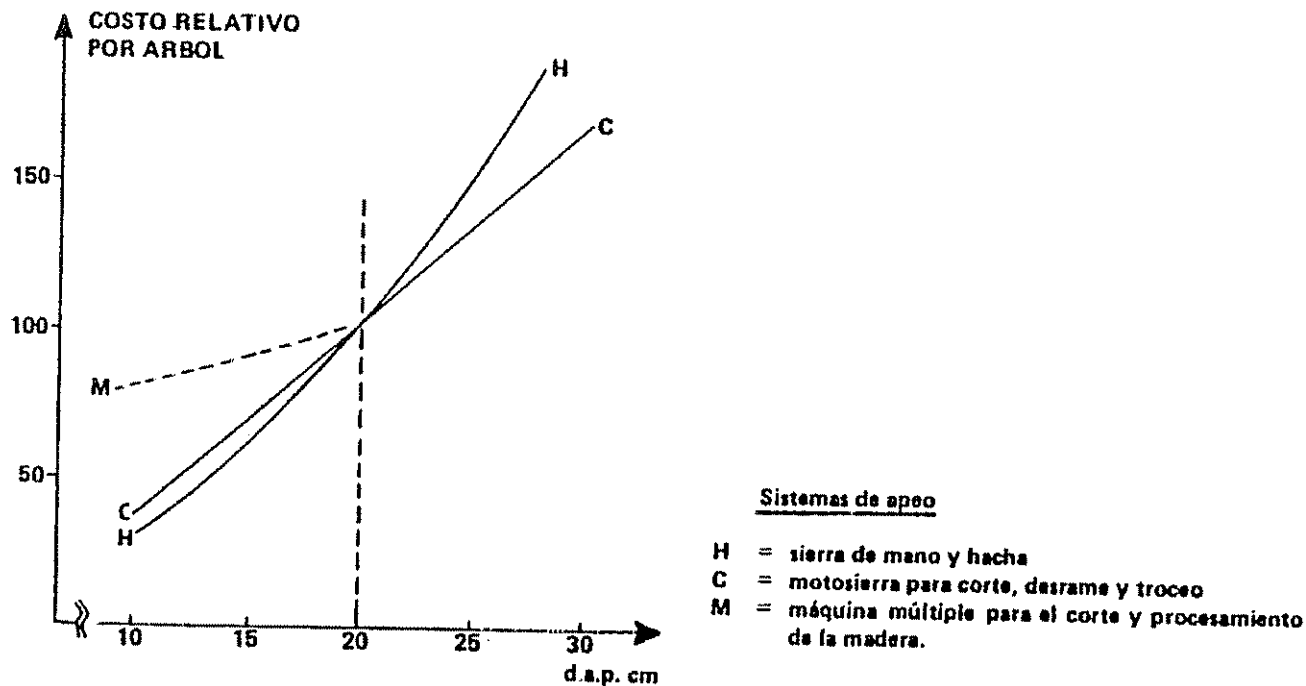


Figura 1. Costo relativo por m^3 (volumen con corteza) cuando varía el dap para el corte, troceo y apilado (en un Bosque de *Pinus silvestris*).

Tomado de Anaya y Christiansen, 1986.

Sin embargo, si se compara los rendimientos de acuerdo al tipo de equipo usado, se nota que para el bosque tropical la introducción de equipo mecanizado ha tenido un gran impacto sobre los rendimientos, además, si se incrementa la eficiencia o habilidad de los operarios, el rendimiento aún es mayor.

En la figura se nota que a menor diámetro de los árboles aprovechados, el costo es mayor, además, se nota que a mayor mecanización de las operaciones y mayor diámetro del producto a aprovechar el costo también aumenta.

4.14.2. Volumen por hectárea a ser aprovechado

La densidad de madera aprovechable por hectárea influye en los costos y rendimientos de las operaciones en el sentido que a mayor volumen por hectárea, los rendimientos obviamente aumentan y la rentabilidad de la operación aumenta.

4.15. Rendimiento en las labores de apeo

La densidad de madera por hectárea baja, el gran tamaño de los árboles y un aprovechamiento del fuste de apenas un 50% son los factores que menciona *Anaya y Christiansen (1986)*, que influyen en el método del apeo y transporte y sobre el rendimiento de esas labores.

En el **Cuadro 2** se brinda información específica sobre métodos y rendimientos en el apeo y troceo bajo condiciones normales en un bosque tropical.

Cuadro 2. Operaciones de apeo alrededor del tocón

<i>Método</i>	<i>Rendimiento (m³/día)</i>	<i>Tamaño de cuadrilla</i>
Hacha	3-7	1 obrero
Motosierra de 2 operadores	11-17	2 operadores
Motosierra	25-60	1 operador + ayudante

Fuente: FAO, 1967.

Comentarios: se debe utilizar los siguientes factores de corrección en cuánto varían las condiciones del rodal y del terreno.

Terreno difícil: 0.9-0.6 dependiendo del tipo y daño a los árboles.

Terreno normal: 1.2-0.8 dependiendo del tipo y daño a los árboles.

Terreno fácil: 1.5-1.0 dependiendo del tipo y daño a los árboles.

En la cuadro anterior se nota como con la motosierra se obtienen rendimientos muy grandes si se comparan con los otros métodos, sin embargo, para que esto sea una realidad, es condición necesaria que el operador esté bien capacitado, ya que si no es así, los tiempos improductivos serán mayores que los productivos y por ende el rendimiento será bajo.

La Figura 2 presenta el rendimiento por hora o día en el corte y troceo con tres métodos de corta diferentes, relacionándolos con la eficiencia de la mano de obra. El factor utilizado para establecer ésta relación fue el dap.

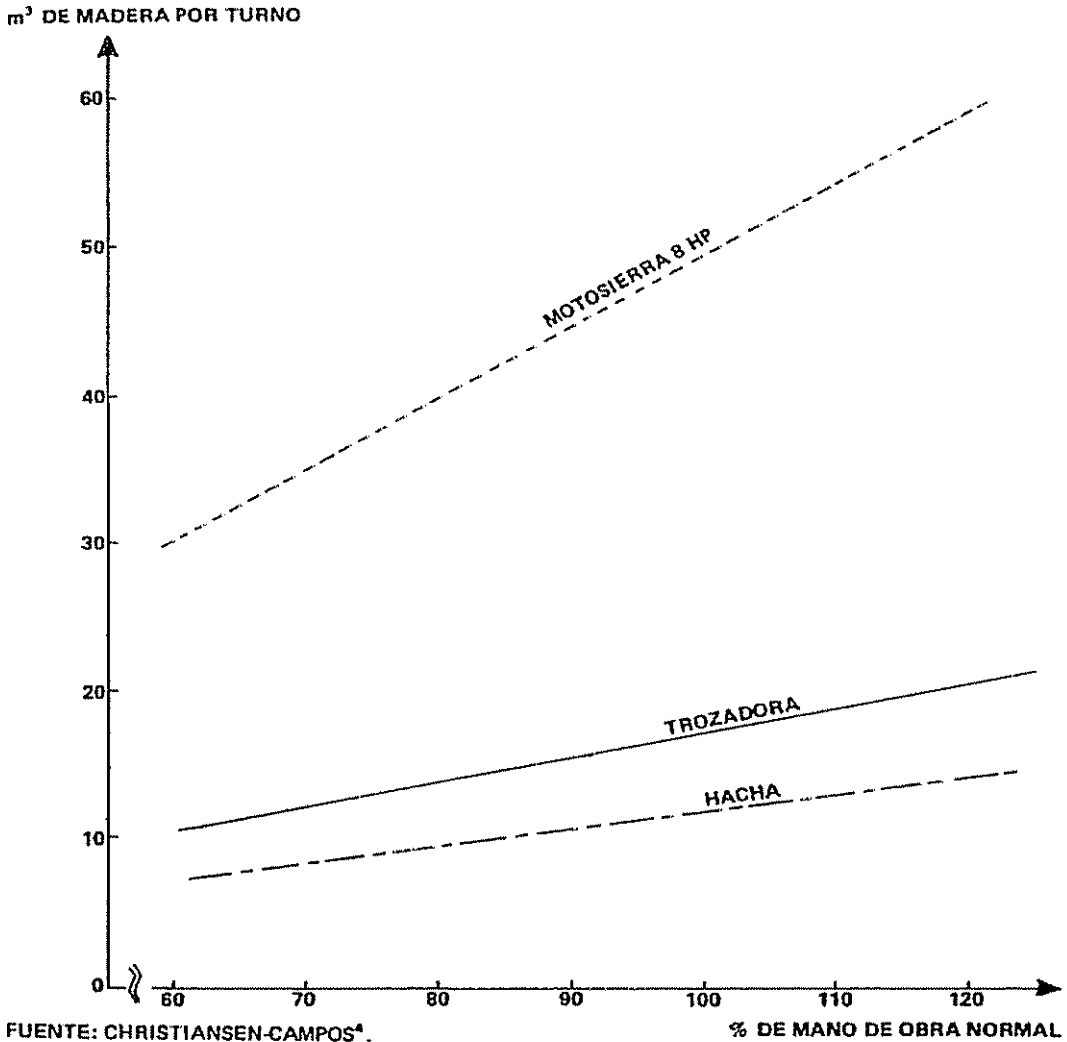


Figura 2. Rendimientos por turno de 8 horas para tres métodos, en las labores de corta y troceo de árboles (bosque tropical, d.a.p. 20-25 pulgadas) y su relación a la eficiencia de la mano de obra.

Como se mencionó anteriormente, el tiempo efectivo y el d.a.p son dos de los factores que mayor influencia tienen en los rendimientos de la corta, esto se puede observar en el nomograma mostrado en la Figura 3, en el que se puede observar como a mayor diámetro y tiempo efectivo la producción diaria es mayor. En éste caso, el tiempo efectivo incluyó actividades como caminar hasta el árbol, manipulación de instrumentos, preparación del lugar de corta y del árbol y otros aspectos secundarios, excluyendo las pausas prolongadas y el tiempo perdido por retrasos.

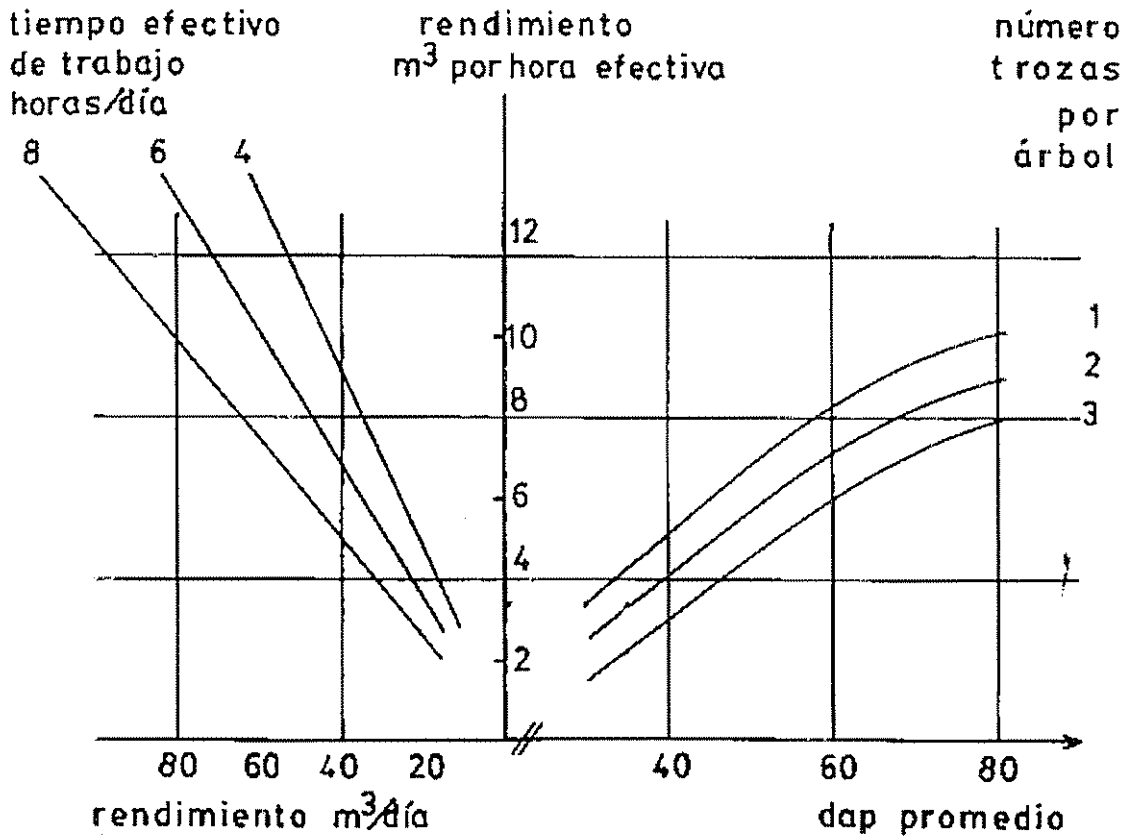


Figura 3. Nomograma sobre rendimiento de corte y troceo con motosierra en los bosques tropicales (1 operador y 1 ayudante). Tomado de FAO, 1974.

4.16. Rendimiento en las labores de arrastre

Para considerar los rendimientos en el arrastre, se debe tomar en cuenta el tipo de máquina que se está utilizando lo cuál lo define en gran medida la distancia de arrastre, el tamaño de la carga a transportar y la topografía del terreno. Así, para distancias cortas se puede utilizar el tractor de oruga (100-500 metros). Si el terreno es poco ondulado y los suelos son firmes, el tractor de ruedas es una alternativa más adecuada, especialmente en distancias superiores a 500 metros. No obstante, una combinación de los dos tipos de tractores es más común todavía en los países tropicales, y en éste caso es muy importante combinar las máquinas de tal manera que se llegue a un rendimiento óptimo (*Anaya y Christiansen, 1986*).

En el caso de tractores de oruga se puede hacer referencia a los rendimientos por turno efectivo de trabajo en la estación favorable (seca) obtenido por *FAO (1974)*, los cuales se muestran en la Figura 4.

En esta figura, las 9 curvas que se muestran en el I Cuadrante corresponden a una caracterización del terreno, según la pendiente y el volumen extraído, por lo cual se hace necesario escoger una de éstas curvas de masa antes de usar el nomograma.

Cuadro 3. Datos para elegir la curva de masa y terreno que ha de emplearse en el Nomograma de arrastre.

Pendiente cuesta abajo con carga (%)	0-15%			15-35%			más de 35%		
	5	25	100	5	25	100	5	25	100
Volumen extraído (m ³ /ha)									
Suelo firme y seco; pocos arboles derribados, rocas o sotobosque	3	2	1	4	3	2	8	6	5
Suelo relativamente húmedo o blando; algunos árboles derribados, rocas o sotobosque	4	3	2	5	4	3	8	7	6
Suelo fangoso o suelto; muchos árboles derribados, rocas o sotobosque	6	4	3	7	6	5	9	8	7

Tomado de *FAO (1974)*

Es necesario mencionar que el nomograma incluye todas las fases de trabajo del ciclo de arrastre (Figura 4): carga, descarga, wincheo, arrastre y viaje de vuelta. Sin embargo los valores de rendimiento variarán al largo plazo, en vista de la interrupción de las operaciones en la época lluviosa, en los cuales la producción descende con frecuencia a un 65-75% de lo normal en época favorable (FAO, 1974).

La experiencia muestra también que en el bosque tropical se pierden muchos días efectivos por estancamientos (reparaciones, mantenimiento, mal tiempo, espera, otros) y por eso el tractor sólo se usa entre un 50-70% de los días disponibles

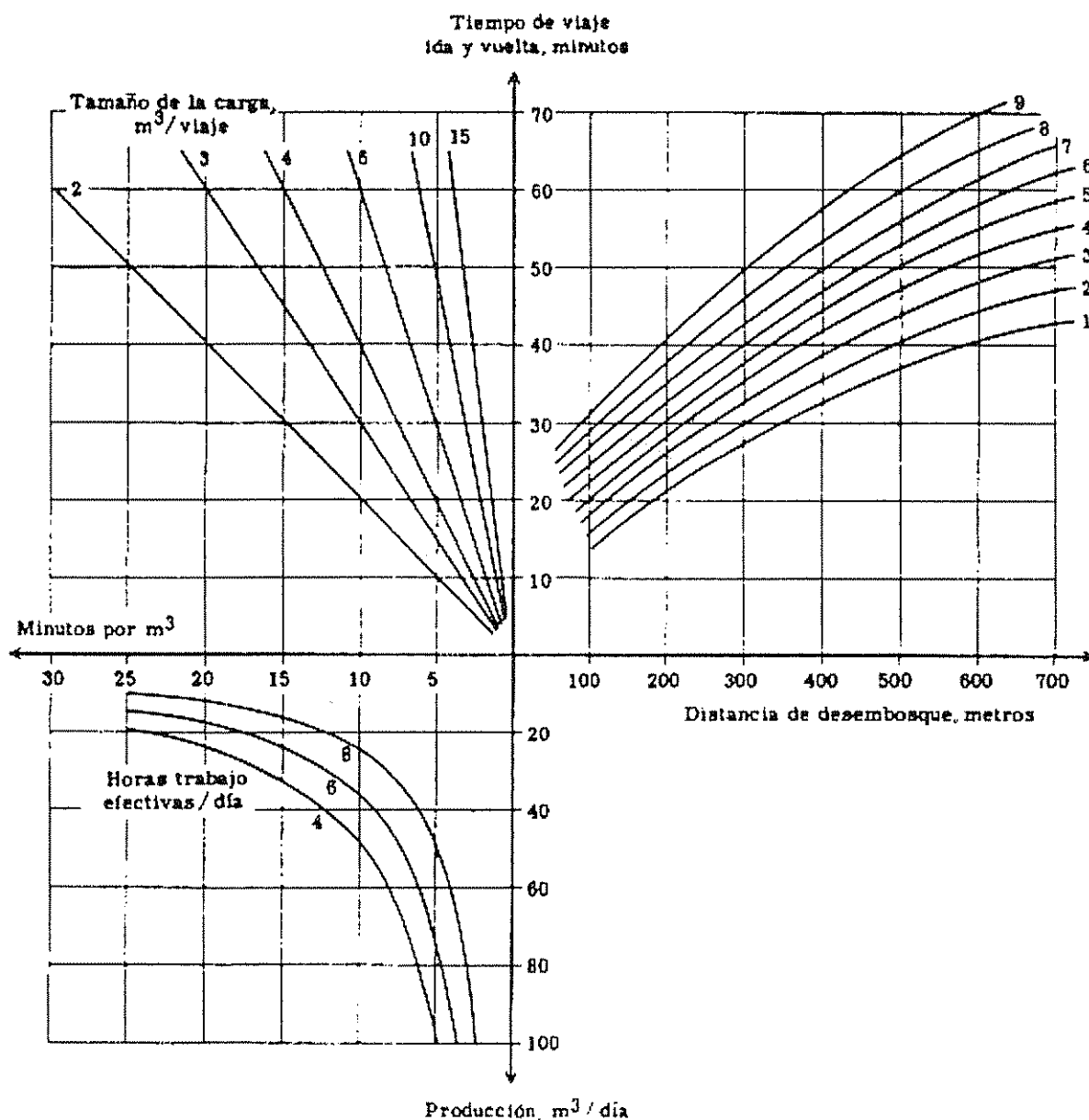


Figura 4. Nomograma sobre el rendimiento de arrastre con un tractor tipo Bulldozer. (Fuente: Estudio de FAO, 1974).

Algunos valores que se han obtenido en algunos países en desarrollo respecto a los rendimientos en el arrastre, se muestran en el Cuadro 4; es importante mencionar que en Costa Rica actualmente se usan tractores no tan grandes para desarrollar ésta labor; por lo tanto es corriente encontrar tractores D4 ó D5 con los cuales se realizan labores de arrastre y construcción de caminos.

Cuadro 4. Rendimientos del arrastre con tractor de oruga en diferentes regiones del mundo.

Zona de Explotación	Distancia media (mt)	Tipo de Tractor	Tamaño de la carga (m ³)	Horas de trabajo efectivo /día	Producción (m ³ /día)
Filipinas	500	D7	7	6	70
Zaire	400	D7	7	8	45
Colombia	400	D7	15	9	150
Tanzania	200	D8	7	6	70
Río Muni	1000	D8	15	7	45

Tomado de FAO (1974)

4.17. Medición del volumen de los árboles

La determinación de un volumen geométrico implica el conocimiento de tres dimensiones. Como se muestra en la figura 5, el árbol puede considerarse como un sólido de varias forma geométricas tales como el neiloide, el paraboloiide, el cono y el cilindro. (Lojan, 1965).

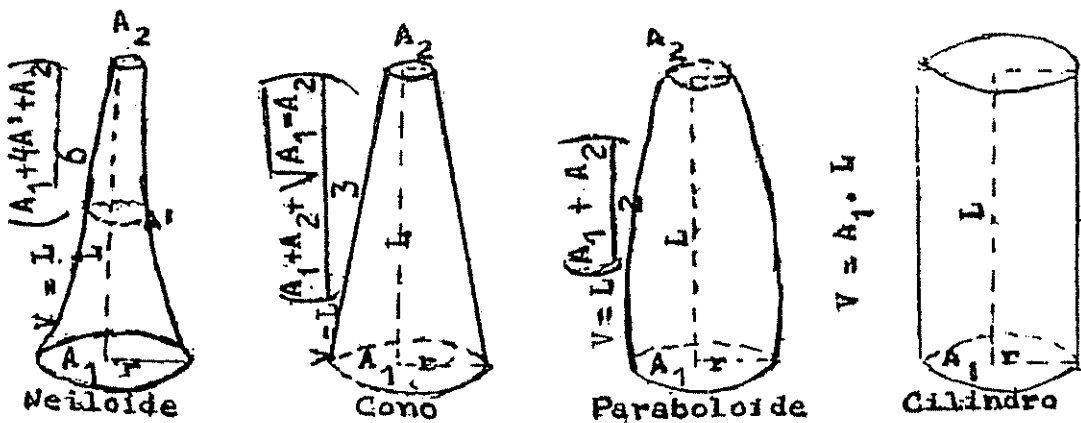


Figura 5. Algunas sólidos geométricos truncados con sus fórmulas de volumen. (Lojan, 1965).

El rendimiento actual de un árbol en pie, es igual a la cantidad de producto o productos que podemos obtener de éste en el proceso. Este rendimiento se puede expresar en términos de madera para aserrar hasta un diámetro mínimo, madera para chapas, madera para astillas, leña, etc. Este rendimiento se puede calcular mediante dos procedimientos:

-Cálculo directo: midiendo en el árbol las dimensiones básicas.

-Cálculo indirecto: utilizando tablas o ecuaciones específicas para la especie o rodal donde se encuentra el árbol y en las que a partir de dimensiones básicas del árbol (variables independientes como el diámetro, la altura, etc) se pueda hacer una estimación de la cantidad de producto que se pueda obtener del árbol (variable dependiente como volumen, peso, etc) *Ortiz (1993)*.

El último procedimiento es de uso más común, debido a que el primero no es práctico y además es prohibitivo, en vista que la medición de diámetros a diferentes alturas en el árbol, es un proceso que demanda mucho tiempo y dinero. Sin embargo, hay que dejar claro que las tablas de volumen u otros productos son específicas para cada tipo de rodal y especie.

Por costumbre, una ecuación para predecir el volumen en un árbol, se denomina tabla de volumen y el término se aplica indistintamente a funciones, gráficas o tablas que pueden utilizarse para estimar el volumen en pie de un árbol a partir de sus dimensiones básicas.

En Costa Rica, la Dirección General Forestal (DGF) es la institución encargada de fijar las políticas respecto del sector forestal. Por Decreto N°19886 del MIRENEN (ahora Ministerio de Ambiente y Energía), se encarga a la DGF la creación de un sistema de medición de los diversos productos forestales.

Cuando se realizan planes de manejo, la cubicación del volumen de los árboles en pie se debe calcular con fórmulas o modelos que la institución respalda.

Hay varios modelos utilizados para el cálculo del volumen de los árboles en pie, en el caso de las especies presentes en los bosques montañosos (*Quercus* principalmente), no hay un modelo específico para cubicar la madera en pie, sin embargo el que más se adapta es el siguiente:

$$\text{Log } V = (2.03986 \times \text{Log } \text{dap (cm)}) + (0.799 \times \text{Log } \text{hc (m)}) + 4.07682$$

V: volumen en m³

dap: diámetro en cm (medido a 1,30 mt del suelo)

hc: altura comercial en mt.

El sistema de medición reglamentado por la DGF no se usa o se usa poco. En realidad, se sigue usando la forma tradicional de medición por pulgada tica, que se describe más adelante. Si bien ésta forma tradicional es una forma simple y adaptada a las condiciones del campo, presenta diferencias con respecto a una medición correcta del volumen (Martín, 1995).

Es por ello que si se desea conocer con mayor certeza el volumen que brindó un árbol o un rodal, es necesario voltear los árboles y cubicarlos. Dos de los métodos tradicionales más utilizados para el cálculo del volumen cortado (en trozas), se describen a continuación:

4.17.1. Fórmula de Smalian

Se utiliza la fórmula:

$$\text{Vol} = \frac{(A_1 + a_2)}{2} L$$

donde:

- Vol = volumen de la troza (en m³)
- A = área correspondiente al diámetro mayor (m²)
- a = área correspondiente al diámetro menor (m²)
- L = longitud de la troza (en m).

Se dice que éste método es uno de los mejores estimadores del volumen de los árboles cortados; sin embargo, en Costa Rica se hizo muy común utilizar otros métodos para calcular el volumen.

4.17.2. Sistema tradicional (PMT)

La Pulgada Maderera Tica (PMT) es la unidad tradicional de volumen de madera en Costa Rica. Consiste de una regla de una pulgada de ancho x una de grueso x 4 varas de largo. Su equivalencia en m³ es 462 PMT=1 m³ (esto para madera aserrada), para madera en troza se acostumbra a usar la relación 352PMT=1 m³ (Ortíz, 1993)

El procedimiento para el cálculo de volumen es muy sencillo, y sigue los siguientes pasos:

- Usando un mecate, se mide la circunferencia de la troza en la parte más delgada.
- Se divide el mecate utilizado en cuatro partes.

- Si la troza es muy irregular se le aplica un “castigo” a esa medida correspondiente a 1 pulgada.
- Se mide el largo del mecate así doblado en una regla calibrada en pulgadas (P).
- Si la troza no mide exactamente cuatro varas, se mide su largo en varas.
- Una vez que se ha seguido ese procedimiento se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{PMT} = P \cdot P \cdot L^{1/4}$$

donde:

V_{PMT} = volumen en pulgadas madereras ticas

P = medida obtenida al cuadrar la troza (en pulgadas).

L = largo de la troza (en varas).

4.17.3. Tablas de volumen

La forma más objetiva y exacta de construir una tabla de volumen es utilizando el análisis de regresión entre las variables independientes y dependientes. Utilizando este procedimiento, la relación entre el volumen del árbol y sus medidas básicas (diámetro, altura comercial y factor de forma) es expresado en forma de ecuaciones.

La técnica del análisis de regresión, se compone de los siguientes pasos:

- ⇒ Proponer uno ó varios modelos que se suponen que describen mejor la relación entre las variables dependientes e independientes.
- ⇒ Estimar los coeficientes de regresión incluidos en cada uno de los modelos propuestos.
- ⇒ Escoger de los modelos propuestos el mejor.

El último paso es un poco difícil de realizar, ya que existen una serie de parámetros a utilizar para escoger el mejor modelo entre los que se pueden mencionar (Ortiz, 1993):

1. Coeficiente de determinación (R^2).
2. Coeficiente de determinación ajustado (R^2).
3. Error estándar.
4. Índice de Furnival.
5. Análisis de residuos.
6. Simplicidad y facilidad de uso del modelo.

De los estadísticos aquí mencionados, el coeficiente de determinación es el de uso más común, e indica la proporción de la variación total observada en la variable dependiente,

¹ Si el largo no es de 4 varas

que es explicada por el modelo utilizado. Sin embargo éste tiene la desventaja que solamente puede utilizarse para comparar dos modelos de regresión en que la variable dependiente está expresada en las mismas unidades, es decir no puede comparar un modelo lineal con uno logarítmico (Ortiz, 1993).

El análisis de residuos es un criterio de comparación de modelos que puede ser "aparentemente subjetivo", pero que ha demostrado ser de gran utilidad. Se define como la diferencia entre el valor observado de la variable dependiente y el valor estimado o predicho por el modelo de regresión. Los objetivos de éste análisis son:

1. Determinar si los supuestos del análisis de regresión se cumplen, esto es: a) (los residuos no deben estar correlacionados, b) se distribuyen normalmente con media cero, y c) tienen varianza uniforme. Si se graficaran esos residuos, debe mostrar que éstos se distribuyen normalmente con media cero (0) e igual varianza.
2. Evaluar la falta de ajuste del modelo utilizado en el análisis de regresión.
3. Examinar el comportamiento de los residuos con respecto a las variables independientes introducidas en el modelo y con respecto a otras no introducidas (Ortiz, 1993).

Como el volumen del árbol es función de muchas variables, mientras más variables se incluyan en una fórmula, más exactitud habrá en su determinación, siempre y cuando éstas influyan en la variable dependiente.

Las tablas de volumen se pueden clasificar según la clase de volumen que se desee estimar: así se tienen: volumen total, aprovechable, sin corteza, comercial, etc (Loján, 1965). Según el número de variables que se toman en cuenta para elaborar el modelo, éstas pueden ser:

1. De una entrada.
2. De dos entradas.
3. Más de dos entradas.

4.18. Situación actual de los bosques de robles en Costa Rica

En Costa Rica, los bosques húmedos montanos tropicales se encuentran particularmente en el macizo montañoso de la cordillera de Talamanca, a altitudes entre 1800 y 3200 msnm y están dominados por diferentes especies del género *Quercus* (robles).

Estos permanecen poco perturbados en su mayor extensión, debido entre otras causas a la baja densidad poblacional, la pésima infraestructura y viabilidad y a la situación de rendimiento marginal de la agricultura por las condiciones limitantes de clima, relieve y geología (Keogh, 1984 citado por Blaser y Camacho 1991).

Por ello, a pesar de la falta de aptitud para la actividad agrícola y de las medidas de protección establecidas por la legislación forestal, es muy probable que en el futuro una creciente presión política y del mercado de la madera conduzca al aprovechamiento de esos bosques y con los métodos de aprovechamiento actuales, esa explotación destruirá no sólo las bases mismas de la producción futura, sino que también, producirá daños ecológicos incalculables en las partes más bajas (Blaser y Camacho, 1991).

Orozco (1991), realizó un estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca y encontró valores para el número de árboles por hectárea que variaban entre 409 y 670, para el área basal los valores oscilaban entre 36.7 a 51.8m² y el volumen comercial entre 391 y 707m³.

Estos tipos de bosques son muy diferentes a los de las tierras bajas. En las montañas encontramos representantes de familias vegetales más conocidas en las zonas templadas como los robles y encinos del género *Quercus* y algo muy particular es el hecho que no se encuentran especies de comportamiento *heliófitas* efímeras (Finegan, 1995).

La condición silvicultural de partida de los robledales se puede considerar muy favorable para la implementación de un manejo con fines productivos, debido a la homogeneidad florística y estructural de éstos bosques y a sus altos volúmenes de madera comercial por hectárea. Sin embargo, la función de producción de madera no es más que una de las funciones de éstos bosques, más importante es la protección de la cuenca hidrográfica por un lado y por el otro lado el mantenimiento de la biodiversidad, la generación de empleo y de productos para la población local.

Debido a la topografía accidentada, las altas precipitaciones y los suelos con un alto peligro de erosión, éstos ecosistemas tienden a ser susceptibles. Por ello, el manejo forestal debe estar basado en un profundo conocimiento de la ecología y estructura y requerirá además tecnologías avanzadas y apropiadas para la extracción y tratamiento de los rodales, las que deberán ser introducidas y desarrolladas (*Orozco, 1991*).

Así el aprovechamiento forestal de éstos bosques tendrá algunas restricciones debidas no tanto a la composición y estructura del bosque, sino más bien a la función que éste cumple (*aus der Beek y Saénz, 1992*).

4.19. El Proyecto de Silvicultura de Bosques Naturales

En 1984, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), inician el proyecto Silvicultura de

Bosques Naturales con el propósito de generar alternativas sostenibles de manejo del bosque, enfocando tanto la producción de madera como la conservación de otros valores intrínsecos del bosque, tales como la protección del suelo y de fuentes de agua, y la protección de la biodiversidad de flora y fauna (*Quirós y Saénz, 1993*).

En 1985 se negoció con la Dirección General Forestal (DGF) el establecimiento del primer sitio demostrativo, ubicado en el límite sur de la Reserva de Río Macho, en la zona de Villa Mills. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge esta área corresponde a la zona de Bosque Pluvial Montano.

El proyecto se inició con una fase de investigación ecológica, recopilando información acerca del ciclo natural del bosque, conocimiento considerado necesario para su manejo futuro. Esta fase se realizó desde 1985 hasta 1989.

En 1990 el proyecto había recopilado información ecológica básica y entró en una etapa de planificación diferente que consideraba estudios silviculturales para los cuales se decidió aplicar intervenciones silviculturales al bosque. Por ello se aprovechó una área bajo un marco de aprovechamiento integral del árbol utilizando todos los residuos (incluyendo la lana que normalmente cubre los fustes de los árboles talados). Además se incorporó a los vecinos de las comunidades los cuales participaron en la preparación y comercialización de leña y postes provenientes de las operaciones silviculturales.

Se aplicaron dos tipos de intervenciones silviculturales que combinan un aprovechamiento de bajo impacto y posteriores tratamientos silviculturales, éste ensayo se denominó **“Reacción de un Bosque de Altura sometido a dos tipos de tratamiento silvicultural”**, para lo cual se establecieron nueve parcelas permanentes de una hectárea cada una. Los dos tipos de intervenciones fueron:

- Intervención débil, aplicada en cuatro parcelas donde se cortó el 20% del área basal existente ($dap \geq 10$ cm), tratando de aumentar crecimiento y mejorar estructura y calidad del robledal remanente. Los criterios establecidos de evaluación para determinar cuales árboles debían ser cortados fueron:
 - árboles sobremaduros.
 - árboles mal formados.
 - árboles que impidieran el crecimiento de otros de futura cosecha.
- Intervención fuerte, se aplicó en otras cuatro parcelas, cortando el 30% del área basal existente ($dap \geq 10$ cm), tratando de resolver el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural del bosque.

En cada uno de los tratamientos se levantó y monitoreó toda la información silvícola relevante, incluyendo desarrollo de la regeneración natural y daños causados por la tala

y arrastre. Los cuales fueron muy bajos si se compara con datos obtenidos por otros autores para otros tipos de bosque.

Los resultados obtenidos por el Proyecto de Silvicultura de Bosques Naturales indican que, el sistema de manejo propuesto es ecológicamente sostenible y técnicamente factible y también garantiza un aprovechamiento rentable, lo cual incluso dio pie para realizar una consultoría que diera las bases para establecer una Compañía Finquera Forestal que pueda hacerse cargo del área piloto y desarrollar el sistema de manejo propuesto (aus der Beek, 1993).

Como parte de la investigación que se llevó a cabo, se aplicó una segunda intervención en otras dos parcelas de 1 hectárea cada una en 1994, lo cuál es la base de éste estudio, por lo que algunos de los resultados se compararán con los datos de la primera intervención para obtener algunas conclusiones importantes.

5. Materiales y Métodos

5.1. Descripción del área

5.1.1. Localización

La zona de estudio pertenece al Area Demostrativa del Proyecto "Silvicultura de Bosques Naturales" (CATIE/COSUDE), la cual se ubica a unos 3 Km al este de la Carretera Interamericana, en las cercanías del caserío Villa Mills y entre las quebradas Siberia y Voltea, en la parte noroeste de la cordillera de Talamanca. El bosque se ubica a alturas que van desde 2600-2800 msnm (ver Figura 6) (Orozco, 1991).

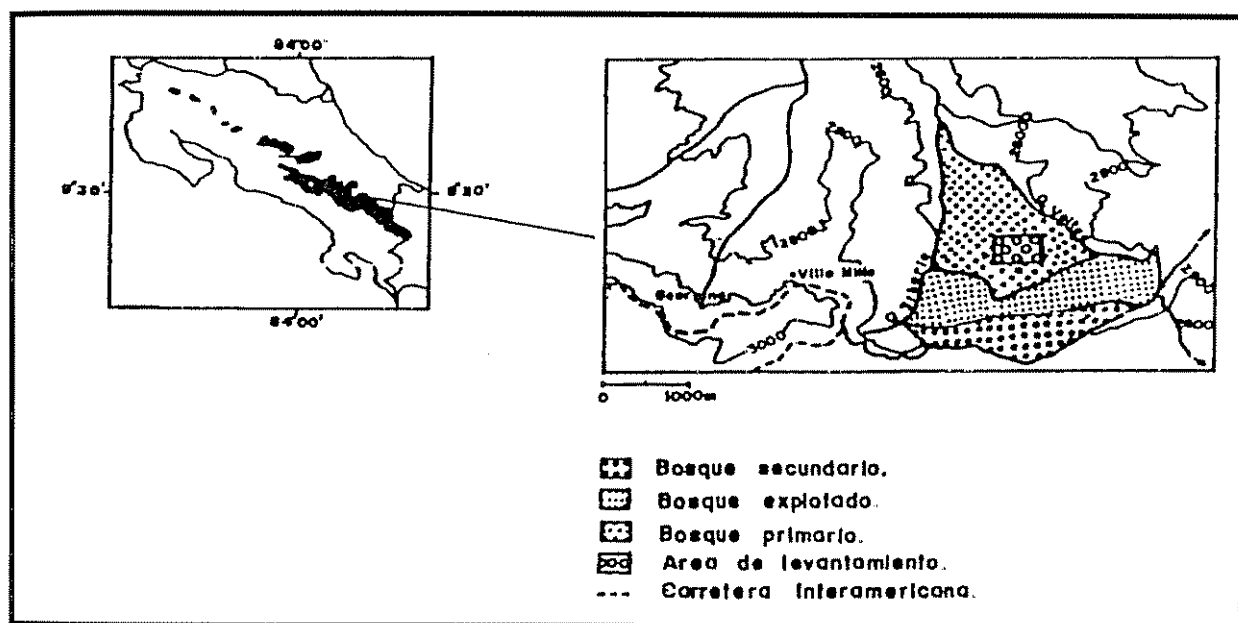


Figura 6. Ubicación del área de estudio

5.1.2. Clima

El clima se caracteriza por presentar una época seca corta (enero a marzo) y lluvias frecuentes durante los demás meses del año, presentando un "veranillo" con reducidas precipitaciones en los meses de julio y agosto (aus der Beek y Saézn, 1992)

5.1.3. Temperatura y precipitación.

La temperatura media anual se ubica entre 12,3 °C (2380 msnm) y 7.3 °C (3365 msnm), con variaciones anuales de 1,4 a 1,8 °C y variaciones diarias del orden de 6,9 (2380 msnm) y 5,7 °C (3365). Las temperaturas máximas pueden llegar a 15-16 °C , mientras las mínimas pueden bajar aún bajo cero. Las precipitaciones alcanzan hasta 2643 mm, de lo cual un 90% es debida a lluvia por convección entre mayo a Noviembre.

Cuadro 5. Precipitación P (mm) y temperatura T (°C) de Villa Mills (3000 msnm) para el período 1992-1985.

Mes	Precipitación. (mm)	mínima	máxima	T (°C)
Enero	32.8	0	143	10.0
Febrero	24.3	0	157	10.7
Marzo	26.0	0	114	11.6
Abril	100.0	5	528	11.8
Mayo	363.5	124	737	11.5
Junio	340.3	196	642	11.4
Julio	251.1	65	441	11.3
Agosto	317.4	86	595	11.0
Setiembre	413.4	228	721	10.9
Octubre	467.0	227	1108	10.6
Noviembre	220.9	45	526	10.5
Diciembre	86.0	6	285	10.0
Total	2642.77	1909	3843	10.9

Tomado de Blaser y Camacho, 1991

5.1.4. Humedad Relativa

La zona de Villa Mills presenta una humedad relativa constantemente alta, con valores de 88 a 96% como promedio mensual, permaneciendo normalmente cerca del punto de saturación durante la época lluviosa (*Blaser, 1987*)

Existe gran cantidad de nubes y neblina durante todo el año, presentándose una disminución de la cantidad de nubes durante la época seca (enero-abril). En la época de lluvia el cielo se nubla alrededor de las once de la mañana, mientras que en la estación

seca, la nubosidad se presenta en horas de la tarde, generalmente entre las tres y cuatro.

5.1.5. Zona de Vida

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, los bosques considerados corresponden al "Bosque Pluvial Montano", dominados en el dosel superior por especies del género *Quercus* y con fuerte presencia de bambú (*Chusquea*, spp) (*Aus der Beek*, y *Saénz*, 1992).

5.1.6. Topografía

Respecto a la topografía, la zona se ubica en una cresta central, sin embargo se encuentran quebradas que interrumpen su relieve, produciéndose pendientes fuertes que varían entre 30-65 en el lado Atlántico y hasta 80% en el lado Pacífico.

5.2. Tipología del bosque

Blaser y Camacho (1991), identificaron principalmente dos tipos de bosques, los cuales se relacionaban al tipo de suelo en el que se encuentran y sobre todo al régimen hídrico del mismo:

5.2.1. Bosque Mixto de Encino (BME) sobre suelos Placandept

Se desarrollan sobre sitios edáficos físicamente menos favorables presentándose escasez de oxígeno a causa de la alta saturación de agua en el suelo superior, durante la época lluviosa, mientras o por otro lado, en las épocas secas, el contenido de agua en el suelo es inferior a la capacidad de campo.

Las distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal son propias de un bosque primario sin intervenir contando con árboles de todo tamaño. Valores del número de árboles por hectárea, área basal y volumen encontrados son de 512, 48m² y 573 m³. El estrato arbóreo superior es dominado claramente tanto en abundancia como en dominancia por *Quercus costarricensis* y *Quercus copeyensis* con 86% del número de árboles.

5.2.2. Bosque de Roble Blanco (BRB), sobre suelos Dystrandept

Este tipo de bosque se desarrolla sobre el sitio edáfico físicamente más favorable; no se observaron signos de saturación de agua en razón de su textura más favorable, por lo tanto la falta de aireación probablemente no constituye un factor limitante para la vegetación; además presenta menor riesgo de desecación en la época seca.

La distribución diamétrica también presenta una curva similar a los bosques sin intervención y en los estratos arbóreos predomina la especie *Quercus copeyensis* (56% en el estrato inferior, 58% en el estrato medio y 98% en el superior). Datos del número de arboles por hectárea, área basal y volumen son 455,52 m²/ha y 714 m³/ha.

Cuadro 6. Distribución del número de árboles y área basal por especie de los dos tipos de bosques encontrados (a partir de 10 cms d.a.p.).

Especie	Bosque Mixto Encino		Bosque Roble Blanco	
	N/ha	AB/ha (m ²)	N/ha	AB/h (m ²)
Roble ¹	132	19.02	293	45.23
Azulillo ²	36	0.62	17	0.38
Encino ³	104	19.21	2	0.26
Otras	240	9.15	142	6.13
Total	512	48.0	454	52.0

5.3. Metodología de trabajo

Las parcelas donde se obtuvo la información (Parcela 10 y 11), corresponden a una segunda intervención en el área, ya que una primera intervención se aplicó en 9 parcelas diferentes en 1991, por lo que la ejecución de ésta tenía como objetivo secundario, tener parámetros de comparación con los resultados obtenidos y a la vez aplicar algunas técnicas derivadas en esa primera intervención.

Es de mencionar que para ésta segunda intervención no se usó un valor prefijado de área basal a cortar (en la primera intervención éstos valores eran 20 y 30% o sea era una intervención de tipo cuantitativa), sino que ésta vez, se aprovecharon los árboles

¹ *Quercus copeyensis*

² *Ilex* sp

³ *Quercus costarricensis*

siguiendo diferentes criterios, más que todos cualitativos; entre los que se pueden mencionar:

- árboles podridos.
- mal formados.
- extracción en zonas de alta densidad de árboles comerciales.
- sobremaduros, etc.

La intensidad de extracción será uno de los parámetros a determinar durante el presente trabajo y servirá para establecer las relaciones de comparación con los datos obtenidos en la anterior intervención.

Las parcelas poseen una área aproximada de 1.0 ha cada una lo cual da una área total de 2 ha a lo cual hay que sumarle el área de borde el cual variaba entre 20 y 25 metros de ancho por 20 de largo, y que al final suma una área de 2.1 has, lo cual sumada al área efectiva dentro de la parcela da una área total afectada de 4.1 has (Ver figura 7).

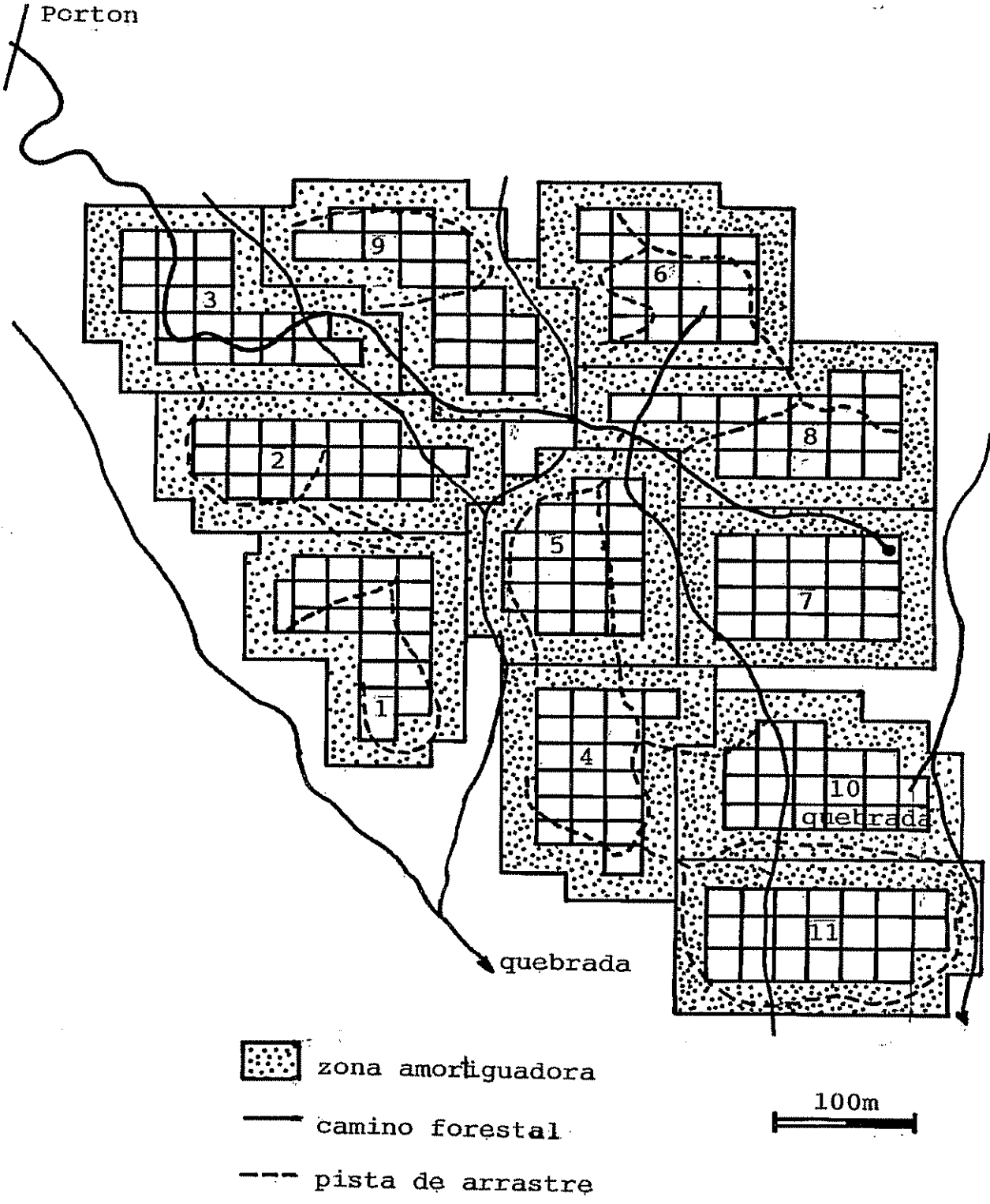


Figura 7. Distribución de las parcelas intervenidas en los años 1991 y 1994, incluyendo el área de borde.

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se dividió el trabajo en cuatro fases:

1. Fase de campo
2. Digitación de información y elaboración de bases de datos.
3. Análisis de la información.
4. Resultados y conclusiones.

Para la primera fase se utilizó el siguiente equipo y materiales:

- Motosierra Stihl 070.
- Cuchas.
- Prensa de árbol.
- Winch manual y poleas.
- Cronómetros.
- Cinta diamétrica.
- Forcípula.
- Cinta métrica.
- Tabla de campo para apuntes.

5.3.1. Descripción de las diferentes variables medidas

Antes de iniciar el trabajo de campo, se definieron los diferentes métodos de corta que se utilizarían, así como para cada uno de ellos las diferentes actividades que se medirían como parte del tiempo efectivo; además, en lo que se refiere a los daños se definieron los tipos de daños en que clasificarían los efectos de la tala sobre los árboles remanentes y los tipos de copa en que se clasificarían los árboles. A continuación se da una descripción simple de cada una de esas variables.

5.3.1.1. Tipos de tala a aplicar (ver también Anexo 1):

1. Método de apeo normal.

En éste método, el árbol se cortaba en la dirección que el operador elegía, ya el criterio principal para aplicarlo era que los árboles tuvieran una distribución regular y simétrica del peso lo cual daba posibilidad a que el sierrista escogiera la dirección de caída. Este se iniciaba con un primer corte en el que se cortaban las gambas (necesario solamente para árboles grandes). Luego se seguía con un corte de boca (muesca de dirección) y por último el corte de apeo. Era necesario considerar el área de bisagra, la cual es necesaria para darle una velocidad de caída lenta y direccionar el árbol. Cuando se hacía necesario, se utilizaban cuchas con el fin de sacar al árbol de su posición de equilibrio.

2. Método del árbol podrido.

Como el árbol está podrido, debe tenerse el cuidado de que la sierra no quede trabada; por ello, se debe de hacer la muesca de dirección en forma de rebanadas. Los cortes restantes se hacían como en el caso de la corta normal.

3. Método de la boca ancha.

Se usó este procedimiento, en los casos en que se necesitaba dirigir la caída del árbol en una dirección que no correspondía con su inclinación natural, o sea, había que dirigir el árbol durante su caída por mucho más tiempo que cuando se hace un corte normal. La muesca de dirección se hacía más grande que lo normal y el corte de caída se hacía a la mitad de la altura de la muesca; en éstos casos se recomendaba no cortar las gambas que quedarán hacia el lado de la dirección de caída y en casos difíciles utilizar aditamentos como cuñas o prensa de troncos para que árbol no se raje, e incluso se hace necesario utilizar "tecles manuales" para llevar el árbol en la dirección deseada.

4. Método del corte de punta.

Se utilizaba éste método en dos situaciones:

- Cuando tenía un diámetro mucho mayor que largo de la espada.
- Cuando el árbol estaba fuertemente inclinado en la dirección de caída.

Es un corte que conlleva mucho cuidado ya que por su procedimiento la sierra puede quedar trabada si no es realizado correctamente.

5. Método de boca profunda.

En éste caso el método se utilizó para árboles que estaban apenas ligeramente inclinados en la dirección de caída. Se hacía la muesca de dirección la cual se ampliaba por etapas, para terminar con un corte de caída aplicado a una altura no superior a la mitad del alto de la bisagra.

Se debe mencionar también que éstos tipos de apeo se podrían también aplicar usando un "winch manual", cuyo cable en algunos casos se colocaba desde el suelo con el uso de una vara y en otros había que subir al árbol a colocarlo, o bien a cortar una rama; por lo que al final se obtenían hasta 30 posibles combinaciones (ver anexo 2). Por ejemplo, si se usaba un corte de punta (4), y se combinaba con el uso de cables (2), el cual era necesario subir al árbol para colocarlo (2), se obtenía un código de tala de 3 dígitos; en éste caso 422.

5.3.1.2. Actividades de la tala

El tiempo de trabajo efectivo se dividió en cinco actividades, éste no incluía las pausas largas ni el tiempo necesario para la alimentación. Es de citar eso si, que éstos tiempos (que se podrían llamar como improductivos), se contabilizaron cada día de labor, ya que se anotaba la hora de inicio del trabajo y la hora final, aunque no exista un desglose específico de ellos. Lo anterior se dio debido a que uno de los objetivos del estudio era obtener los rendimientos tomando como base solo el tiempo efectivo.

Las actividades eran:

1. Limpieza o preparación del árbol:

Consistía en limpiar el tronco del árbol de lianas, bejucos o cualquier tipo de vegetación que pudiera causar inconvenientes a la hora de realizar los diferentes cortes en la labor de tala.

2. Derribo del árbol.

Este incluía todas las acciones comprendidas desde la corta de las gambas (si las había) o con la apertura de la muesca de dirección, hasta que árbol estaba en el suelo listo para ser desramado y troceado.

3. Desrame y troceo del árbol.

Consistía en todas las actividades de desrame y troceo del árbol cortado, incluyendo el tiempo de medición y marcación de las distintas trozas en las que se iba a trocear.

4. Mantenimiento de la motosierra.

Incluía todos aquellos tiempos necesarios para darle mantenimiento a la motosierra (afilado, limpieza, arreglos, etc) y también cargar aceite y combustible.

5. Tiempo de traslado.

Era el tiempo necesario para trasladarse de un árbol a otro.

5.3.1.3. Actividades del arrastre

La fase de arrastre fue planificada con anticipación y estaría basado en el flujo mostrado en la Figura 8. Es por ello que con anticipación se trazaron y construyeron

las pistas de arrastre, a la vez se definieron las diferentes etapas en las que se dividiría ésta labor.

Estas etapas eran:

A-A: amarre de trozas: amarre de trozas en la parcela.

D-D: descarga: descarga de trozas en el patio.

P-C: pista-camino: traslado del tractor cargado desde el borde de la parcela al camino.

C-P: camino-patio: traslado del tractor cargado desde el camino hasta el patio.

R-R: retorno al bosque (viaje vacío).

P-P: arrastre desde la parcela a pista (parcela-pista).

TM: tiempo muerto

Las etapas pueden verse representadas mejor en la figura 9.

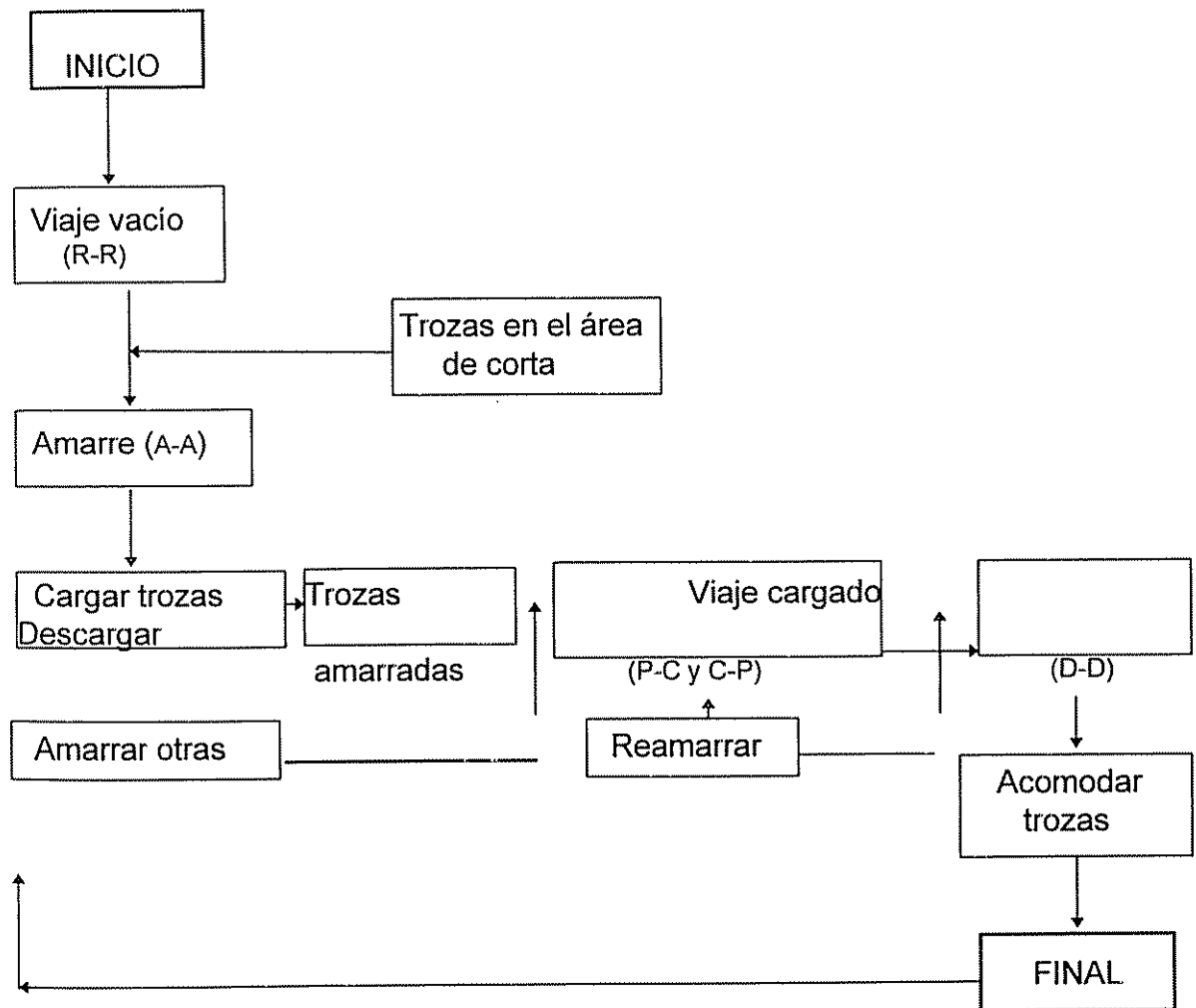


Figura 8. Diagrama de flujo de la labor de arrastre (Modificado de Anaya y Christiansen, 1986).

Es de citar que éste flujo no siempre se cumplió a cabalidad, ya que hubo veces que la troza se soltaba y no se amarraba, sino que se dejaba en el bosque para luego ser acarreada en otro ciclo. También, a veces fue necesario adelantar algunas trozas hasta un lugar donde no significara un gran esfuerzo para el tractor y luego éste se devolvía a cargar otras y pasaba amarrando las que había adelantado anteriormente.

Con anticipación se había establecido la red vial, la cual también puede observarse en la Figura 7. Para el arrastre en las dos parcelas intervenidas, se establecieron dos pistas de arrastre, las cuales se trató de trazar en las áreas de borde y con pendientes promedio no mayores al 12%, aunque es de reconocer que habían tramos muy cortos donde la pendiente fué mayor.

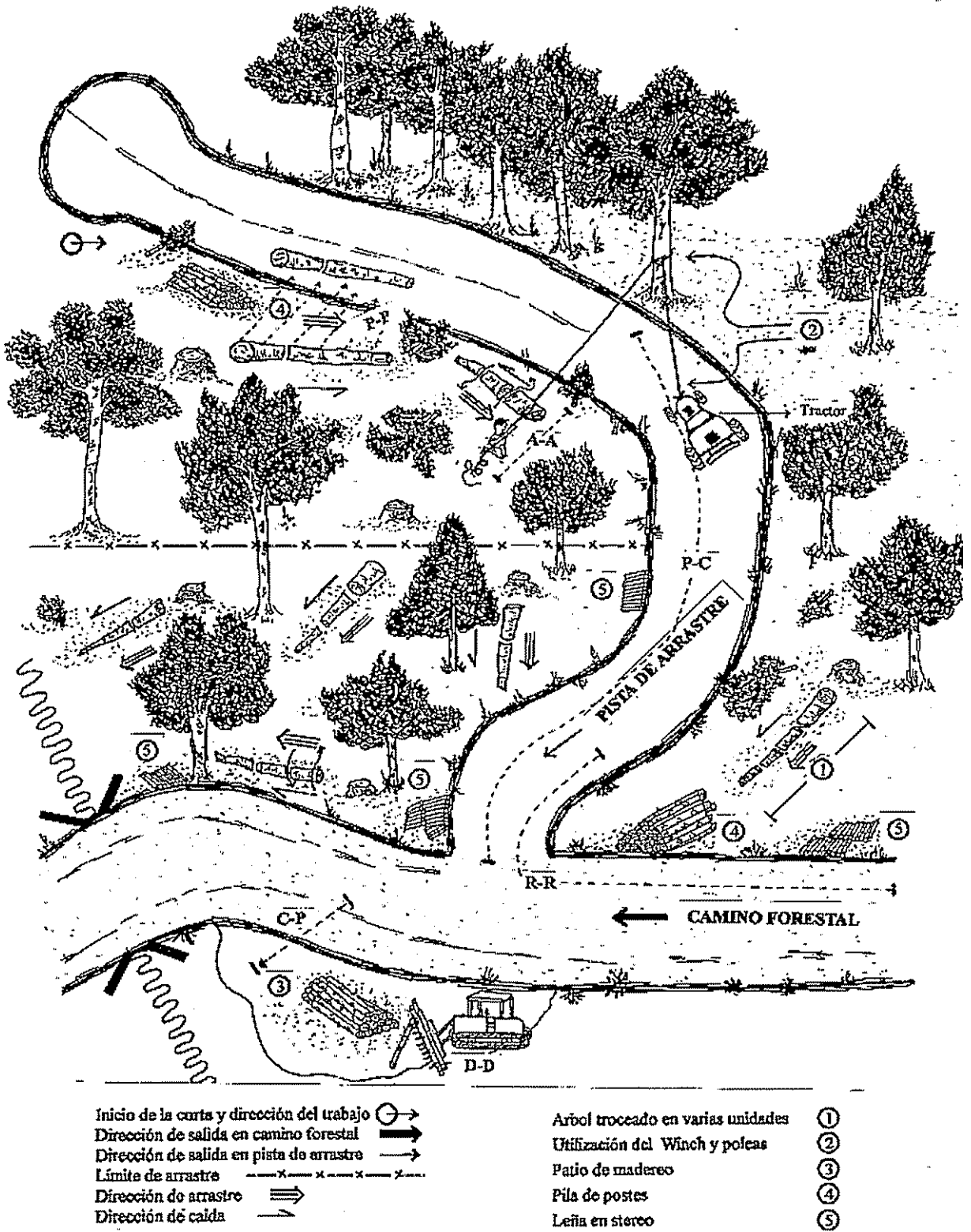


Figura 9. Representación de las diferentes actividades que comprende la fase de arrastre en un aprovechamiento forestal. (Tomado de Venegas y Rodríguez, sin publicar).

Para el arrastre se utilizó un tractor de oruga marca CASE 1150, equipado con un winch y cable de acero de aproximadamente 50 metros de largo, ya que se pretendía que el tractor no ingresara a las parcelas para sacar la madera hasta las pistas o caminos, sino que el arrastre fuera realizado desde los bordes de ésta.

5.3.1.4 Descripción de los tipos de daños

Las daños solo se midieron para la masa remanente, ésto en vista que el interés del proyecto en primera instancia, era el de obtener datos de rendimientos e impactos de la tala a los árboles que quedaban despues de la corta, por ello, cuando se realizó el arrastre no se tomaron en consideración los árboles dañados por ésta actividad ni tampoco los árboles dañados por caminos.

Es por ello que para evaluar el daño a la masa remanente, se definieron con anticipación tres clases de daños:

Daño 1: Daños muy fuertes, toda la copa está destruida, el fuste está quebrado, o bien el árbol está totalmente o parcialmente desraizado. Para efectos de crecimiento y producción, el árbol se considera dentro del grupo de árboles muertos.

Daño 2: Daños fuertes, heridas grandes en el fuste o copa. Corteza desgarrada por un largo de más de 2 mt y mínimo unos 20 cm de ancho (ó 1/3 de la circunferencia); más de la mitad de la copa está destruida. No se puede decidir fácilmente en incluirlo como árbol remanente o muerto, sin embargo, para efectos de éste trabajo se tomará como árbol perdido.

Daño 3: los daños son mínimos, y el árbol puede recuperarse en un lapso corto. Se considera como un árbol sobreviviente o remanente después del aprovechamiento.

5.3.1.5. Forma de copa

Para la clasificación de ésta variable se utilizó una adaptación del Plan de Investigación Silvicultural de Uganda (1959-1963) (Blaser, 1990), el cual comprendía las siguientes clases de forma de copa (ver también anexo 11).

Copa 1: copa de forma perfecta, círculo completo, simétrica y desarrollada sin perturbaciones.

Copa 2: copa de forma buena, círculo irregular, más o menos simétrica, algunas ramas muertas y desarrollada en concurrencia con otros árboles.

Copa 3: copa de forma tolerable, media copa, asimétrica, pero que puede corregirse si recibiera más luz.

Copa 4: copa de forma pobre muy asimétrica, pocas ramas vitales pero puede sobrevivir.

Copa 5: copa de forma muy pobre, con una o pocas ramas, presencia de daños irreversibles.

5.3.2. Procedimiento para la toma de datos.

- Demarcación de las parcelas a intervenir. En éste caso se delimitaron 2 parcelas de una hectárea de extensión cada una. Las parcelas se dividieron en subparcelas de 500 m², lo cual daba un total de 20 subparcelas por hectárea (ver figura 7).
- Inventario total (100%) para todos los árboles mayores a 10 cm de dap. A los árboles mayores a 30 cm dap y que se iban a cortar, se les midió el diámetro y la altura total y comercial. El diámetro se midió a 1,30 m del suelo con una cinta diamétrica. La altura total era la distancia desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la copa y la altura comercial, se tomaba hasta donde se consideraba que el fuste tenía un diámetro tal que no resultara rentable y práctico aserrarlo o bien hasta donde había una bifurcación que le restara valor a las trozas a obtener; la altura se midió con el uso de un hipsómetro; éstas medidas se obtuvieron con el fin de calcular el volumen.
- Cubicación de los árboles con dap mayor a 30 cm a través del modelo fijado por la Dirección General Forestal para la cubicación de árboles en pie.
- Marcación de los árboles a cortar, tanto dentro de las parcelas como en los bordes, la selección de éstos se basó en aspectos cualitativos mencionados en el punto 5.3.
- Uso de la metodología de tiempos continuos para la obtención de los datos de tiempos; se complementó ésta metodología con la de tiempo total, ya que en el primer caso sólo se tomaron las actividades productivas.
- Recopilación de la información de tala en formulario respectivo (formulario 1 anexo 3).
- Simultáneamente se recopiló la información de daños incluida en el formulario 2 del Anexo 3.
- Cubicación de la madera en rollo (trozas), obtenida como producto de la tala. Para realizar ésta cubicación, se utilizó la fórmula de Smalian. Las trozas obtenidas se identificaron según la numeración del árbol cortado, con el fin de calcular el volumen en trozas rendido por cada uno de los árboles cortados. Paralelamente y como complemento, se cubicaron esas mismas trozas a través del método de la pulgada maderera tica.
- Arrastre de las trozas cortadas hasta el patio maderero o de carga. Para la recopilación de ésta información, se utilizó la misma metodología usada para la tala, o sea, una variación del tiempo continuo, ya que únicamente se tomaba en

consideración el tiempo productivo y no aquellas paradas o descansos largos ni el tiempo para alimentación (ver formulario 3, Anexo 3).

- La información que se recopiló fue la siguiente:

-Distancia de arrastre: para lo cual se midió anticipadamente la pista de arrastre y el camino y se pusieron estacas que indicaban la distancia recorrida.

-Número de trozas arrastradas por ciclo: se anotaba el número de las trozas que se arrastraban en cada ciclo, así como las dimensiones de cada troza arrastrada.

-Para efectos de obtener el tiempo por ciclo, se dividió toda la fase de arrastre en diferentes etapas señaladas en la figura 9; en las cuales se tomó el tiempo.

5.3.3. Análisis de los datos

- Para el análisis de los datos, primero se estableció una base de datos para cada uno de los componentes del estudio (tala, daños, arrastre, volumen), donde se almacenaron todos los datos. Para éste caso, se utilizó el programa FOX-PRO.
- Se obtuvo el tiempo efectivo y el tiempo total de la actividad de corta tanto de las 4.1 has que comprendía el área total así como las 2 has de área efectiva dentro de las parcelas.
- Se determinó el porcentaje del tiempo que realmente se trabajó (que porcentaje significaba el tiempo efectivo del tiempo total).
- Determinación de rendimientos por unidad de tiempo y área, así como determinar el número de árboles y área basal dañada con el fin de obtener valores para la planificación de actividades de manejo de éstos bosques.
- Obtención de cuadros de las diferentes relaciones entre las variables, tanto para la corta como para los daños y el arrastre (ver anexo 5).
- Pruebas estadísticas (ANDEVA y Correlación) para probar las hipótesis establecida para los diferentes componentes del estudio. Para el caso del análisis de varianza realizado para comparar los diferentes métodos de tala utilizando el tiempo para la actividad de derribo o corta, los datos se tuvieron que transformar, debido a que éstos no cumplían los supuestos para el ANDEVA, la transformación se hizo a través de la fórmula $\text{Log}(\text{variable}+1)$.
- Determinación de modelos de regresión para el tiempo de tala para cada uno de los métodos que contaban con suficiente número de datos.
- Obtener un modelo de regresión general (para todos los métodos de tala), para la estimación del área basal y número de árboles dañados.
- Desarrollo de un modelo de regresión para la determinación del tiempo necesario por ciclo de arrastre para éste tipo de intervención (anexo 8).
- Realizar la comparación de los volúmenes obtenidos en pie (modelo DGF) y el volumen obtenido por Smalian, a través de una prueba para muestras independientes

a la vez se aplicó también una prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrado (anexo 9).

- Determinar un modelo de regresión para la estimación de volumen en pie para las especies presentes en éste tipo de bosques (Anexo 10).
- Elaborar una tabla de volumen de doble entrada para éste tipo de bosque (anexo 10).

6. Resultados

6.1. Caracterización de la intervención silvicultural

6.1.1. Caracterización de las parcelas intervenidas

Como se observa en el Cuadro 7, el área basal y el número de árboles existentes en las parcelas intervenidas tenía valores similares a los encontrados por Orozco (1991) y Blaser y Camacho (1991) para los bosques montanos de ésta zona.

Es de observar que el *Quercus copeyensis* es la especie que mayor predominancia tiene en las parcelas intervenidas y en segundo lugar el encino. Estas dos especies también son las que aportan la mayor cantidad de área basal en las parcelas.

Cuadro 7. Datos de área basal y número de árboles por hectárea en las parcelas antes de la intervención (dap \geq 10 cm)

Código Especie	Parcela 10		Parcela 11		Promedio	
	N/ha	AB/ha (m ²)	N/ha	AB/ha (m ²)	N/ha	AB/ha (m ²)
Roble ¹	146	27.87	113	16.26	129.5	22.06
Encino ²	51	8.27	106	14.13	78.5	11.20
Ira Rosa ³	38	1.56	36	1.04	37.0	1.30
Azulillo ⁴	55	1.06	50	0.80	52.5	0.93
Otras	223	10.24	200	7.91	211.5	9.08
Total	513	49.01	505	40.14	509	44.57

¹ *Quercus copeyensis*

² *Quercus costarricensis*

³ *Ocotea austinii*

⁴ *Ilex sp*

6.1.2. Área basal y número de árboles aprovechados

Se observa en el Cuadro 8, que se cortaron en total 197 árboles lo cuales constituían una área basal total de 33.93 m² en las 4.1 ha; de ese total, 22.97 m² equivalen al área dentro de las 2 parcelas (2 ha), lo cual da un promedio por hectárea de 11.49 m² aprovechados. Como el área basal del borde no se midió, sólo se puede hacer referencia a la intensidad de corta respecto al área basal dentro de las parcelas, por lo que se

deduce que la intensidad de aprovechamiento dentro de ellas fue en promedio un 26% del área basal¹.

Cuadro 8. Datos de área basal y número de árboles mayores a 10 cm dap. aprovechados dentro de las parcelas y en los bordes.

Parcela	Dentro de Parcela		Bordes de Parcela	
	N° Árboles (n/ha)	Area Basal (m ² /ha)	N° Árboles (n)	Area Basal (m ² /ha)
10	83	11.32	34	4.92
11	55	11.67	25	6.04
Promedio	69	11.49 ²	29.5	5.48

Se nota en el cuadro anterior, que aunque se trató de uniformizar la intensidad en toda el área, los bordes muestran una menor intensidad de aprovechamiento. Lo anterior es debido a que si se nota la Figura 7, la pista de arrastre se construyó dentro del área de borde, por lo cual el área efectiva de corta en ellos era mucho menor que el área que éstos comprendían; se ha de mencionar, que no fue posible calcular cual era el área afectada por la red vial, para obtener un valor real de la intensidad de corta en los bordes de las parcelas.

Como las parcelas muestran una similitud en lo que se refiere a la distribución de las especies, el número de árboles por hectárea y también datos similares en lo que refiere al área basal aprovechada, los resultados que se presentan a continuación, serán presentados por ha y no por parcela.

6.1.3. Distribución del número de árboles en las etapas del aprovechamiento

Se dice que en un aprovechamiento forestal, se debe tratar de dejar el bosque en estado tal que éste siga brindando los productos y servicios al igual que antes del aprovechamiento; por ello si se grafican las distribuciones diamétricas de los árboles en las diferentes etapas (Cuadro 9 y Figura 10), se observa que aunque la intervención silvicultural se realizó sin tomar como base el aprovechamiento de una área basal determinada ni tampoco considerando un número determinado de árboles por clase diamétrica; la curva de distribución diamétrica de los árboles dentro de las parcelas antes y después de la intervención mantiene la estructura del bosque; así también, el número de árboles dañados (Daño 1), o sea aquellos teóricamente que no se podrán recuperar

² El área basal promedio/ha era de 44.5 m²

después de la intervención realizada y los árboles cortados, se distribuyen casi que homogéneamente en todas las clases diamétricas.

Cuadro 9. Distribución del número de árboles antes y después del aprovechamiento, por clase diamétrica y por hectárea.

Clase dap (cm)	Pre-aprovechamiento (árb/ha)	Talada (árb/ha)	Post-aprovechamiento (árb/ha)	Daño 1 (árb/ha)
10-19.9	305	22	244	29
20-29.9	85	13	65	7
30-39.9	37	9	26	2
40-49.9	16	4	12	0
50-59.9	21	6	15	0
> 60	45	16	29	0

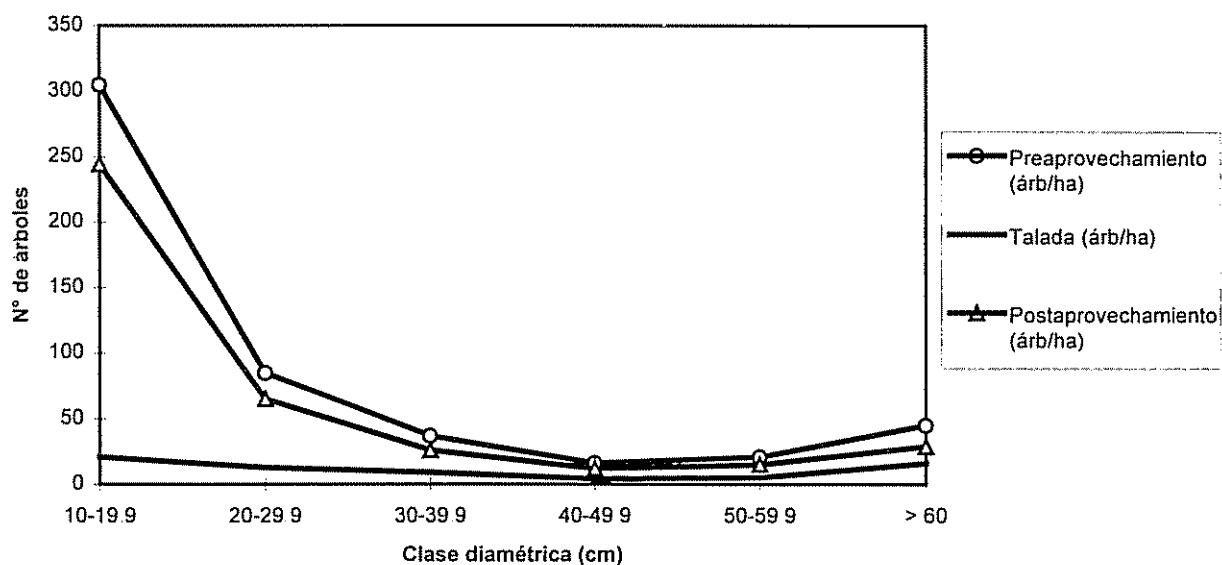


Figura 10. Distribución de los árboles en las diferentes etapas de la intervención

Esto es importante, ya que el hecho de tener una buena distribución de árboles en las diferentes clases diamétricas, asegura el tener materia prima para la próxima intervención, ya que hay un reemplazo de los árboles cortados en las diferentes clases por otros que continuarán creciendo después de la corta.

6.2. Tiempos y rendimientos en la tala

Para el caso de estudio, se experimentó con cinco técnicas de tala diferentes, mencionadas en la metodología (ver también anexo 1):

La distribución porcentual de los tiempos en las distintas actividades respecto a los métodos de tala utilizados se observan en el Cuadro 10. Es de notar que la actividad que conlleva el mayor tiempo para todas los tipos de tala es el derribo de los árboles y en orden descendente el desrame y troceo. Hay que tomar en cuenta que los tiempos expresados corresponden al tiempo efectivo de trabajo, en éste caso el derribo, desrame y troceo de los árboles, mantenimiento y desplazamiento, no incluye las pausas largas para alimentación y esperas.

Cuadro 10. Distribución porcentual de los tiempos efectivos totales por actividad y por código de tala

Actividad	Tipo de Tala				
	Normal	Boca ancha	Corte punta	Cable (322)	Otros
Preparación	7.9	4.6	5.8	2.2	1.3
Desrame-troceo	17.7	15.3	27.7	14.9	2.7
Derribo	54.4	74.4	49.3	68.6	86.6
Mantenimiento	11.1	0	12.9	10.7	6.0
Desplazamiento	8.9	5.7	4.3	3.6	3.4
Total	100	100	100	100	100

En la Figura 11 se representa la distribución porcentual de los tiempos de la actividad de tala para el método de apeo normal que fué el que en mayor grado se aplicó, y donde se observa mejor la distribución de tiempo por cada una de las actividades.

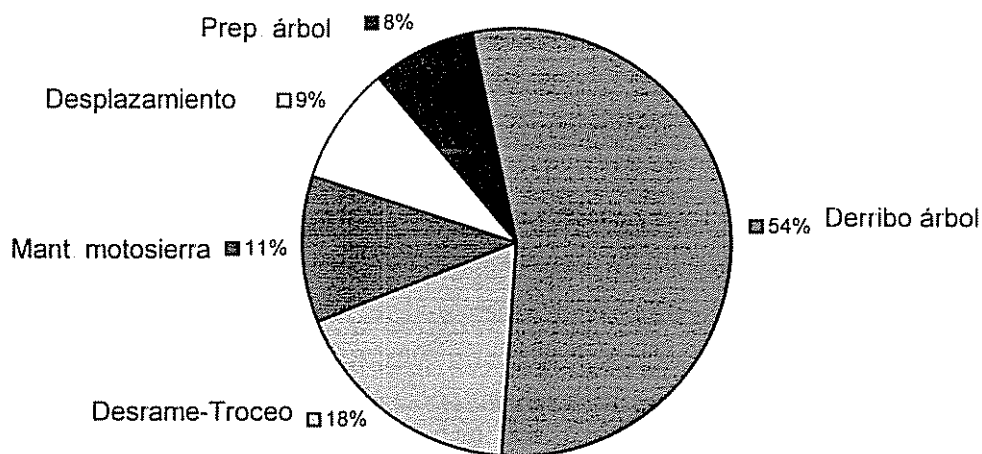


Figura 11. Distribución de los tiempos efectivos en las diferentes actividades de la tala (método de tala normal).

El Cuadro 11 presenta los valores de tiempo promedio por árbol para cada código de tala utilizado, sin embargo se ha de indicar que ésta no es una información explicativa de la situación que se puede utilizar para sacar conclusiones determinantes, ya que en los distintos métodos de tala, los diámetros de los árboles cortados fueron diversos (ver anexo 5). Esto es debido a que los criterios utilizados para la marcación de los árboles no se basaba en un diámetro determinado, sino en criterios cualitativos.

Cuadro 11. Tiempos promedios de corta para los diferentes métodos, sin considerar el diámetro de los árboles (para 4.1 ha).

Métodos de Tala	Arboles Cortados (n)	Tiempo Total (minutos)	Tiempo promedio (minutos/árbol)	Mínimo (min)	Máximo (min)	CV %
Normal	122	2027.24	16.62	0.84	113.7	125.4
Boca ancha	4	106.34	26.58	.28	75.0	122.9
Corte de punta	53	2051.1	38.70	3.7	230.9	94.0
Con cable	6	489.86	81.64	16.0	229.4	66.0

*No se toman en cuenta los árboles aprovechados que se cayeron ni aquellos métodos de tala con sólo un árbol cortado.

Se podría obtener un promedio general para todos aquellos métodos de corta en los cuales no se hace necesario utilizar cables y aquellos en los que sí se utiliza este aditamento, los resultados serían los siguientes.

Cuadro 12. Duración promedio de la corta por árbol con el uso de cables y sin cable, sus máximos, mínimos y coeficiente de variación

	Tiempo	Mínimo	Máximo
Tiempo promedio sin cable ¹ (min/árbol)	23.38	1.0	96.1
Tiempo promedio con cable ² (min/árbol))	103.01	36.5	243.8

En éste cuadro se nota la gran diferencia que existe entre las dos opciones (sin cable y con cable), lo cuál es importante considerar, ya que a veces va a ser necesario relacionar los costos de la tala y su rentabilidad con respecto a los daños que se producirán al utilizar un método de corta determinado, o sea que tan rentable me resultará utilizar más de 60 minutos para cortar un árbol con el fin de provocar el menor daño posible al bosque o si me resulta mejor no cortar los árboles en los que es necesario utilizar cables.

El Cuadro 11 nos muestra diferencias de tiempo de tala entre los diferentes métodos, e incluso se encontraron diferencias en el tiempo promedio por árbol entre las parcelas, para un mismo código de tala. Esto nos da la idea que los métodos de tala difieren en lo que se refiere al tiempo de duración de la corta de los árboles.

A la vez, se encontraron diferencias en el tiempo de tala para un mismo método en las dos parcelas, por ello es que si se grafica el número de árboles y área basal aprovechada en las parcelas, se obtiene la figura 12; en la cual se nota que a pesar que se cortaron menos árboles en la parcela 11 que en la parcela 10 (83 contra 117), él área basal fué mayor. Esto se explica en que en la parcela 11 se cortaron más árboles de las clases diamétricas altas, por lo cual también, el tiempo de tala es mayor en ésta parcela (ver anexo 5).

¹ Incluye Métodos 1,3 y 4

² Incluye Métodos 121,322,422 y 413.

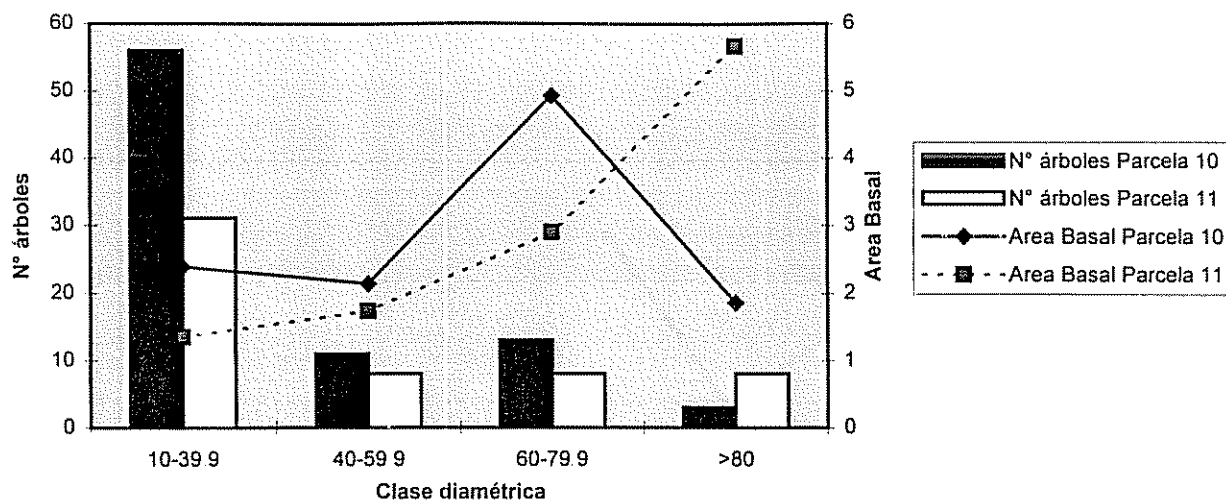


Figura 12 Distribución del número de árboles y área basal cortados en las parcelas

Si se calculan los tiempos promedio por cada clase diamétrica según el tipo de tala se obtendría la siguiente información.

Cuadro 13. Promedio de tiempo de corta (en min) por árbol según el diámetro para cada tipo de tala.¹

Tipo de tala	Clase de diámetro							
	10-19.9	20-29.9	30-39.9	40-49.9	50-59.9	60-69.9	70-79.9	+ 80
Normal	4.22	10.08	21.33	23.52	29.54	36.38	43.22	
Boca ancha	5.28	9.03	16.98				75.05	
Corte punta		5.03	15.59	16.51	31.72	35.53	52.05	66.43
Con cable		29.28			115.21	58.43	87.65	170.07

Es importante observar que para diferentes métodos de tala (excepto cuando se usa cable) y para árboles de un mismo diámetro; el tiempo de duración de la corta es similar, y éste aumenta a medida que el diámetro de los árboles a cortar aumenta.

Si se graficaran éstos resultados, para el caso de los métodos de tala que tienen mayor número de datos, en éste caso el corte normal, de punta y con cable, se obtendrían las curvas mostradas en la Figura 13, donde se observa que las curvas se entrecruzan, lo cual da la idea que los métodos de corta son diferentes.

¹ Se utilizaron los datos observados, por ello hay algunas clases que no tienen valores

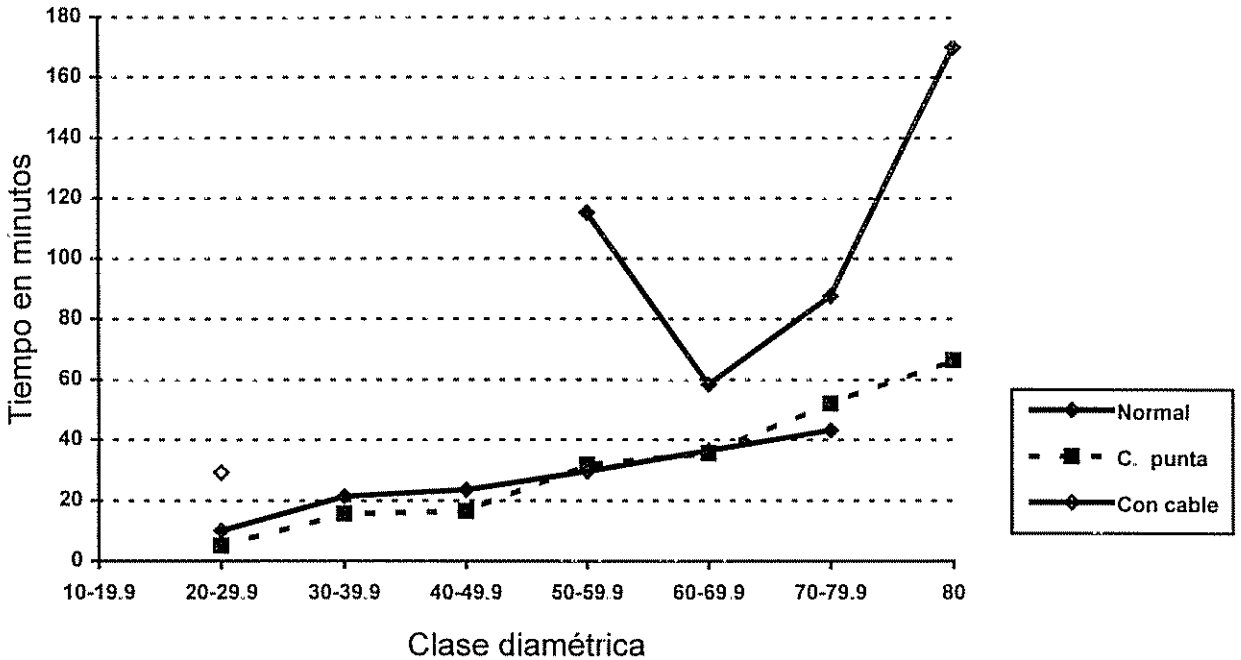


Figura 13. Representación de los datos de tiempo obtenidos para la labor de corta

6.2.1 Comparaciones estadísticas de los métodos de corta

En base a los resultados observados, se procedió a realizar un análisis de varianza a través de la opción proc GLM del programa estadístico SAS, con el fin de conocer si realmente los métodos de tala diferían estadísticamente en lo que respecta a la duración de tala de los árboles. Los valores de tiempo se ajustaron por la covariable diámetro, que fue la variable que determinaba en mayor grado el tiempo de duración de corta de los árboles.

Se tomó como hipótesis nula de que la duración de la corta con los diferentes tipos de tala es igual; contra la hipótesis alternativa, que los tipos de tala son diferentes en lo que respecta al tiempo de duración de la corta. Como los supuestos para esta prueba no se cumplían al utilizar los datos crudos, se hizo una transformación de los datos de tiempo y diámetro a través de la función: $\log(\text{variable}) + 1$.

Los resultados de la prueba F , permiten concluir que cuando se utiliza el tiempo total de la corta para realizar la comparación, los tipos de tala difieren en lo que se refiere al tiempo de duración de la corta para árboles de un mismo diámetro. Por ello, al obtener los valores de la prueba F , para conocer las diferencias entre los diferentes tipos de tala, se

presentan diferencias significativas entre todos los métodos, por ello la hipótesis nula es rechazada y se acepta la hipótesis alternativa que indica que los métodos de tala difieren en lo que se refiere al tiempo de duración de la corta (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados de la prueba t para los distintos métodos de tala respecto a la duración total de la tala de los árboles (coeficiente correlación en paréntesis).

Métodos de tala	Normal	Corte de punta
Corte de punta	-2.01225 (0.0457)	
Con cable	2.070174 (0.0399)	3.117973 (0.0021)

Una prueba no paramétrica (Wilcoxon), también fue usada para tratar de obtener mejor información. El resultado también demuestra que existen diferencias entre los métodos, los resultados completos se pueden observar en el Anexo 6.

Como tala se había dividido en cinco actividades, de las cuales la actividad de derribo o corta, correspondía al tiempo necesario para cortar el árbol una vez que éste ya estaba preparado hasta que éste estuviera ya volteado y listo para ser troceado. Se aplicó una nueva prueba f , con el fin de conocer si había diferencias entre los métodos tomando solamente esa actividad.

Los resultados obtenidos muestran que si hay diferencias entre los métodos donde no se utiliza cable en relación a los métodos donde si se utilizó cable para direccionar la caída de los árboles (ver cuadro 15), sin embargo entre los métodos de tala sin uso de cable (normal y corte de punta), no existen diferencias.

Cuadro 15. Resultados de la prueba t para los distintos métodos de tala respecto a la duración de la actividad de derribo de los árboles (coeficiente correlación en paréntesis).

Métodos de tala	Normal	Corte de punta
Corte de punta	-1.51642 (0.1311)	
Con cable	2.410033 (0.0169)	3.16726 (0.0018)

Como se observa en el Cuadro 14 y 15, si se toma el tiempo total utilizado en la labor de tala para hacer la prueba T , los resultados indican que hay diferencias entre los distintos

métodos de tala en lo que se refiere a la duración de la actividad, sin embargo si solo se toma el tiempo de derribo o apeo específicamente, no se presenta diferencia en los métodos donde no se utilizó cable (método normal y corte de punta). Es de indicar que los datos fueron transformados para que se cumplieran los supuestos para realizar el análisis de varianza.

6.2.2. Modelos de regresión

Con los datos obtenidos en el campo, se podrían construir modelos de regresión del tiempo necesario para cortar un árbol utilizando un tipo de tala determinado.

Como se dijo anteriormente, hay diferencias entre los tipos cuando se comparan éstos por la duración total de la actividad de tala, por ello se expresan aquí 3 modelos para los tipos de tala más utilizados y uno aplicado a todos los tipos de tala, los cuales tienen aplicabilidad únicamente cuando se trabaja en éste tipo de bosques.

Los modelos resultantes y su representación gráfica serían:

Modelo General $\text{LnTiempo} = -3.01 + 1.59 \text{ Ln dap} \quad (R^2 = 0.67)$

Modelo corte normal $\text{LnTiempo} = -2.84 + 1.54 \text{ Ln dap} \quad (R^2 = 0.58)$

Modelo corte de punta $\text{LnTiempo} = -4.20 + 1.84 \text{ Ln dap} \quad (R^2 = 0.63)$

Modelo uso de cables¹ $\text{LnTiempo} = -4.85 + 2.25 \text{ Ln dap} \quad (R^2 = 0.83)$

donde Ln tiempo = logaritmo natural del tiempo (en min)
 dap = diámetro a 1.3 mt (en cm).

Cuando se hace una prueba de normalidad para éstos modelos, el análisis de residuos nos muestra una distribución normal de ellos, lo cual hace válido la aplicación de esos modelos en el sentido que no hay sesgo en la estimación (Anexo 6). Para la modelación, se descartaron algunos datos que constituían valores extremos en la duración de la operación de corta. Estos valores casi siempre se relacionaban a aquellos árboles en los que el código de tala hacía necesario el empleo de "winch para direccionar la caída de éstos, pero éste debía ser colocado cerca de la copa del árbol, por lo que ésta operación conllevaba mucho tiempo (en algunos casos se necesitó más de tres horas para talar un árbol).

¹ Todos los demás Códigos de Tala

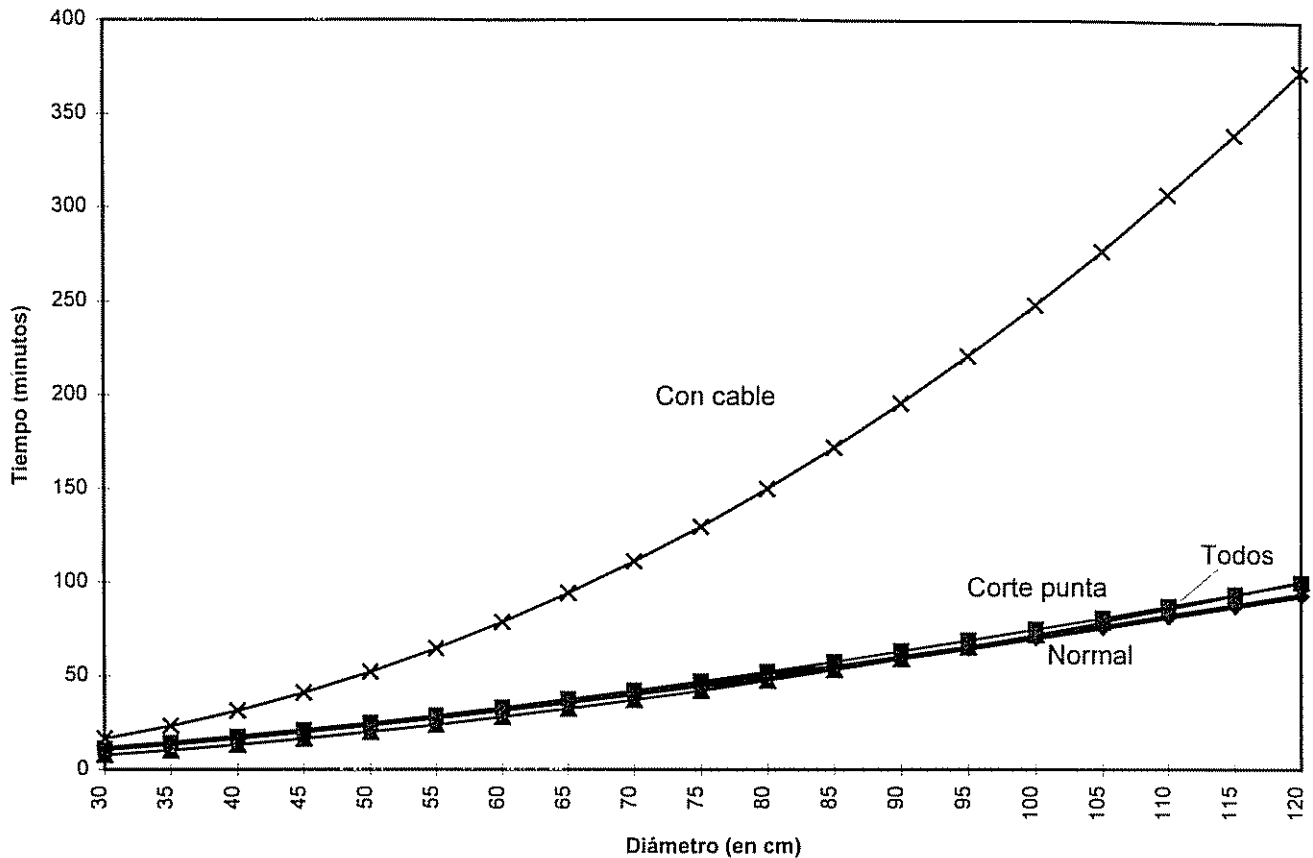


Figura 14. Representación de las curvas de tiempos totales de corta en base a los modelos obtenidos.

6.2.3. Rendimiento por unidad de área y tiempo

En el Cuadro 16, se muestran las diferentes clases de tiempos obtenidos en las labores de corta para éste tipo de intervención. Para obtener esas relaciones se ha de considerar que el tiempo total trabajado en las dos parcelas con sus bordes, fue de 141.41 horas, de las cuales se trabajó efectivamente en 85.24. Es de mencionar que la cuadrilla estaba constituida por dos personas, y la intervención se realizó sobre 4.1 ha que comprendían las parcelas con sus bordes, esto significa 20.8 hrs de tiempo efectivo/ha (para toda el área). Del total de tiempo utilizado, 92.89 horas fue utilizado en el área efectiva.

Cuadro 16. Datos de tiempos totales y efectivos obtenidos en la labor de corta en la intervencion silvicultural de l area demostrativa en villa mills (cuadrilla de 1 operador + ayudante).

	Tiempo total (hrs)	Tiempo efectivo (hrs)
Promedio (ha)	46.44	27.89

En el Cuadro 16 se nota como hay diferencias muy grandes para el tiempo total y el tiempo efectivo cuando se evalúa éste dentro de las parcelas lo cual se debe a que no se contabilizaron los descansos y tiempos no efectivos.

Los tiempos efectivos incluyen todo tipo de trabajo relacionado a la corta de los árboles, incluye mantenimiento y afilado de la cadena, limpieza y mantenimiento de la espada, llenado de tanques de gasolina y aceite, traslados de un árbol a otro y desrame principal de los árboles

Cuadro 17. Volúmenes totales y comerciales obtenidos en la intervencion silvicultural en Villa Mills (dap \geq 30 cm dap)

	Vol. Total (m ³)	Vol comercial (m ³)	Smalian (m ³)	PMT ^{a1}
Promedio (ha)	179.88	79.06	69.03	57.32

^a Pulgadas madereras tica (1 m³=352 pmt).

Para comprender el cuadro anterior, se debe saber, que el volumen total era aquel volumen obtenido a través de la cubicación con el modelo de la DGF (Dirección General Forestal), para todos los arboles que se aprovecharon utilizando como referencia la altura total; el volumen comercial se refería al volumen aprovechado con referencia a la altura comercial, el volumen por Smalian calculado a través de la formula $V = \pi/4(dap_1^2 + dap_2^2) \times L$, explicada en el acápite de antecedentes era el volumen alistado en trozas y PMT es el volumen en pulgadas madereras ticas, en éste caso el valor que aparece en la tabla ya está transformado a m³ para poder comparar si hay similitud o diferencias con respecto a los otros valores.

Observando el Cuadro 17, se nota una gran diferencia entre el volumen obtenido según la fórmula para el volumen comercial y total, explicado en el hecho que muchos árboles, principalmente los árboles de menor altura, tenían una mala forma o se encontraban bifurcados a muy baja altura por lo que el volumen comercial era bajo e

¹ Medida muy utilizada en Costa Rica, consiste de una regla de 1 x 1 pulgada por 4 varas de largo.

incluso nulo. También hay grandes diferencias entre el volumen comercial y el calculado a través del método de Smalian, lo cual es debido a que muchos árboles que se cortaron, no fueron aprovechados como madera, ya que estaban podridos o se quebraban a la hora del aprovechamiento, o bien al final no era rentable aprovecharlos como madera sino, como leña.

Con los datos de volumen y tiempos obtenidos anteriormente se podría llegar a los rendimientos en la labor de corta para las diferentes condiciones, lo cuál se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Rendimientos totales y efectivos de la labor de tala en la intervención silvicultural de los robledales de Villa Mills Costa Rica (cuadrilla de 1 operador + ayudante).

	Rendimiento (m ³ /hora) por tiempo total			Rendimiento (m ³ /hora por tiempo. efectivo)		
	Volumen total	Vol. Comercial ^a	Volumen Smalian ^b	Volumen total	Volumen. Comercial	Volumen Smalian
Promedio (ha)	3.92	1.73	1.52	6.45	2.82	2.45

^a Volumen cubicado con fórmula DGF para árboles en pie utilizando altura comercial

^b Volumen cubicado en trozas por fórmula de Smalian, luego de la corta.

Se incluye la columna del rendimiento para el volumen total debido a que hay situaciones en que éste valor (volumen total) es conocido y se pueden hacer inferencias respecto a que tiempo necesitaríamos para aprovechar un área determinada, donde se tienen un volumen determinado con anticipación.

El rendimiento por el volumen calculado por Smalian es importante, ya que aunque hay muchos factores que determinan al final de la labor, el volumen aserrable realmente obtenido, se puede usar de referencia éste dato para situaciones similares.

Para corroborar que tan diferente eran los resultados cuando se tomaban los datos para únicamente los árboles mayores a 60 cm dap, asumiendo que éste era el diámetro mínimo de corta de un aprovechamiento comercial y se calculaban los rendimientos; se obtenía información mostrada en el Cuadro 19.

Cuadro 19 Rendimientos de la labor de corta para los árboles mayores a 60 cm dap (cuadrilla de 1 operador + ayudante).

Parcela	Volúmenes (m ³)		Tiempo Efectivo ^A	Rendimientos (m ³ /hora)	
	Vol. Total	Vol. Comercial		Vol total.	Vol.Comerc
Promedio (ha)	136.74	62.59	48.02	2.85	1.30

^A Tiempo efectivo en horas por parcela y bordes.

Se nota que los rendimientos para el tiempo efectivo de volumen comercial, es menor a la situación que se da cuando se toman todos los árboles, lo cuál hace pensar que la razón de los rendimientos bajos es debida mas que todo a los cuidados extremos que se aplicaron en éste tipo de intervención que provocó que los tiempos fueran mayores, éstos fueron aun mayores cuando los árboles eran gruesos y por ende los rendimientos por jornada menores.

Esto se ve influenciado tambien en el hecho que hay que considerar en la sumatoria del tiempo efectivo de trabajo se han sumado los tiempos utilizados en los tipos de corta que daban valores extremos de tiempos como es el caso cuando se usaba cables para direccionar la caída de los árboles. Aquí hay que hacer mención otra vez que lo más importante ante esta intervención era provocar el menor daño posible al bosque.

Si agrupamos los tiempos utilizados para la corta de los árboles mayores a 60 cm y los desglosamos segun las actividades, obtendríamos lo siguiente

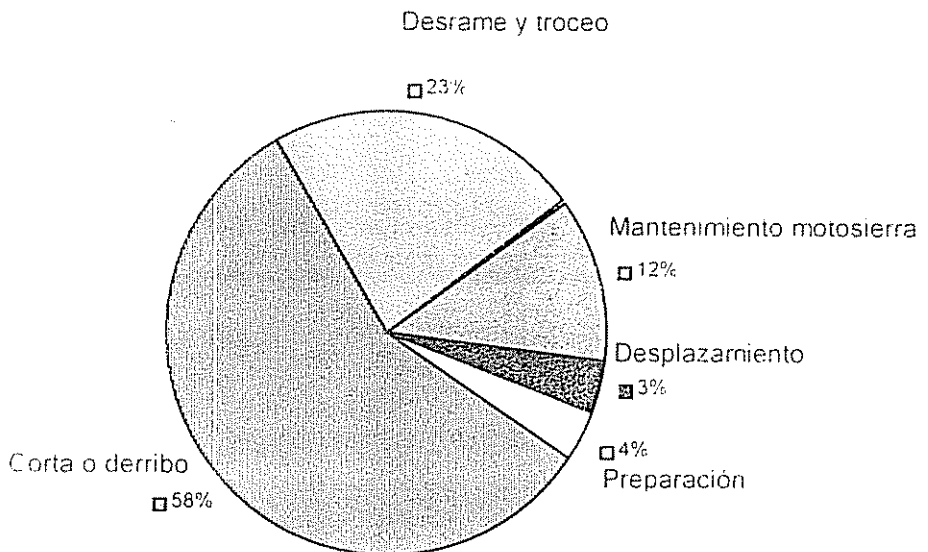


Figura 15 Distribución de los tiempos de las actividades de corta para los árboles mayores a 60 cm de dap.

Se nota en éste caso que la actividad que conlleva mayor tiempo es la actividad de derribo, al igual que en el caso donde se estudió a todos los árboles. O sea se puede asumir que, la distribución del tiempo en las diferentes actividades en las que dividió la tala es el mismo no importe la clase de diámetro que tenga el árbol a cortar.

Si utilizamos el nomograma de la Figura 3 e introducimos los valores obtenidos, tanto para la intervención tomando como referencia todos los árboles cortados como para los árboles con dap mayores a 60 cm, se podrían ubicar los rendimientos esperados (según el estudio de FAO), como sigue:

Valores obtenidos

Trozas por árbol= 2.39

Tiempo efectivo diario= 4.8 hrs

Diámetro promedio para todos los árboles cortados= 39.52

Diámetro promedio para los árboles mayores a 60 cm dap= 74.48

Los valores obtenidos para el caso de los árboles mayores a 60 cm son muy diferentes por las razones mencionadas anteriormente. no así los rendimientos cuando se toman todos los árboles cortados, ya que el diámetro de los árboles por ser bajo hace que así sean los resultados finales. Para el caso cuando se toman todos los árboles, el rendimiento teórico es similar (2.84 m³/hora datos de campo, 3.7 m³/hora según nomograma) Hay que considerar para esta situación, el objetivo propio de la intervención

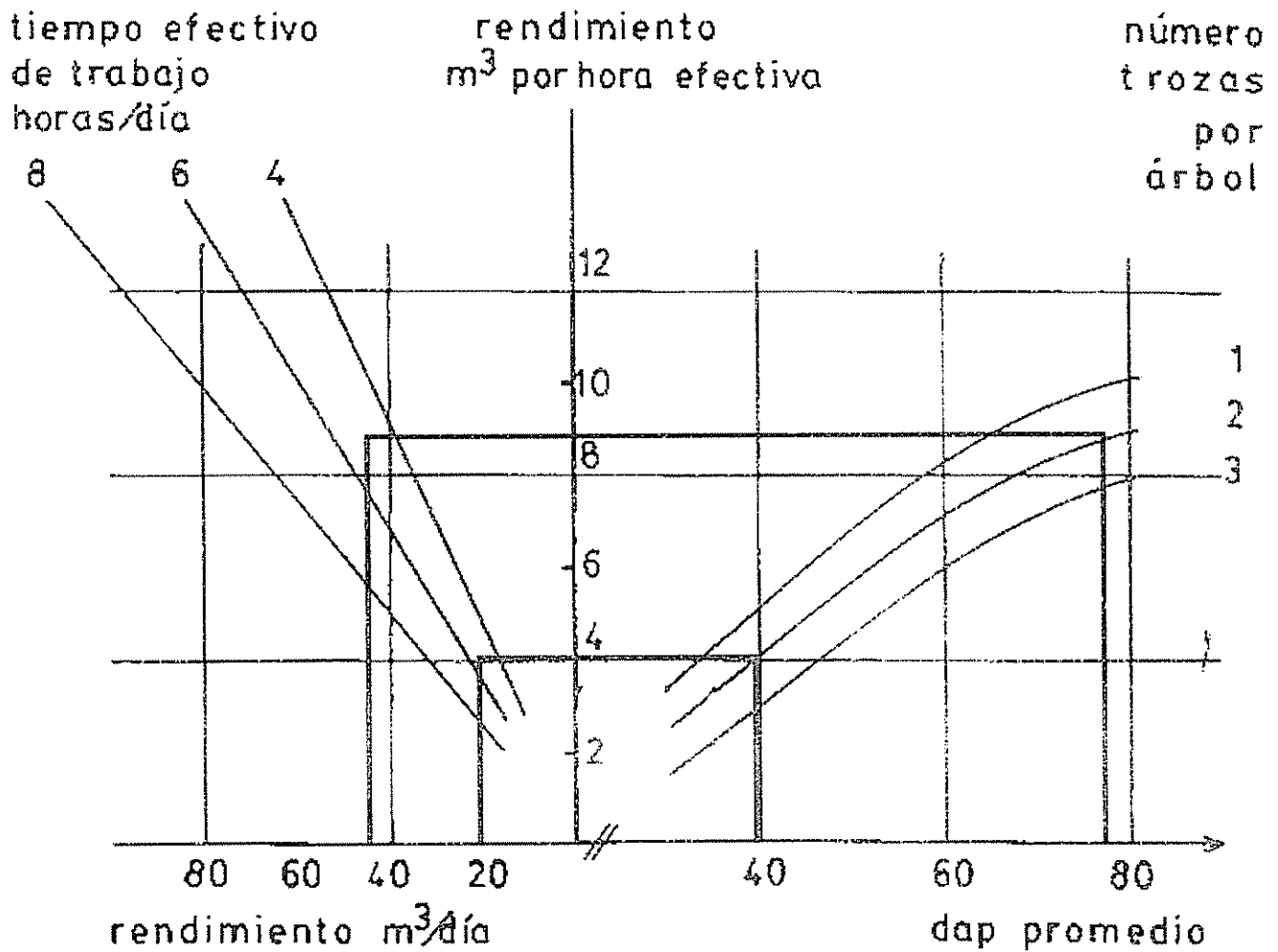


Figura 16. Nomograma del rendimiento en la labor de corta en los bosques tropicales y la representación del rendimiento teórico a obtener en base a resultados del bosque estudiado

6.3. Inventario de daños

Todos los árboles mayores a 10 cm dap fueron inventariados antes de la intervención y se les colocó una placa numerada, con el fin de evaluar los daños a través del reconocimiento del árbol y la especie; a la vez, se marcaron todos los árboles a cortar (mayores a 30 cm dap). La intensidad de daño se clasificó a través de clases definidas con anticipación e incluidas en la metodología.

6.3.1 Distribución del número de árboles y área basal dañada por clase de daño

Se ha de mencionar que en las dos parcelas (excluyendo los bordes), se dañaron a la hora del aprovechamiento 143 arboles mayores de 10 cm de dap, esto da como resultado que por hectárea fueran dañados aproximadamente 70 árboles como se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20 Distribución en número y porcentaje de los árboles mayores a 10 cm dap dañados en la intervención silvicultural.

Clase Daño	Dañados/ha ^a (n/ha)	% del total ^b	AB/ha ^a (m ² /ha)	% del total ^b
Severos (1)	33.5	6.6	0.86	1.9
Moderados (2)	9.5	1.9	0.56	1.2
Leves (3)	28.5	5.6	3.54	7.9
Total	71.5	14.1	4.96	11.0

^a promedio de las parcelas

^b porcentaje del promedio total en las dos parcelas (ver cuadro 7).

Se nota que el daño severo (1) es el principal daño en lo que refiere al número de árboles afectados, sin embargo, el área basal que representa ese tipo de daño no es tan grande como el daño leve (3), lo cual es ventajoso, ya que esto nos indica que los árboles que son afectados por éste tipo de daño son los de diámetros pequeños y como se vio anteriormente en esas clases diamétricas el número de árboles es alto, por ello aunque sean destruidos algunos, siempre quedaran otros que podrán seguir creciendo y ser manejados

Como se mencionó, la clase de daño que más área basal afectó, fue el daño leve, o sea, aquel daño del cual los árboles se podrán recuperar. Se nota que el número de árboles afectado por éste tipo de daño es menor que los afectados por el daño severo, esto se

debe a que muchos árboles son de las clases diamétricas altas, lo que en sí es una ventaja, debido a que los árboles grandes tendrán mayor capacidad de recuperación que si éste se presentara en un árbol pequeño. La distribución del área basal afectada se nota mejor en la Figura 17

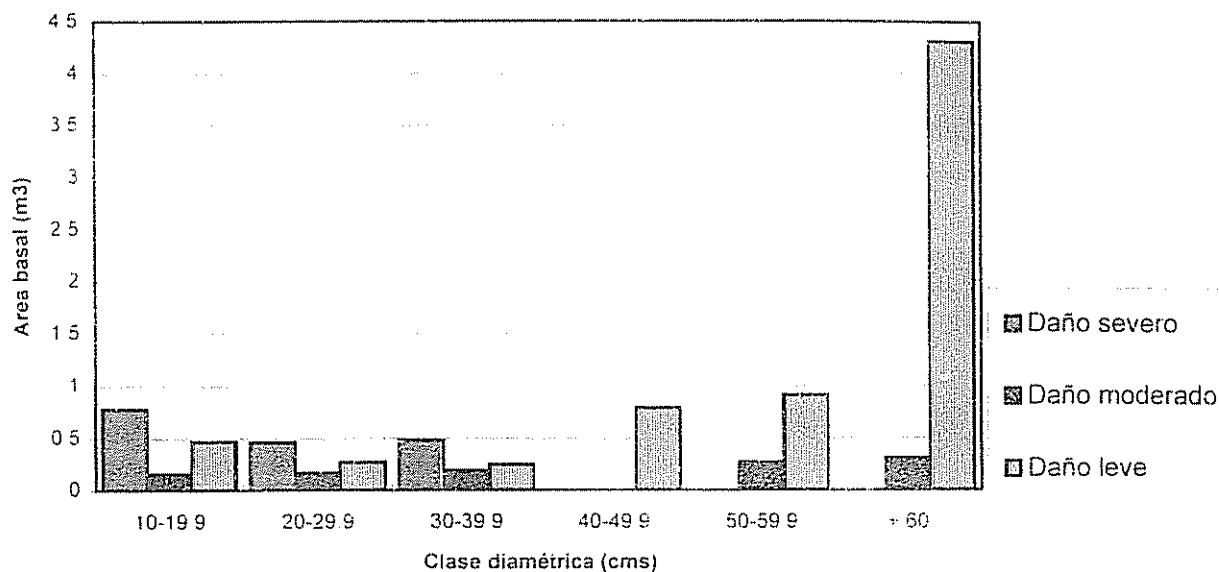


Figura 17 Distribución del área basal dañada en las parcelas por clase de daño producido

En la figura 18, se observa la distribución de los árboles dañados en las diferentes clases diamétricas, observándose que las clases más propensas a sufrir daños son las de menor diámetro

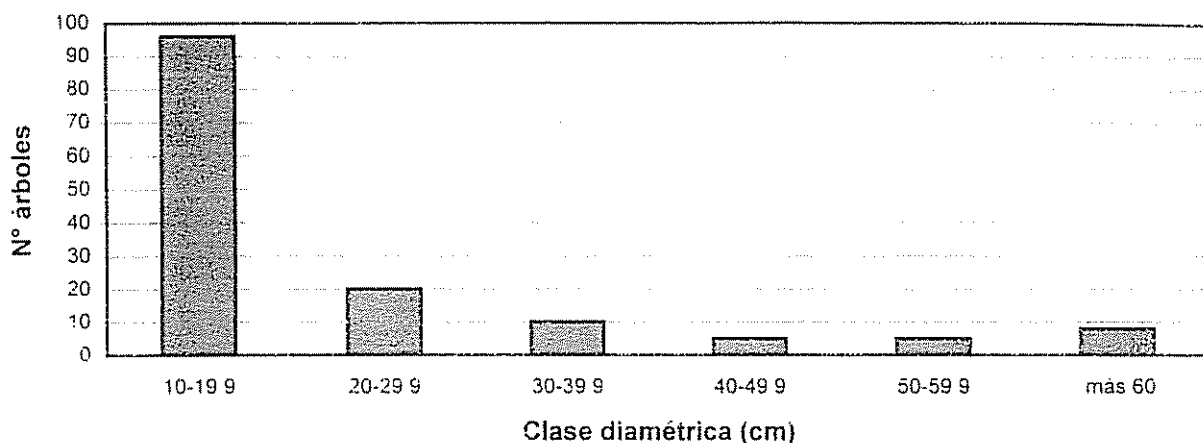


Figura 18. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea dañados en la intervención silvicultural.

Es importante conocer cuanto afectó la tala las diferentes clases diamétrica, para lo cuál se puede hacer referencia a las Figuras 19 y 20. En ellas se nota como hay una gran diferencia en lo que respecta a las clases afectadas por la tala de los árboles en las dos parcelas, es por ello que se presentan aquí los datos obtenidos de ambas parcelas en forma separada para poder explicar la situación presentada.

Así, mientras que en la parcela 10 la mayor disminución de árboles talados se dio en la clase diamétrica de 40 cm, en la 11 ésta disminución fue mayor en la clase diamétrica de más de 60 cm de dap, esto a la vez provocó mayores daños en la parcela 11 y por ende una mayor disminución en el número de árboles con respecto al total inicial.

También se nota como debido a la corta de árboles más grandes en la parcela 11, el tipo de daño leve está presente en mayor cantidad en los árboles de las clases altas.

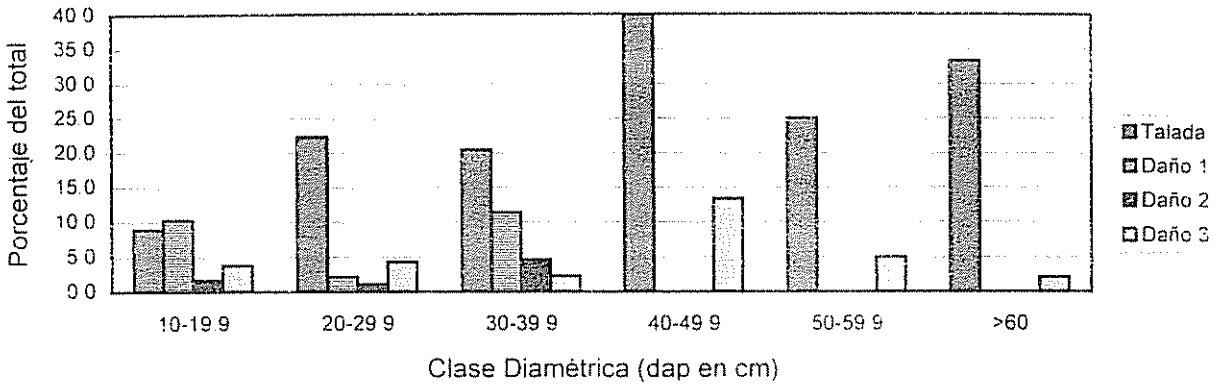


Figura 19. Proporción de los árboles con respecto al número inicial de árboles en cada clase diamétrica (parcela 10).

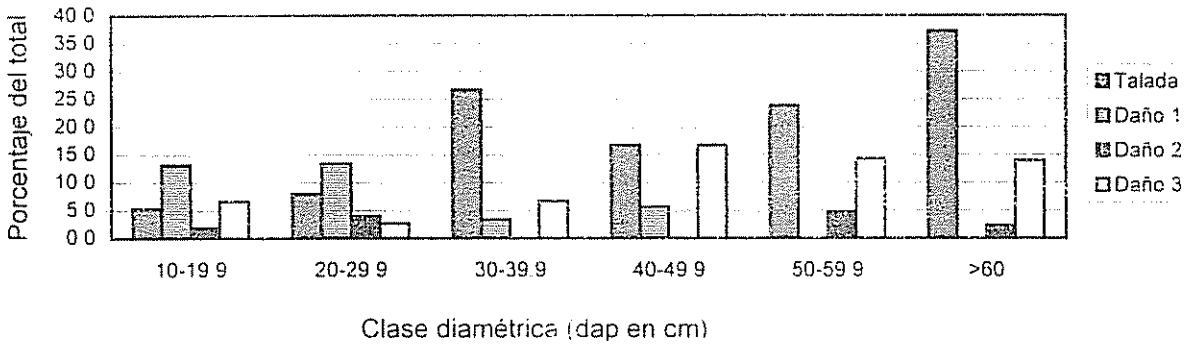


Figura 20. Proporción de los árboles con respecto al número inicial de árboles en cada clase diamétrica (parcela 11)

Cuadro 21. Resumen de daños en la intervención silvicultural.

	Parcela 10	Parcela 11
Arboles/ha antes corta	513	505
Area basal/ha antes corta (m ² /ha)	49.01	40.14
Arboles cortados (AC)	83	55
Dañados/ha ¹ (D)	65	78
Relación (D/AC)	0.78	1.42
Area basal dañada (m ² /ha)	2.707	7.21
% daño del área basal	5.52	17.96
Arboles muertos/ha ²	37	30

Con esos datos se podría hacer una comparación con respecto a la primera intervención realizada en 1991, cuyos resultados se incluyeron en los antecedentes. Se nota que la intervención en la parcela 10, es similar a la intervención realizada al 30% en el año 1991, y si se comparan los daños producidos, estos son muy similares.

En lo respecta a la parcela 11, ésta se parece a la intervención al 20% del 91, sin embargo los daños producidos son mayores lo cual se explica como se vio (figura 12), en el hecho que el diámetro promedio y altura de los árboles cortados en ésta parcela es superior a los obtenidos en la parcela 10. Lo anterior se muestra aún mejor, cuando se dibuja el comportamiento del área basal en las diferentes etapas del aprovechamiento (ver figura 21).

¹ Cada parcela tiene una área de 1 ha

² Daño 1

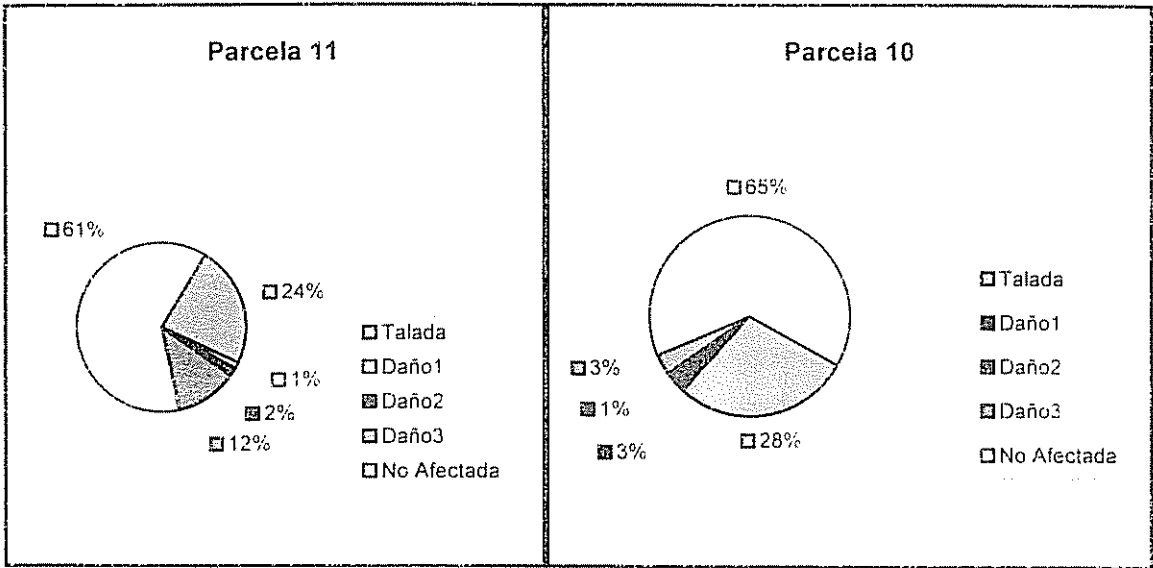


Figura 21 Datos área basal cortada y dañada en la intervención silvicultural (1994)

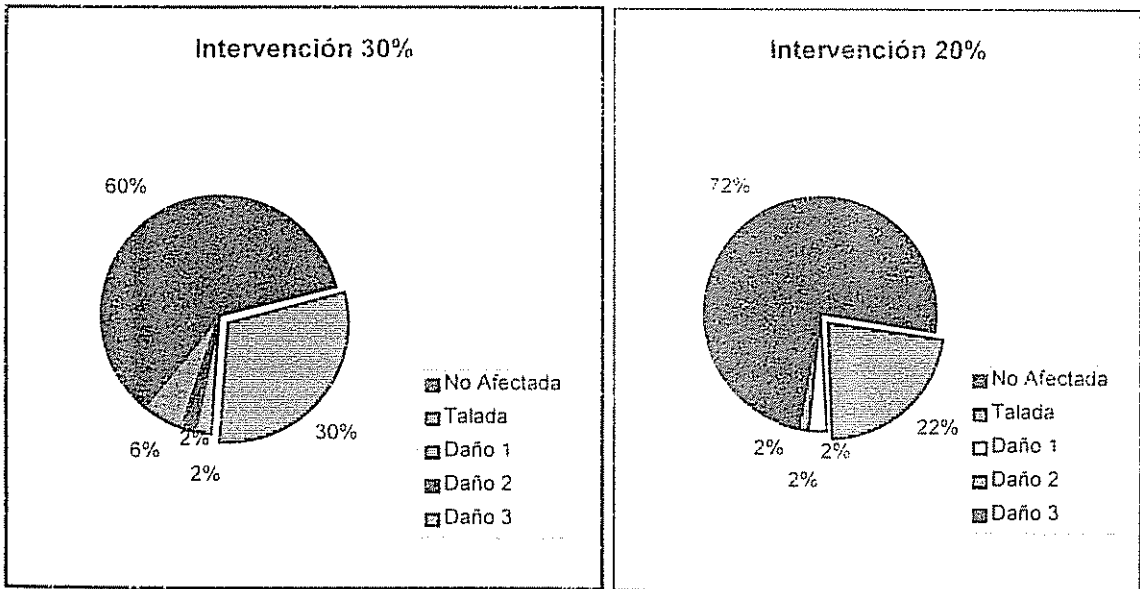


Figura 22. Datos de área basal cortada y dañada en la intervención silvicultural de 1991. Tomado de Beek (1993)

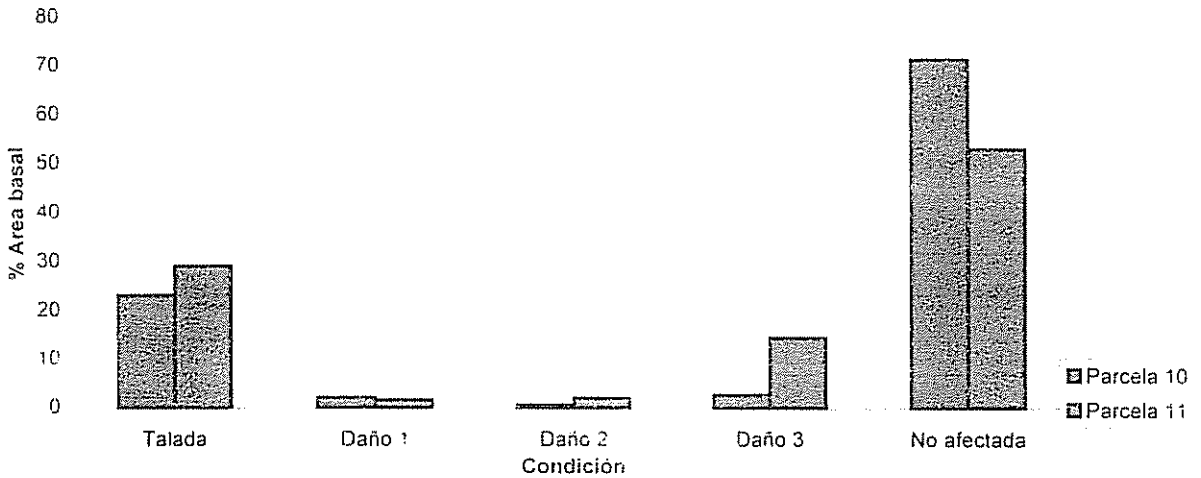


Figura 23 Distribución porcentual del área basal en la intervención silvicultural

Eso sí, éstos valores de área basal sin daño obtenidos en las dos parcelas son muy superiores a los observados por Nicholson (1958) en North Borneo y los mismos de Jonkers (1987) en Surinam, los cuales con aprovechamiento en área basal menores causaban un daño de hasta 40 % de los árboles remanentes (17 árboles dañados por árbol cortado)

6.3.2. Correlaciones de daños

Se conoce que el daño o claro que produce un árbol al caer está relacionado principalmente al tamaño y forma de la copa, la altura del árbol y el diámetro (Henderson, 1987; Bertault y Sist, 1995). Como se aplicaron diversos métodos de tala se quería conocer si para cada uno de ellos había diferencias en lo que se refiere el número de árboles y área basal dañada. Por ello se hicieron correlaciones de las variables que se midieron, a través del programa estadístico SAS, relacionándolas al área basal dañada y también al número de árboles para cada uno de los métodos de tala empleados y se obtuvo los siguientes resultados.

Para observar la relación del daño con la forma de copa, se tabularon los datos obtenidos según como se muestra en el Cuadro 23, observándose que no hay una relación directa entre la forma de copa y el número de árboles dañados.

Cuadro 22 Distribución del número de árboles mayores a 10 cm dap. dañados según el tipo de copa

Forma de copa ¹	Daño Severo	Daño Moderado	Daño leve	Total ²	Relación Ac/Ad ^A
Perfecta	0	1	2	3	1
Buena	45	15	38	98	1.17
Tolerable	52	17	52	121	1.29
Pobre	7	1	6	14	1.42
Muy pobre	0	0	0	0	0

^A número de árboles dañados dividido entre los árboles cortados con la clase de copa correspondiente.

Cuadro 23. Coeficiente de correlación de las variables medidas versus árboles y área basal dañada en la labor de tala para todos los métodos de tala (nivel de significancia entre paréntesis).

Variable	Tot.Arb. dañados.	Total.AB Dañada
Diámetro	0.64787 (0.0001)	0.5617 (0.0001)
Htotal	0.61118 (0.0001)	0.5331 (0.0001)

Se observa en éste caso, que los daños que se producen, están muy correlacionados al diámetro y la altura total del árbol cortado, las otras variables medidas (forma de copa, fuste), no tenían relación a los daños.

Como no se encontró diferencias significativas en los diferentes tipos de tala se procedió a realizar una prueba de correlación entre las diferentes variables y el tipo de daño producido, agrupando con antelación el número de árboles dañados en cinco clases y a la vez agrupando los tipos de tala en sólo tres códigos (normal, corte de punta y con cable (1,4 y 9 respectivamente) Como el diámetro y la altura son variables continuas, se empleo un prueba de correlación con el comando Proc corr de SAS, encontrándose que al igual que cuando se hizo en forma general, las dos variables tienen alta significancia o correlación en lo que se refiere a las 3 clases de daños.

En el caso de las variables Codcopa y Codfuste se empleo el coeficiente de Spearman ya que éstas son variables nominales cualitativas encontrándose que ninguna de ellas guarda correlación con los tipos de daños establecidos (ver anexo 7)

¹ Adaptado de Uganda Silvicultural Research Plan 1959-1963

² Se refiere al total en las dos hectáreas

Para los métodos de tala, que son variables nominales no cualitativas, se empleo el método de Proc Freq y Chi Cuadrado, a continuación se detallan los resultados obtenidos de ésta última salida de la correlación. Para ello se utilizó la agrupación de los métodos de tala citados anteriormente. El método normal y corte de punta agrupaban el 95% de los datos y 9 que agrupaba a todos los métodos de tala donde se utilizó cable.

Se hizo una prueba de frecuencia general para relacionar los árboles cortados con el número de árboles dañados clasificándolos por tipo de daño (ver descripción en metodología); las salidas del programa eran similares a la mostrada en el cuadro 24 para cada uno de los tipos de daños, sin embargo, como la relación es similar aquí sólo se explicará la salida tomando como referencia el número total de árboles dañados y no el tipo de daño, para mayor información respecto a las otras salidas se puede consultar en el anexo 7.

Cuadro 24. Frecuencias de Arboles cortados y su clasificación según la clase de árboles dañados.

Clases de Arboles Dañados¹

Frecuencia								
Porcentaje del total								
% Fila		0	1	2	3	4	5	Totales
%Columna								
C	1	83	15	11	7	4	2	
O		43.92	7.94	5.82	3.7	2.12	1.06	122
D		68.03	12.30	9.02	5.74	3.28	1.64	64.55
I		86.46	42.86	47.83	70	33.33	15.38	
G								
O	4	7	17	12	3	7	7	
S		3.7	8.99	6.35	1.59	3.7	3.7	53
		13.21	32.08	22.64	5.66	13.21	13.21	28.04
		7.29	48.57	52.17	30	58.33	53.85	
T	9 ²	6	3	0	0	1	4	
A		3.17	1.59	0	0	0.53	2.12	14
L		42.86	21.43	0	0	7.14	28.57	7.41
A		6.25	8.57	0	0	8.33	30.77	
Total		96	35	23	10	12	13	189
		50.79	18.52	12.17	5.29	6.35	6.88	100

Aunque el programa brinda una precaución respecto a los resultados obtenidos, si se observa el cuadro 24, se nota como la gran mayoría de los árboles cortados con el

¹ Las clases de daños eran: 0=0; 1:1-3; 2:4-6; 3:7-9; 4:10-12 y 5 más de 12

² Todos los demás métodos de tala

método de tala normal (83 de 122), no dañaron ningún árbol lo que es lo mismo que decir que un 68% de los árboles cortados con éste método no dañaron ningún árbol; en cambio en los otros métodos aunque se cortaron menos árboles, el porcentaje de los árboles que no dañan ningún árbol, es menor.

Si se agrupan los resultados, se podría hablar de que en el método de tala normal, apenas un 20% de los árboles cortados con éste método dañaron más de 3 árboles, mientras que para el código de tala de punta y con cable, éstos valores eran de 65 y 45% respectivamente.

Para comprobar lo anterior, se puede relacionar los árboles cortados en los diferentes tipos de tala versus los árboles dañados, los resultados se expresan en la Figura 24, donde se observa que el tipo de tala normal es el que tiene la relación árbol cortado/árbol dañado más baja

Relación AC/AD

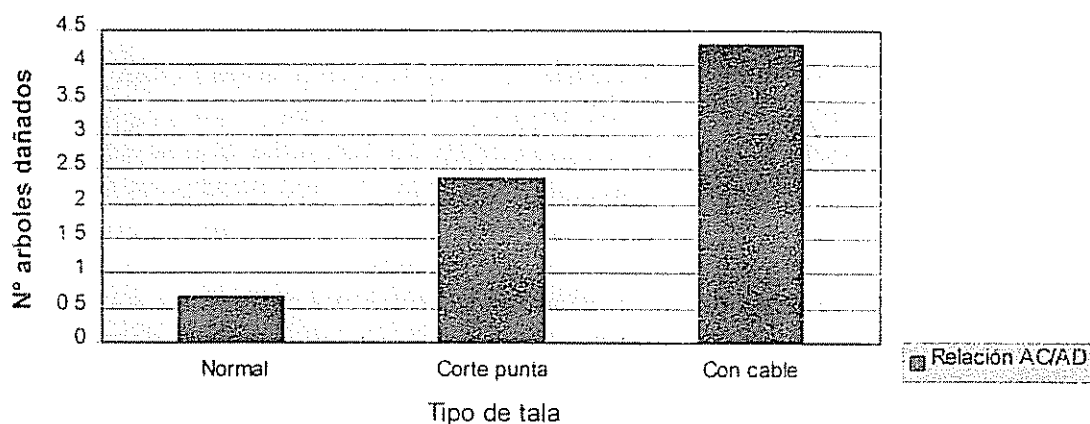


Figura 24. Relación de los árboles cortados/árboles dañados según el método de tala utilizado

También, es notable como los métodos de tala en que se utilizó cable tienen la relación AC/AD más altas, lo cual es debido a que generalmente esos árboles eran de gran tamaño y por ello se usaba cable con el fin de disminuir los daños que éstos producirían si se cortaran con los métodos comunes (normal, boca ancha o de punta)

6.3.3. Enfoque de los daños

Se podría tabular los tipos de daños provocados por los árboles cortados para conocer hacia donde se enfocan principalmente esos daños. Los resultados se encuentran expresados en el Cuadro 25, donde se nota que la corteza es la parte de los árboles

remanentes que más es afectada a la hora de la corta. Incluso cuando se toma el área basal, se nota que el valor mayor se da en los árboles dañados en esa misma parte, lo cual se explica en el hecho que estos daños están enfocados principalmente hacia los árboles grandes, y es provocado por el roce de las ramas o fustes de los árboles que caen en los árboles de los alrededores.

Cuadro 25. Distribución de los árboles dañados, según la parte afectada

Tipo Daño	Nº Árboles/ha	Area Basal (m ² /ha)
Corteza	18.5	2.46
Copa	16.5	1.46
Ambos	3.0	0.09
Daño severo (1)	33.5	0.86

6.3.4. Efectividad de la clasificación de daños

Como se indicó en la metodología, los daños producidos se clasificaron en tres clases (severo, moderado y leve), asumiéndose que en el daño severo el árbol muere, en el daño moderado la situación no es muy clara, ya que el árbol puede o no morir y en el daño leve se asume que el árbol se recupera después de un tiempo y puede seguir su normal crecimiento.

Por ello, se evaluaron los árboles dañados para conocer el estado de éstos después del aprovechamiento, los resultados se expresan en el cuadro 24, donde se nota que para el caso de los árboles con daño severo, nueve de los árboles que se consideraban muertos habían rebrotado seis meses después de realizada la intervención silvicultural y dos años después son 15 árboles los que aún permanecen con vida del total de árboles afectados con el daño severo.

Para los árboles dañados con el tipo de daño moderado, seis meses después de la intervención se habían muerto seis árboles y dos años después eran ocho los árboles muertos del número original afectado con ésta clase de daño. En el caso del daño leve las cifras eran de solamente dos y cuatro árboles muertos en los dos períodos.

Cuadro 26. mortalidad según tipo de daño de los arboles afectados en la intervencion silvicultural (para dos periodos de tiempo)

Situación	Daño severo	Daño moderado	Daño leve
Intervención silvicultural	100	0	0
6 meses después	87	32	3
2 años después	77	42	6

Lo anterior puede indicar que la clasificación de los daños en éste caso fue bastante acertada (habría que tener datos de comparación para decidir si fue del todo bien o no), ya que el porcentaje en las distintas clases es bajo. Hay que considerar eso sí, que pudieron existir otros factores, principalmente para las clases de daños moderado y leve, que influyeran para que los árboles afectados por la tala, murieran.

6.3.5. Modelos de los daños

Como se mencionó anteriormente si se elabora una matriz de correlación, para determinar las variables asociadas al área basal dañada, se observó que la variable que más muestra correlación es el dap, pero el valor de correlación es bastante bajo (0.47).

Los diferentes tipos de tala empleados no explican de alguna manera el daño producido; a excepción del tipo de tala normal, en donde el dap y la altura se combinan para explicar en cierta forma el daño en área basal en el bosque. Esto se podría explicar como se escribió anteriormente, en que en la mayoría de los códigos de tala el árbol es bastante difícil de direccionar, con excepción del método de tala normal.

Cuando se corrige el área basal dañada por las covariables dap y htotal, se observa que no hay diferencias significativas entre los distintos métodos, por lo que se concluye que bajo condiciones de igualdad en cuanto a diámetro y altura, se producirá el mismo daño aplicando cualquier tipo de corta.

Si se construyen modelos con los datos obtenidos, tanto para el número de árboles dañados (las tres clases de daños), como para el área basal dañada, obtendríamos lo siguiente.

$$1. \text{ N}^\circ \text{ árboles dañados} = -0.58207 + 0.03186 * \text{dap} + 0.03423 * \text{htotal} \quad (R^2 = 39 \%)$$

$$2. \text{ Area basal dañada} = -0.03412 + 0.00182 * \text{dap} + 0.0016 * \text{htotal} \quad (R^2 = 33 \%)$$

6.4. Rendimiento en el arrastre

La información se obtuvo a través de un proceso de evaluación continuado. Para éste caso se dividió la actividad en etapas, con el fin de tomar el tiempo de arrastre seccionado: p.e. tocón-pista, pista-camino, camino-patio, etc

En total el número de ciclos medidos fue de 40; el número total de trozas arrastradas fue de 153 y el tiempo total utilizado (efectivo) fue de 2506 12 minutos (41.77 horas), el volumen dentro de las parcelas fue de 136.64 m³/2 ha (68.32 m³/ha).

Un resumen de los resultados aparece en el Cuadro 27, en el cuál se nota que el volumen promedio arrastrado fue de 5.26 m³/ciclo con un tiempo promedio por ciclo de 62.65 minutos; éstos valores nos dan un valor aproximado de 5.04 m³/hora como rendimiento en el arrastre. La distancia media de arrastre fue de 550 metros, que incluía la distancia desde dentro de la parcela hasta el patio o cargadero.

Cuadro 27. Resumen de rendimientos en el arrastre

Trozas/ ciclo	Volumen Arrastrado (m ³)	Volumen/ ciclo (m ³)	Distancia media (mt)	Tiempo/ ciclo (min)	Rendimiento		
					m ³ /hora	m ³ /día ¹	hrs/ha
3.82	210.52 ²	5.26	550	62.65	5.04	30.24	13.56

Existen algunos ciclos que son extremos en lo que se refiere a la duración del ciclo de arrastre, y esto es debido a que se tuvo que utilizar polea para evitar que las trozas o el cable pasaran rozando otros árboles y pudieran dañarlos, por ello, si eliminamos éstos datos y obtenemos rendimientos con los ciclos restantes se obtendría la siguiente información:

Volumen por ciclo= 5.17 m³.

Tiempo por ciclo= 54.82 minutos.

Rendimiento por hora= 6.51 m³/hora

Rendimiento por día= 39.06 m³/jornada.

Esto nos indica que si no se usa polea para evitar dañar los árboles remanentes el rendimiento por día aumenta en 10 m³. Sin embargo esto no se puede considerar una desventaja ya que habría que hacer un estudio más detallado para determinar si los costos de extracción en que se incurre al utilizar poleas se compensa o es menor que el costo de recuperación de los árboles que se dañan si éstas no se utilizan (valor de sustitución).

Si se desglosan los tiempos de arrastre según las diversas etapas o actividades, se observa que la fase o actividad que conlleva un mayor tiempo es la del arrastre en la pista y camino (ver Cuadro 28), y esto se explica en el hecho que se utilizó una distancia media de arrastre de aproximadamente 547 metros. También, el tiempo de arrastre de

¹ Considerando una jornada de 6 horas efectivas

² Incluye las dos parcelas

las trozas únicamente con el uso del "winch" desde el lugar de corta dentro del bosque hasta la pista de arrastre es alto. Es de citar que en la mayoría de los aprovechamientos practicados en los países tropicales éste tiempo es casi nulo, ya que el tractor entra al área de la parcela y amarra la troza para luego arrastrarla hasta el patio, pero en ésta acción produce mucho daño, lo cual fue una de las acciones que quiso evitar en éste caso.

Cuadro 28. Desglose de tiempos en la labor de arrastre.

Fase Arrastre	Abrev	Tiempo Total (min)
Viaje Vacío	R-R	358.80
Amarre de tucas	A-A	363.14
Arrastre en la parcela (wincheo)	P-P	444.78
Arrastre borde parcela-final camino	P-C	752.81
Arrastre final camino-patio	C-P	312.88
Descarga de tucas	D-D	153.27
Tiempo muerto ¹	TM	68.88
Otros ²	Otros	51.53
Total		2506.12

Para ésta situación, el tractor raras veces fue utilizado para otras labores que no fuera el arrastre, ya que anteriormente se había realizado una buena planificación de la red vial con el fin de que ésta se mantuviera por largo tiempo, y por ello no aparecen tiempos de mantenimiento de caminos o empujar camiones.

Si se quisiera sacar la relación del desplazamiento del tractor cargado, en las diferentes fases, se obtiene lo siguiente:

Cuadro 29. Caracterización de algunas fases del arrastre

Fase	Tiempo/ciclo	Distancia promedio	Velocidad desplazamiento
Arrastre en parcela	11.12 min	12.7 m	1.15 m/min
Arrastre en pista	18.82 min	498.1 m	25 m/min
Arrastre en camino	7.82 min	36.4 m	4.55 m/min

¹ Se refiere a aquellos tiempos en que no hubo actividad productiva

² Incluye poner polea, cortar tocón, acomodar tucas, etc

Es notable en el cuadro anterior, el hecho que aunque se había planificado que la distancia de arrastre iba a ser de unos 40 ó 50 metros (ese era el largo del cable del winch), en la realidad ésta fue muy baja (12.73 dentro de la parcela).

El desglose de los tiempos efectivos se observa mejor en la figura siguiente.

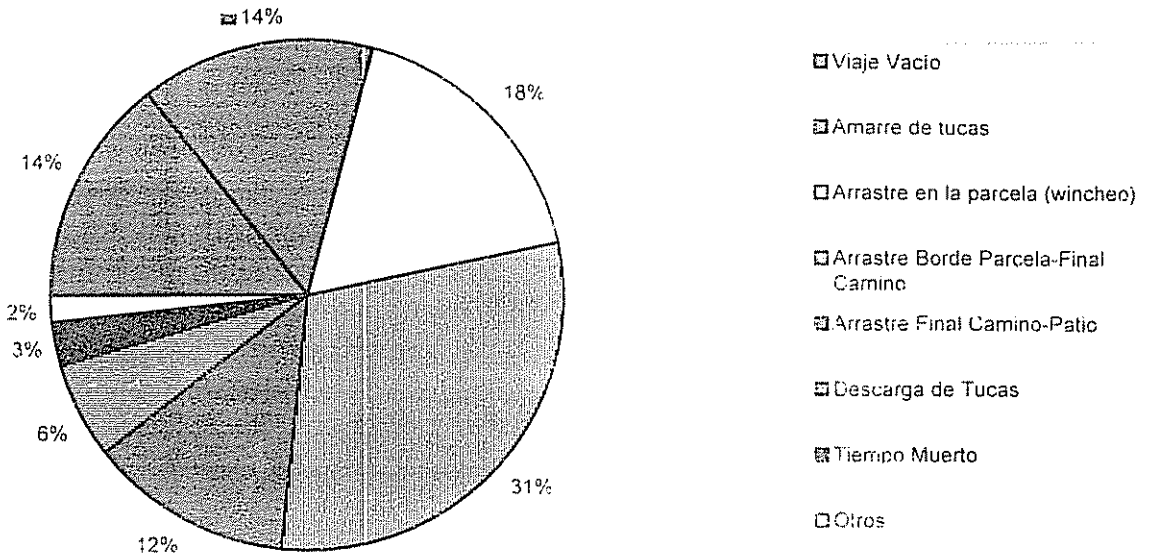


Figura 25 Distribución de los tiempos del arrastre

6.4.1 Modelación del arrastre

Con los datos de los ciclos se podría obtener un modelo para determinar el tiempo promedio de duración de los ciclos de arrastre para sitios similares al estudiado. El modelo que más se ajustó fue el siguiente:

$$TC = 0.068511 * D + 4.743135 * Nt \quad (R^2 = 91 \%)$$

donde

- TC= Tiempo por ciclo en minutos
- D= distancia en metros.
- Nt= número de trozas por ciclo

Es de indicar que para darle validez a éste modelo se aplicó a través del paquete estadístico SAS, una prueba de normalidad, donde se observó que los residuos se comportan de forma normal, por lo cual se puede comprobar que el modelo es válido para ser usado en la determinación del arrastre de trozas en éste tipo de bosques. Los resultados de ésta prueba se pueden observar en el anexo 9, en el cual se observa también que el valor de autocorrelación (Durbin Wattson) no se encuentra muy alejado

del valor 2, o sea no hay autocorrelación; lo cual se explica en que la medición realizada fue puntual y no se comparo con otra realizada anteriormente.

6.4.2 Rendimiento teórico

Se podría utilizar el nomograma para realizar una comparación de los rendimientos esperados (según FAO), utilizando los datos obtenidos en ésta intervención; los resultados teóricos se muestran en la Figura 26.

Datos del arrastre

Distancia promedio de arrastre (metros): 550

Tamaño promedio de la carga (m^3): 5.26

Tiempo promedio por ciclo (minutos): 62.65

Tiempo efectivo por jornada (horas)¹: 6

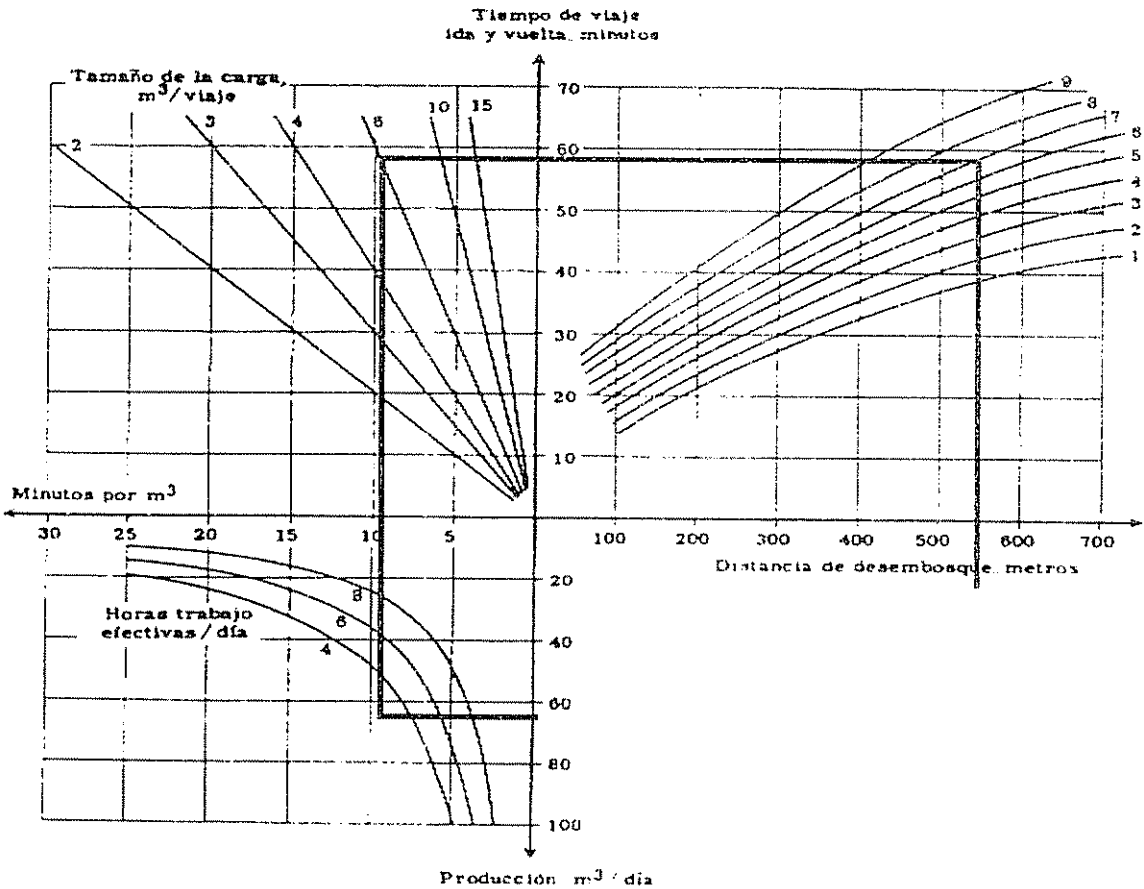


Figura 26. Determinación de los rendimientos del arrastre según nomograma de FAO, a partir de resultados obtenidos

¹ Una jornada equivale a 8 horas. El tiempo efectivo obtenido fué de 6 horas

Para el uso del nomograma se utilizó la curva de masa 8, ya que en este caso se ajustó el método por el uso de poleas, las cuales no eran consideradas en la generación de el nomograma. Se nota que bajo las circunstancias descritas, se debería de obtener un rendimiento diario de aproximadamente $40\text{m}^3/\text{día}$ para una jornada de 8 horas y un tiempo efectivo de 6 horas.

6.5. Cuantificación volumétrica

El volumen de los árboles se calculó antes de la labor de corta a través del modelo que sugiere la DGF para éstos tipos de bosques. Como se quería probar que tan exacto es ese modelo, se calculó de nuevo el volumen de los árboles una vez cortados a través del método de Smalian. Para ello, se marcaron las trozas con el número del árbol y un dígito que indicaba los número de troza de cada árbol.

También se calculó el volumen a través del método de PMT (pulgadas madereras ticas) para realizar la comparación múltiple. Los datos obtenidos se pueden observar en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Resultado de la cubicación del volumen en las parcelas intervenidas, con tres métodos diferentes

Método	Volumen Comercial (m^3)		
	DGF	Smalian	PMT
Parcela 10	70.93	54.94	46.89
Parcela 11	82.57	81.70	67.76
Promedios	76.75	68.32	57.32

Con los datos obtenidos de la cubicación de los árboles, se procedió a realizar una comparación entre el volumen obtenido por Smalian y el modelo utilizado para el cálculo del volumen en pie. Este se realizó a través de una comparación de medias con el uso del programa SAS. Los resultados nos muestran que entre el modelo de la DGF y Smalian no hay diferencias significativas; en cambio las restantes comparaciones nos dan diferencias significativas entre ellos (ver anexo 9).

También es notable observar las diferencias entre el método de PMT y Smalian, la cual es de hasta un 20% menos de volumen, lo cuál viene a asegurar el hecho que con el método PMT hay una subestimación del volumen como lo menciona Ortiz (1993), y éste es mayor, a mayor longitud de las trozas medidas.

Si se hace un análisis de regresión para obtener un modelo utilizando como variable dependiente cualquiera de los dos volúmenes obtenidos y utilizando como independiente la otra, el modelo así obtenido tiene un R^2 muy alto, lo cual indica que los volúmenes (en este caso los métodos de cuantificación de volúmenes son similares (ver también anexo 9)

La prueba de Chi-cuadrado también nos dice que las diferencias entre los métodos es un valor muy bajo y por lo tanto la probabilidad que sean iguales es alta.

Aunque la disponibilidad de datos para obtener modelos de regresión más confiable, no fue la deseada, se obtuvo un modelo para el cálculo de volumen en éste tipo de bosque. Se probaron varios modelos pero el que mayor R^2 mostró fue el siguiente:

$$\text{LnVol} = -2.290403 + 0.040978 \cdot \text{dap} + 0.040738 \cdot \text{hc} \quad R^2 = 84 \%$$

donde:

Invol= logaritmo natural del volumen (m^3).

dap= diámetro del árbol a una altura de 1.3 metros (cm).

hc= altura comercial del árbol medido (m).

Debido a la presencia de dos variables (múltiple) al modelo se le hizo una prueba para determinar si existía colinealidad entre las variables, autocorrelación y si los residuos se comportaban de forma normal. Respecto a la colinealidad, se observó que no hay; en cuanto a la autocorrelación, se observó que ésta es casi nula. En cuanto a la normalidad, se observó que los residuos tienen una distribución normal, lo cuál se nota en la figura incluida en el anexo 10. Por ello se puede decir que el modelo al cumplir los supuestos se puede utilizar para éstas condiciones

Con el modelo obtenido, se puede construir una tabla de volumen que pueda ser utilizada en éste tipo de bosque, la cual se incluye en el anexo 10

7. Discusión de resultados

7.1. Caracterización de la intervención silvicultural

Si se observan los datos de la abundancia de las diferentes especies y la distribución del área basal en el cuadro 7, no se podrían clasificar rígidamente las parcelas intervenidas, dentro de alguno de los dos tipos de bosque definidos por Blaser y Camacho (1991), ya que aunque el roble está presente en mayor proporción que las otras especies su predominancia no es tan definida.

Con base a el número de árboles y área basal presente en las parcelas de las diferentes especies, se puede asumir que las especies que tienen un Índice de Valor de Importancia (I.V.I) mayor, son el encino (*Quercus costaricensis*) y el Roble (*Quercus copeyensis*), por ello es que a nivel de resultados, las dos especies que más representación tienen tanto en área basal aprovechada como dañada, son esas dos.

El valor de área basal aprovechado se puede considerar bajo para éste tipo de bosque, donde es posible encontrar sitios hasta con 52 m²/ha. ésto si lo comparamos con los parámetros permisibles para el aprovechamiento de bosques de bajura en los cuales es permitido aprovechar hasta el 60% del volumen de los árboles mayores a 60 cm dap, lo cual por observaciones propias llega a alcanzar algunas veces, valores de hasta 40% del área basal existente, la cual muy pocas veces llega a sobrepasar unos 30 m²/ha. Entonces, si se aplicara esa misma regla en éstos bosques, el valor de área basal sería mucho mayor que el valor que realmente se aprovechó.

7.2. Rendimientos en la tala y el arrastre

La distribución de tiempos en la labor de corta debería mostrar un mayor porcentaje en la actividad de derribo, que es la que determina al final de cuentas el rendimiento; en éste caso, se observó que ésto se cumple. Hay que hacer hincapié que ésta distribución de los tiempos, es la situación óptima que debe tratarse de obtener cuando se realiza un aprovechamiento forestal, ya que así se logran mayores rendimientos por unidad de tiempo.

Se observa en los cuadros 11 y 12, que los tipos de tala normal y corte de punta fueron los que se aplicaron en el 95% de los casos, además que el tiempo promedio de corta varía para cada uno de los métodos. Además se observa para los tipos de tala donde se usó cables, que la diferencia de tiempo en la duración de la corta era muy grande.

Se ha de mencionar, que el uso de cables no es una técnica muy utilizada en los aprovechamientos forestales, debido principalmente a la dificultad de instalación y el incremento de los costos de explotación. A pesar de ello, se mencionó en los antecedentes, que éstos bosques poseen grandes fuentes de agua que sirve para la producción de energía eléctrica, además de abastecer de agua potable a una gran proporción de habitantes del Valle Central en Costa Rica, por ello fué que se utilizó cables para direccionar la caída de los árboles, aunque su uso se restringió a apenas un 4% del total de los árboles cortados.

En éste caso, si se hiciera un análisis financiero a un tipo de explotación en ésta área utilizando cables, no resultaría tan rentable; sin embargo si éste análisis se hace a nivel macro, la rentabilidad podría ser alta, debido a los beneficios ecológicos, culturales y socioeconómicos para el país que significaría que la explotación sea de bajo impacto.

Las diferencias de tiempos para un mismo código de tala en las dos parcelas intervenidas (anexo 5), se puede explicar en el hecho que en la parcela 11 la mayoría de los árboles cortados (54%) eran de diámetros mayores a 40 cm, mientras que en el caso de la parcela 10 estos correspondían a apenas un 35% de los árboles cortados dentro de la parcela. Esto puede observarse mejor en la Figura 12. Esto se pudo también comprobar en la descripción del área basal extraída, donde se notó que a pesar de que el número de árboles aprovechados en la parcela 11 es inferior que en la 10, el área basal es similar (ver cuadro 8)

Cuando se hace el análisis estadístico para comparar los distintos métodos de tala, se encuentra que, tomando el tiempo total, existen diferencias significativas entre todos los métodos, sin embargo, si sólo se toma la actividad de derribo, las diferencias sólo se presentan entre los métodos de tala con el uso de cable y los que no se usó cable, por lo tanto, a un nivel de significancia del 5%, se puede concluir que existen diferencias en el tiempo de corta para los diferentes métodos cuando se toma el tiempo total (ver también figura 14); pero si se toma únicamente la actividad que difiere en el tiempo para cada tipo de corta utilizado, (tiempo de derribo), las diferencias solo se dan entre los métodos con cable y sin cable (ver también anexo 6).

Del cuadro 16 se nota que el porcentaje de tiempo que los trabajadores en realidad están desarrollando actividades específicas del aprovechamiento (tiempo efectivo), da en promedio un 60%, valor éste que se considera bajo si se compara con valores como 77% obtenido por Carrera (1993), en la zona Atlántica del país. Hay que indicar, que ese autor consideró los "descansos merecidos" dentro del orden de los tiempos suplementarios que incluía el mantenimiento de la motosierra y el desplazamiento entre árboles, el cual a la vez era incluido para el cálculo de los rendimientos; en éste caso el tiempo efectivo incluía las cinco actividades en que se dividió la operación de tala y esos tiempos no se tomaron en cuenta por lo cual, esa puede ser una de las razones por las que el porcentaje de tiempo efectivo es menor.

Entre algunas razones que pueden explicar los bajos porcentajes del tiempo efectivo se pueden mencionar la presencia de lluvia horizontal (mucho neblina) y también la presencia de algunos aguaceros aislados durante la época en que se tomaron los datos lo cual hizo que se tuviera que suspender las actividades hasta que las condiciones mejoraran o bien hasta el día siguiente. Además que en la ejecución de las labores se tomaban todas las previsiones debidas ya que se quería causar el menor daño posible al bosque; y esto es quizás la gran diferencia entre este tipo de intervención y un aprovechamiento comercial común (aprovechamiento actual).

En base a los resultados del cuadro 18, y asumiendo que la jornada de trabajo es de 8 horas/día (5 horas efectivas), esto viene a dar un rendimiento diario (tomando el volumen comercial como base), de apenas unos 14 m³, (el tiempo de trabajo efectivo es el 60% del tiempo total), lo cuál es bajo cuando se comparan éstos valores con datos brindados por otros autores para rendimientos de tala con base en el tiempo efectivo para cada uno de los casos, como FAO*¹ 1974, (25-60 m³/día), Cordero 1992 (entre 45-65 m³/día) o Christiansen* 1986 (30-60 m³/día). Para Surinam, Hendrison (1987), cita valores de 31.8 m³/día para una corta convencional y de 45.9 m³/día* para un sistema de corta controlada.

A pesar de lo anterior, hay algunos aspectos que deben tomarse en cuenta al hacer ésta comparación, entre los que se pueden citar.

- ▣ El objetivo principal de la intervención realizada era mejorar la estructura y composición del bosque, por lo cual se cortaron muchos árboles que al final no contabilizaron volumen
- ▣ Se aplicaron técnicas cuidadosas de tala, tratando de perturbar en forma mínima el bosque remanente.
- ▣ Los valores brindados por esos autores corresponden a intervenciones cuyo objetivo principal era la extracción de madera con fines comerciales, por lo cual el diámetro mínimo de corta era alto (en la mayoría de los casos mayor a 50 cm DAP).
- ▣ Los estudios fueron realizados en bosques húmedos tropicales, los cuales difieren en muchos aspectos con respecto a los bosques montanos (robledales), principalmente en lo que se refiere al volumen presente por hectárea y porte de los árboles
- ▣ Árboles huecos o podridos fueron cortados con el fin de mejorar la composición del bosque.

¹ Las referencias con asterisco se refieren a rendimiento por cuadrilla de dos operadores

7.3. Análisis de daños

Observando el cuadro 20, se nota que el daño más representativo en cuanto al número de árboles se refiere, se manifiesta en aquellos árboles que no se podrán recuperar después del aprovechamiento (Clase de daño 1); lo cual viene a ser una desventaja ya que si lo que se desea es causar el menor daño posible al bosque remanente para que este quede en estado tal que pueda ser manejado, la muerte de muchos árboles afectará el desarrollo futuro de éste.

El hecho que en las clases diamétricas grandes el daño más común sea el de tipo 3, se explica en que cuando el árbol cae, la copa roza o golpea primeramente los árboles que ocupan la parte superior o inmediatamente inferior a la altura del árbol cortado, y generalmente éstos árboles al tener mayor resistencia sólo se le daña una o varias ramas, o la corteza, pero no mueren. En cambio, cuando el árbol cae al suelo golpea fuertemente a los otros árboles del dosel inferior y como éstos tienen poca área de exposición, son dañados fuertemente llegando incluso a la muerte.

Es importante referirse a la cantidad de árboles dañados en las diferentes clases diamétricas (ver figura 18). En el cuál se muestra como las clases diamétricas bajas son las más propensas a sufrir daños. Se nota que la clase diamétrica más afectada es la de menor tamaño (10-19.9), esto se explica por el hecho que los bosques naturales tienen una distribución diamétrica que se asemeja a una "j" invertida y por ende si hay un disturbio que cubra toda el área del bosque, en éste caso una intervención silvicultural afectará más a los individuos de mayor abundancia y en menor grado a los más escasos; esa es la razón por la que la distribución del número de árboles afectados se comporta de la misma forma.

Lo anterior fue corroborado por Jonkers (1987), y se comportó de la misma forma ya sea que el aprovechamiento se hiciera convencionalmente o con corta controlada.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el número total de árboles iniciales mayores a 10 cm DAP era aproximadamente de 500, y si a los árboles dañados (Clase 1), le sumamos los cortados (aproximadamente 100/ha), estaríamos hablando de una disminución de apenas un 30% en el número de árboles, lo cual es considerado bajo si se toma en cuenta que la abundancia de regeneración en los bosques de roble es alta.

El dato de daños obtenido por hectárea es muy inferior a otros resultados obtenidos en otras regiones (ver antecedentes), sin embargo se debe considerar que las referencias de comparación se han llevado a cabo en la mayoría de los casos en bosques húmedos tropicales, en los que la presencia de lianas puede servir como un factor que provoque más daños, ya que hay que considerar que en los bosques nublados la presencia de lianas es casi nula. Otros factores que pueden haber incidido son la forma y el tamaño de la copa de los bosques nublados (generalmente pequeñas)

Otro aspecto que puede haber favorecido la baja intensidad de árboles dañados puede estar referida al hecho que en la intervención aplicada se aplicaron técnicas cuidadosas de tala.

Observando el cuadro 23, se nota no hay una relación directa entre la forma de copa y el número de árboles dañados, lo cual puede deberse a:

-Las especies de los bosques montanos tienden a desarrollar copas no tan densas como los bosques de bajura, que son los sitios donde se han originado mucha de la literatura de daños del aprovechamiento.

-Los árboles cortados tienen diversas alturas y en éste caso se voltearon en primer lugar árboles de poca altura donde luego se voltearían otros árboles más grandes, por lo que el daño contabilizado para el árbol grande fue algunas veces menor que para el árbol pequeño y de copa de más mala forma.

-El objetivo de la intervención, esto es, se trato de cortar los árboles que mostraran más mala forma. Y por ende generalmente éstos tenían copas inferiores (3 ó 4).

-Muchas veces que el árbol tenía una copa muy ancha y buena forma, se utilizaban cables para tratar de direccionar la caída, e incluso se cortaban ramas superiores para disminuir los daños.

Quando se relacionan los métodos de tala con los daños producidos, a través de la relación árboles cortado/árboles dañados, se puede observar que el método de tala normal tiene una relación árbol cortado vs árbol dañado más baja. Esto se puede deber a que el sierrista tiene la posibilidad de direccionar el árbol hacia donde cause el menor daño posible, lo cual es más difícil de lograr en otros métodos de tala, por ejemplo el método de corte de punta, ya que el árbol presenta una inclinación natural que disminuye el rango de dirección de caída. Esta se podría considerar una limitante de éste método de tala, ya que si se desea ubicar el árbol en una dirección, esta posibilidad queda condicionada al grado de inclinación que tenga el árbol. Sin embargo se ha de considerar que los cortes que se realizan es para evitar que la madera se raje y pueda dañar el fuste o al operario.

Quando se elaboran los modelos para explicar los daños producidos, tanto en área basal como en el número de árboles, el coeficiente de correlación es bajo; ésto es debido a que hay otras variables que también pueden influir en el grado de daños al bosque remanente, entre las que se pueden mencionar el tipo de sotobosque, inclinación del árbol, pericia o experiencia del sierrista, etc; las cuales en éste caso no fueron tomadas en consideración.

7.4. Análisis del arrastre

Si se tienen datos que el volumen comercial a cortar en las dos parcelas era de alrededor de 238 m³, hay una diferencia de aproximadamente 30 m³ entre el volumen comercial cortado y lo aprovechado; esto se explica en el hecho que algunos árboles que se cortaron y contabilizó el volumen comercial, tenían un diámetro de apenas 30 cm y en algunos casos mala forma, por lo que al final no dieron un producto tal que fuera rentable su preparación para llevar al aserradero, también en el hecho que algunas de las trozas tenían grandes defectos o estaban podridas y por ello mejor se dejaron en el bosque.

Como se puede notar en éste cuadro 27, el rendimiento es de 30 m³ lo cuál está un poco más bajo del promedio obtenido a través del nomograma de por FAO (1967), sin embargo hay que considerar que éstos valores (FAO), fueron obtenidos en diversos bosques tropicales en donde características como la pendiente, precipitación, equipo utilizado, etc no son mencionados; además que los árboles arrastrados tenían un DMC¹ que generalmente no era menor de 50 cm; en cambio como se mencionó en el acápite de tala, el diámetro promedio para todos los árboles cortados en ésta intervención silvicultural era apenas de 39 cm por lo cuál se duraba más tiempo amarrando trozas para obtener una carga adecuada para el tipo de tractor utilizado en éste caso (CASE 1150).

Si se comparara con el rendimiento obtenido cuando se eliminan los árboles en los que se usó polea, éste rendimiento es bastante similar (un 90%). Esto nos indica que a pesar que el diámetro promedio de las trozas arrastradas para éste caso es menor que los diámetros de referencia utilizados para la construcción del nomograma de FAO (aunque la literatura no lo dice así, si indica que el nomograma fue producto de la toma de datos en diversos aprovechamientos comerciales en los cuales generalmente el diámetro mínimo de corta se establece en 50 ó 60 cm.); los rendimientos son similares, lo cual se debe a la buena planificación de la red vial que hizo que el tractor se ocupara únicamente de la labor de arrastre y no de abrir pistas o caminos. El rendimiento obtenido (30 m³/día) para el rendimiento total, es aproximadamente un 40% menor que el rendimiento teórico.

Del cuadro 29 y por observaciones propias en el campo, se deduce que a pesar que se había planificado muy bien la red vial con el fin que el tractor no ingresara a la parcela, esto no se cumplió a cabalidad ya que la distancia promedio de arrastre dentro de la parcela fue de aproximadamente 13 metros, lo cual debe ser tomado muy en cuenta para próximas intervenciones, ya que bien se conoce, que después de la tala, el arrastre (incluyendo todas sus fases y planificación), es el factor que provoca más daños en la actividad de aprovechamiento forestal.

¹ Diametro Mínimo de Corta

8. Conclusiones

- Cuando se toma el tiempo total empleado en la tala, se encuentran diferencias en la duración del tiempo de corta de los árboles con los diferentes métodos, lo cual implica que los rendimientos por unidad de tiempo sean diferentes.
- Si únicamente se toma el tiempo de derribo de los árboles (actividad 2), el tiempo de duración de ésta actividad es similar para los métodos de tala normal y de boca ancha, sin embargo es diferente para los métodos de tala cuando se utiliza cables.
- Aunque en la literatura se menciona que si hay relación entre el diámetro de copa y los daños producidos, para el caso en estudio se midió la forma de la copa, la cual no muestra relación a los daños producidos
- Existe una relación directa entre el dap de los árboles cortados y el numero de árboles y área basal dañada en éste tipo de intervención
- Con excepción de los métodos donde se utilizó cable, los métodos de tala no muestran diferencias significativas entre ellos en lo que respecta a los daños producidos.
- La posibilidad de que los árboles sean dañados o destruidos en una actividad de corta es diferente para las diversas clases de diámetro de los árboles presentes en un bosque
- Al comparar los daños provocados por la tala después de la intervención con los daños encontrados en otros aprovechamiento de bajo impacto y tradicionales y considerando las difíciles condiciones topográficas e hidrográficas encontradas, se concluye que el bosque evaluado presenta daños bastantes reducidos.
- Los rendimientos de corta y arrastre son altamente determinados por el tiempo efectivo de trabajo de la cuadrilla o máquina y éste está influenciado por la planificación previa de las actividades.
- La intensidad de área basal cortada determina el nivel de daño producido, como se puede observar cuando comparamos en las dos parcelas, el área basal cortada y dañada.
- Cuando se hace una tabla de frecuencia relacionando a los diferentes tipos de corta según los árboles cortados y el número de árboles dañados, el tipo de tala normal es el que muestra los valores más bajo, esto es el que causa menor daño.

- Los métodos de medición de madera por Smalian y el modelo utilizado actualmente para el cálculo de volumen comercial de madera en pie (recomendado por la DGF), brindan un volumen similar.

9. Recomendaciones

- Debe de profundizarse este estudio, con el fin de conocer la rentabilidad de la operación. Por lo cual debería de hacerse un estudio económico de la intervención silvicultural.
- Se debe de intentar realizar otra intervención tratando de aplicar los mismos criterios e intensidades de corta, con el fin de conocer el impacto de la capacitación en la disminución de daños y rendimientos y además tener parámetros de comparación bien definidos.
- El tipo de tala de corte de punta, presenta menor variabilidad en los tiempos de duración de la corta por ello es el método que más conviene aplicar en este tipo de actividad.

10. Literatura consultada

- Abdulhadi, R., Kartawinata, K.; Sukardjo, S 1981. Effects of mechanized logging in the lowland dipterocarp forest at Lempake, East Kalimantan. *Malaysian Forester* 44(2-3):407-415.
- Anaya, H.; Christiansen, P. 1986. Aprovechamiento forestal: análisis de apeo y transporte. San José, Costa Rica, IICA. 246 p.
- Beek, aus der, R.; Saénz, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque. Estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. P. (Serie Técnica. Informe técnico N° 200).
- Bertault, J.G.; Sist, P. 1995. The effects of logging in natural forests. *Bois et Forests des Tropiques* N° 245.
- Blaser, J. 1987. Standortliche und waldkundliche analyse eines Eichen-Wolkenwaldes (Quercus spp) der Montanstufe in Costa Rica. Tesis (Ph D). Gottingen, Alemania, Georg-August Universität. 235 p.
- Blaser, J. 1990. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque nublado de robles (Quercus spp) del piso montano de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. sp
- Blaser, J.; Camacho, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (Quercus spp) del piso montano en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p (Serie técnica. Informe Técnico N° 185).
- Castillo, M.; Rodríguez, A. 1995. Evaluación de la Finca COPANO S:A. Península de Osa. *In* Taller Nacional para la determinación de Niveles aceptables de los parámetros para la Certificación Forestal en Costa Rica (1995, San José Costa Rica) Propuestas de parámetros para la Certificación del Aprovechamiento Forestal de Bajo Impacto en Costa Rica. Cartago, Costa Rica. ITCR.
- Carrera, F. 1993. Rendimientos y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 91 p.
- CATIE 1989. Manual para la determinación de rendimientos y costos de faena producción de los sistemas de árboles de uso múltiple (Informe Interno) Ed. Carlos Reiche. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.

- Cordero, W. 1993. Curso de Regencia Forestal: Tema Aprovechamiento Forestal. Colegio de Ingenieros Agrónomos. COOPROCA R.L. Curso de Capacitación a Regentes Forestales. 21-23 Julio de 1993. San José Costa Rica.
- Cordero Q, W; Meza M.;A. 1992 Algunas notas sobre prácticas de Aprovechamiento Forestal Mejorado. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Presentado en V Curso intensivo internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. 85,1992, Turrialba, Costa Rica).
- Dourojeanni, M. J 1987. Manejo de bosques naturales en el Trópico Americano: Situación y perspectivas. Revista Forestal del Perú. 14(1): 91-108.
- Dykstra, D.P.; Heinrich R. 1992. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. UNASYLVA, 43(169):9-15.
- Dykstra, D. 1994. Enseñanza sobre métodos de explotación maderera ecológicamente aceptable en las escuelas forestales de nivel profesional y de nivel técnico de la Región Asia-Pacífico. In Enseñanza forestal. Nuevas tendencias y perspectivas. FAO. Estudio Montes N° 123 Pp 183-201.
- FAO. 1974. La explotación maderera y el transporte de trozas en el monte alto tropical. Roma, Italia. FAO Cuadernos de fomento forestal. N° 18. 99 p.
- _____ 1980. Análisis económico de proyectos forestales. Roma, Italia. Estudio FAO: Montes N° 17.
- _____ 1985. Plan de acción forestal en los trópicos. Roma, Italia.
- _____ 1988. Estudio sobre las necesidades de capacitación en aprovechamientos forestales. Programa Cooperativo FAO/Finlandia. Proyecto GCP/INT/425/fin. Informe Regional: América Latina. Org. de las Nac. Unidas para la Agric y la Alim. Roma 1988.
- _____ 1991. Ordenación sostenible de los bosques tropicales. Anexo F. Informe del Comité de Desarrollo Forestal en los Trópicos. Roma, Italia.
- Finegan, B. 1995. Los gremios de especies forestales. Apuntes del Curso Bases Ecológicas para la Silvicultura. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Escuela Postgrado.
- Finegan, B.; Sabogal, C.; Reiche, C.; Hutchinson, I. 1993. Los bosques húmedos tropicales de América Central. su manejo sostenible es posible y rentable. Revista Forestal Centroamericana. 2(6): 17-27.

- Finne, B. 1988. Introduction to time and work studies in wood harvesting. FAO.
- Finoll, U.H. 1981. Planificación silvicultural de los bosques ricos en Palma Manacia (en el delta del Río Orinoco). Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes.
- Fox, J.E.D. 1968. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland Dipterocarp forest of Sabah. *Malayan Forester* 31: 326-347.
- Gómez, M.A.R. 1995. Ponencia sobre la Evaluación del Impacto del Aprovechamiento en una Finca ubicada en Linda Vista Pococí, Limón. In Taller Nacional para la determinación de Niveles aceptables de los parámetros para la Certificación Forestal en Costa Rica (1995, San José Costa Rica). Propuestas de parámetros para la Certificación del Aprovechamiento Forestal de Bajo Impacto en Costa Rica. Cartago, Costa Rica, ITCR.
- Haselgruber, F. 1990. Análisis de la demanda para capacitación en aprovechamiento y manejo del bosque en la Región Huetar Norte. San Carlos, Costa Rica, GWB/COSEFORMA.
- Hendriksen, J. 1987. Damage-Controlled logging in managed tropical Rain Forest in Suriname Wageningen, Netherlands. 172 p.
- Jonkers, W. B. J. 1987. Vegetation structure logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Netherlands. 172 p.
- Knutell, H. 1983. Stand damages in thinnings, a comparison of some Swedish thinning methods. Garpenberg, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Koppelman, R. 1990. Damaged caused by selective logging in a neotropical rainforest. Tesis (Mag Sc) Wageningen, Netherlands, Wageningen Agricultural University. 58 p.
- Lanly, J. P. 1995. La ordenación forestal sostenible: lecciones de la historia y acontecimientos recientes. *UNASYLVA*. 46 (182): pp 38-45.
- Leslie, A. J. 1995. Ordenación sostenible de los bosques húmedos tropicales para la producción de madera. In *Sistemas de realización de la ordenación sostenible*. Roma, FAO. p 19-36.
- Loján, L. 1965. Apuntes del curso de Dasometría. I parte. Medición de árboles individuales. Turrialba, Costa Rica, IICA. Programa Forestal.
- Martín, Lux. 1995. Consumo y comercialización de la madera en Baja Talamanca. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 98 p. Serie Técnica Informe Técnico N° 258.

- Maini, J. S. 1992. Desarrollo sostenible de los bosques. UNASYLVA. 43 (169): 3-8.
- Miyata, E. S.; Steinhilb, H. M. 1980 Logging systems cost analysis: comparison of methods used. US. Department of agriculture North Central Forest Experiment Station Research Paper NC-208. 15 p.
- Nicholson, D.I. 1958. An analysis of logging damage in tropical rain forests North Borneo. Malaysian Forester 21(4) 235-245.
- Orozco, V. L. 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. P. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 176)
- Ortiz, M. E. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Cartago, Costa Rica, I.T.C.R. v. 1.
- Pedroni, L. 1990. Estudio de la reacción de un bosque de altura sometido a dos tipos de intervención silvicultural. Propuesta de Investigación. Turrialba, Costa Rica, Proyecto CATIE-COSUDE.
- _____ 1991. Conservación y producción forestal: aspectos para su conciliación en el marco de un manejo sostenible. El Chasqui N°27: 7-27.
- Pérez L. F. 1995. Evaluación de Impacto en la Finca Viviana propiedad de MAYOVI S.A. In Taller Nacional para la determinación de Niveles aceptables de los parámetros para la Certificación Forestal en Costa Rica (1995, San José Costa Rica) Propuestas de parámetros para la Certificación del Aprovechamiento Forestal de Bajo Impacto en Costa Rica. Cartago, Costa Rica, ITCR.
- Poore, D. 1989. No timber without trees. London, Earthscan 252 p.
- Quirós, D., Campos J. J., Carrera, F., Castañeda, F.; aus der Beek, R. 1994. Experiencias del CATIE en el desarrollo de Sistemas de aprovechamiento forestal de bajo impacto en Centro América. Turrialba, Costa Rica, CATIE
- Quirós, D., Finegan, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: definición de un plan operacional y resultados de su aplicación. Turrialba, Costa Rica, CATIE P. (Serie Técnica. Informe Técnico n° 225).
- Quirós, Q. L., Saéñz, S. G. 1993. Integración de la comunidad rural en el proceso de investigación. Revista Forestal Centroamericana CATIE. 2: (4):21-25.
- Rietbergen, S.; Poore, D. 1995. Impacto de un mayor uso de las especies menos utilizadas. Actualidad Forestal Tropical. 3 (2): 6-7.

- Reiche, C. E. 1987. El componente económico en el manejo de la vegetación natural secundaria. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
(presentado en: Curso corto de capacitación: manejo de vegetación secundaria. (1987, Antigua, Guatemala).
- Repetto, R. 1988. The forest for the trees: Government policies and the misuse of forest resources. Washington. World Resources Institute. 105 p.
- Sabogal, C. 1980. Estudio de caracterización ecológico silvicultural del bosque "COPAL" Jenaro Herrera. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sarre, A. 1995. Explotación, degradación y rehabilitación de los bosques. Actualidad forestal tropical. OIMT. 3:(1):3-5.
- Spittler, M. P. 1995. Evaluación del impacto de un aprovechamiento forestal mejorado en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Ciudad Quesada, Costa Rica. COSEFORMA. (Documento de Proyecto #46).
- Stadmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p.
- Stadtmüller, T.; Beek, aus der, R. 1993. Development of forest management techniques for tropical high mountain primary Oak-Bamboo forest of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- U.S.D.A. s.f. Harvesting Efficiency. A historical perspective. USA, Forest Service General Tech. Report Int. 110; Forest Service. 10 p
- Venegas, G.; Rodríguez, H. sf. El aprovechamiento forestal mejorado de los bosques de roble de Villa Mills. Sin publicar.
- Vigus, T. 1995. Regeneración de bosques intervenidos en Papúa Nueva Guinea. Actualidad Forestal Tropical. 3: (1) 6-7.
- WCED 1987. Nuestro futuro común. Oxford University Press. Oxford, U.K
- Weik, J.; Alemán, F. 1982. Caminos Forestales. Cochabamba, Bolivia, Escuela Técnica Forestal. Misión Forestal Alemana. 83 p

ANEXOS

Anexo 1

Métodos de Tala Aplicados

Los métodos aplicados difieren principalmente en la aplicación de estos tres elementos de la tala de un árbol y se caracterizan de la siguiente forma.

Método de apeo normal

Se trata de el método más sencillo aplicado para la tala de árboles con la distribución regular y simétrica del peso (Fig. 1.)

En este caso las características de los tres elementos son las siguientes

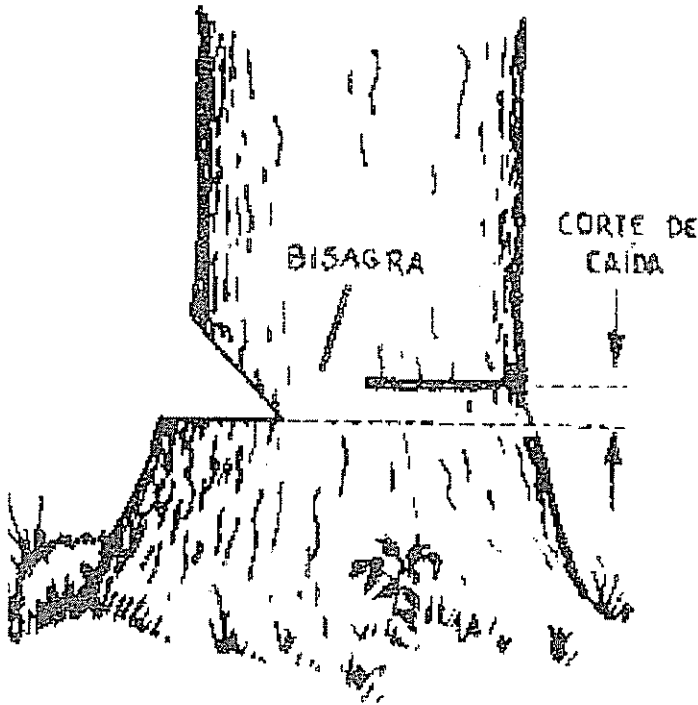


Figura 1 Cortes utilizados en el método de corta normal.

Boca: Una profundidad y una altura de $1/5$ del diámetro de largo

Bisagra: El espesor de ésta debe tener por lo menos $1/10$ del diámetro del árbol

Corte de caída: Este se debe de cortar por lo menos a un $1/10$ con relación al diámetro del árbol, más arriba de la planta de la boca. Cuando éste es suficientemente profundo

se pueden utilizar cuñas si fuera necesario, con la función de sacar el árbol de su posición de equilibrio y llevarlo a que caiga en la dirección elegida.

Método de apeo para árboles podridos

Cada árbol podrido que puede mantenerse en pie, tiene por lo menos una capa de madera sana a su alrededor, la cual es muy importante para el trabajo de apeo.

El procedimiento de trabajo es el siguiente

La boca se determina a una altura de aproximadamente de 1.0 m del nivel del suelo, se marca la planta de la boca con una profundidad de hasta $\frac{1}{4}$ del diámetro del árbol .

Se elimina la corteza en la zona de la bisagra para observar cuando la madera se está rajando.

La altura de la boca se marca por debajo, a una distancia dos veces mayor de la profundidad de la planta de la boca.

La boca queda marcada por debajo del corte de caída y la bisagra.

La boca se abre en rebanadas (figura 2).

Los otros elementos y los trabajos son como en el caso del apeo normal

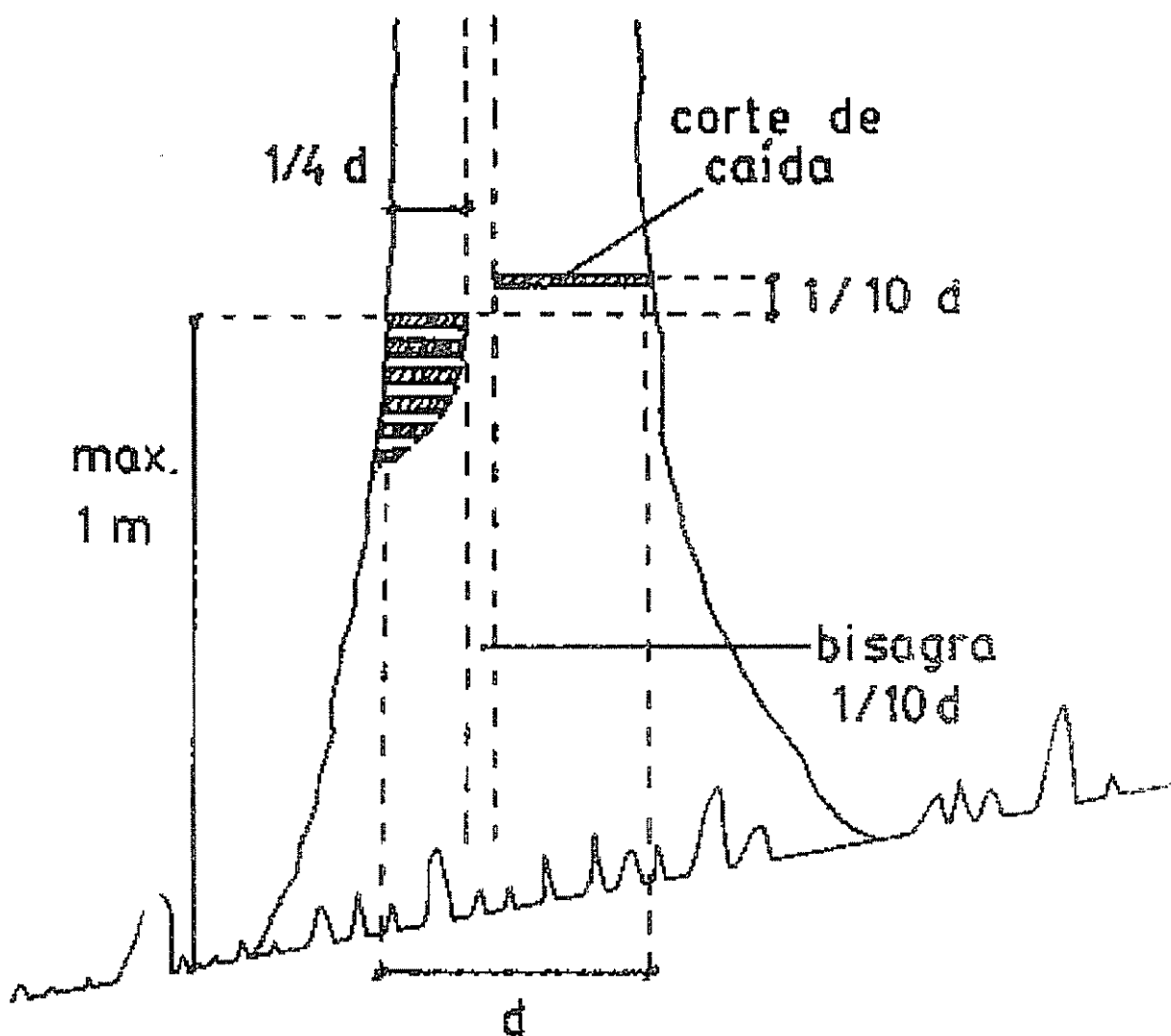


Figura 2. Cortes aplicados para la tala de árboles podridos.

Método de boca ancha

Si el árbol a talar tiene que ser dirigido durante su caída por más tiempo que en el caso normal, se necesita una bisagra fuerte y elástica, dirigir la caída por más tiempo significa que el árbol no tiene que caer en su dirección de caída natural sino en otra establecida por el trabajador.

Las características de los elementos son las siguientes

Boca: Se corta de forma que la bisagra quede lo más ancha posible, con una profundidad y una altura mínima de $\frac{1}{4}$ y máxima de $\frac{1}{2}$ del diámetro del árbol.

Bisagra: Debe de abarcar la mayor cantidad del diámetro del árbol donde esta se marque, si es posible no se debe de cortar las gambas en esta zona.

Corte de caída se abre por lo menos a media altura de la boca o más arriba (figura 3).

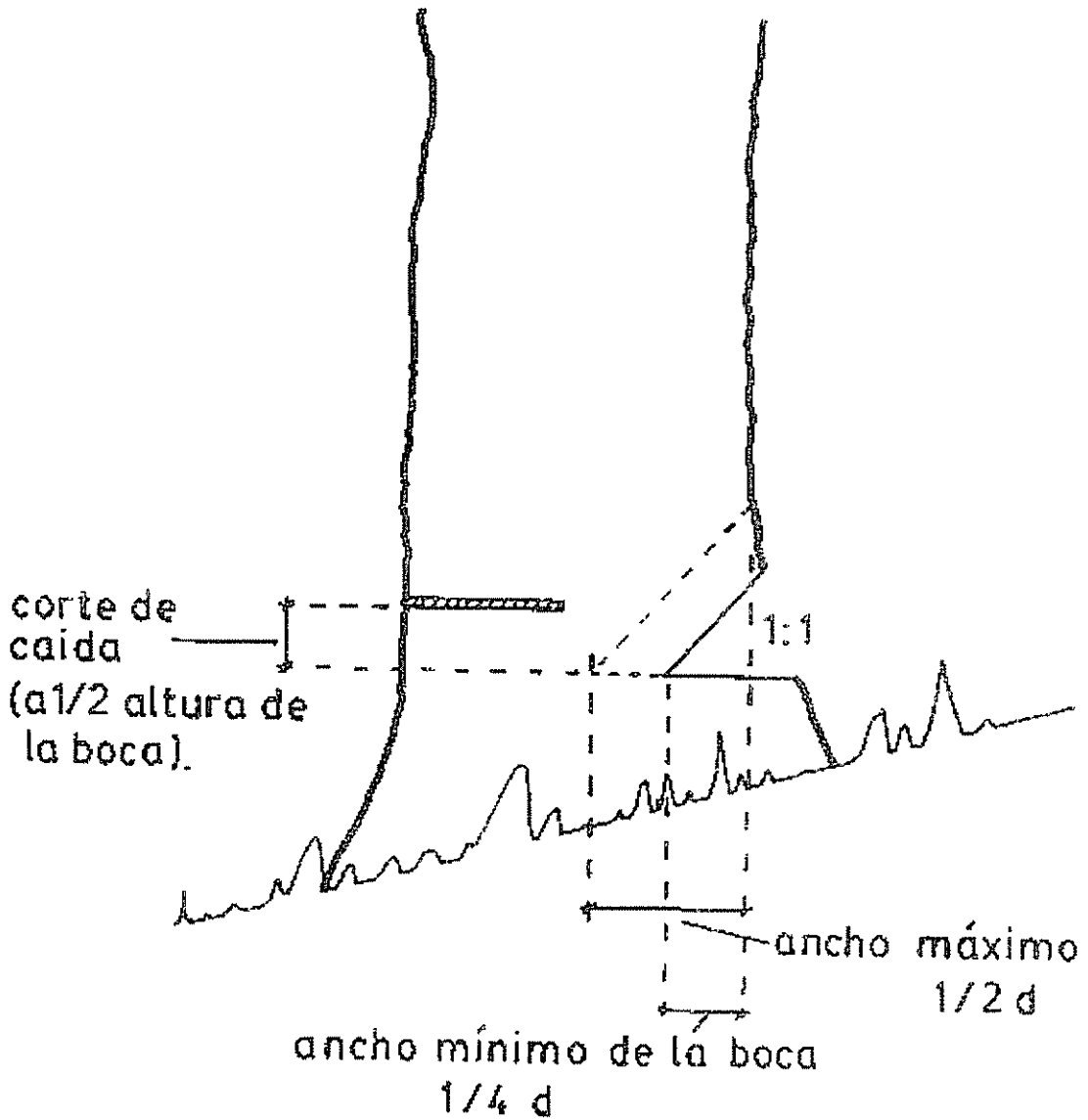


Figura 3. El método de corta de boca ancha: sus cortes.

En casos difíciles habrá que utilizar prensa de troncos para que el fuste no se raje, también equipo de cables y tecla para llevar el árbol a su caída establecida.

Método de corte de punta

Este se utiliza cuando los árboles están fuertemente inclinados en la dirección de caída deseada, y cuando tienen un diámetro superior al largo de la espada de la motosierra. Las gambas si es necesario solo se cortan por el lado de la boca o por la derecha o izquierda de la dirección de caída (figura 4).

Boca : En este caso se corta perpendicularmente al eje del tronco (aunque éste se encuentre inclinado), con una profundidad y una altura máxima de $\frac{1}{4}$ del diámetro del fuste.

Bisagra: Esta debe de abarcar un espesor máximo de $\frac{1}{10}$ del diámetro del árbol

Corte de caída: Se hace con un corte de punta con la espada de la motosierra, a media altura de la boca, y empezando de donde se marco la bisagra hacia afuera del fuste, sin cortar totalmente (1er paso), dejando un tirante de madera. Luego se corta la bisagra ligeramente a ambos lados del fuste; el último paso es cortar el tirante de afuera hacia adentro con un ángulo de 45° (2do. paso) hasta unirse hasta el corte de caída original .

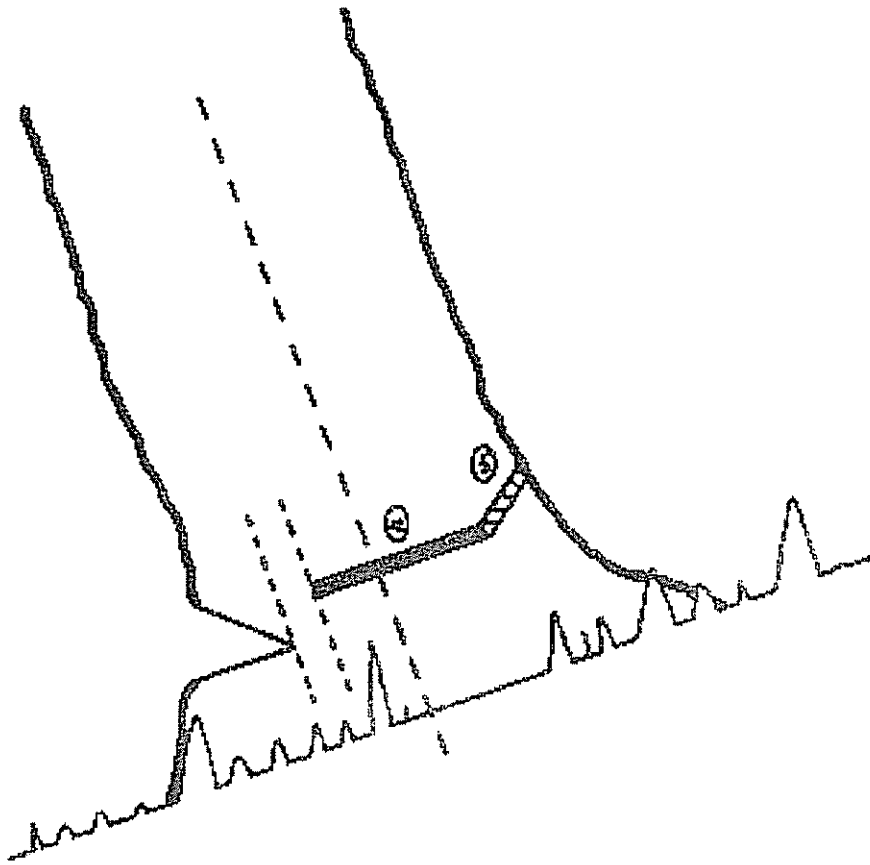


Figura 4 Los cortes a realizar en un método de tala de punta.

Método de boca profunda

Dicho método es para cuando el árbol está ligeramente inclinado en la dirección de caída deseada

Las gambas en árboles grandes se deben de cortar primero, por el lado de la boca y a la derecha e izquierda de esta.

Boca: Se corta perpendicular al eje del árbol, esta debe de tener una profundidad y una altura de entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{5}$ partes del diámetro del árbol. Esta se abre en etapas, la profundidad y altura deben de formar un ángulo de 45° (figura 5).

Bisagra: Queda delimitada por la boca y el corte de caída, debe de tener un espesor de $1/10$ del diámetro del árbol. Para evitar que el árbol se raje esta se debe cortar a ambos lados. Si es necesario se instala la prensa de troncos

Corte de caída: Se debe hacer a media altura de la boca y perpendicular al eje del árbol.

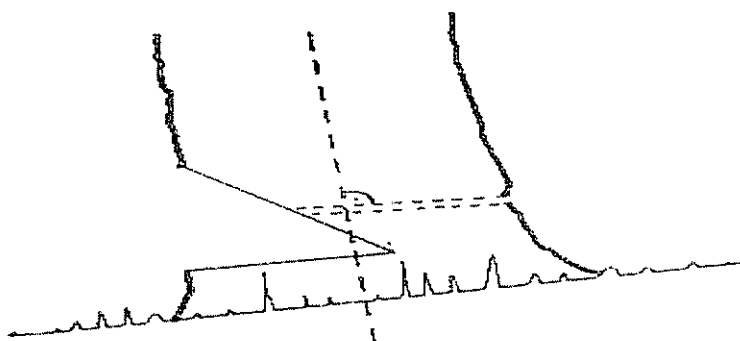
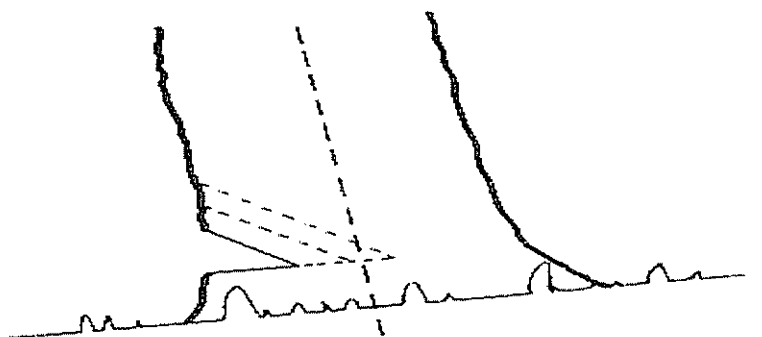


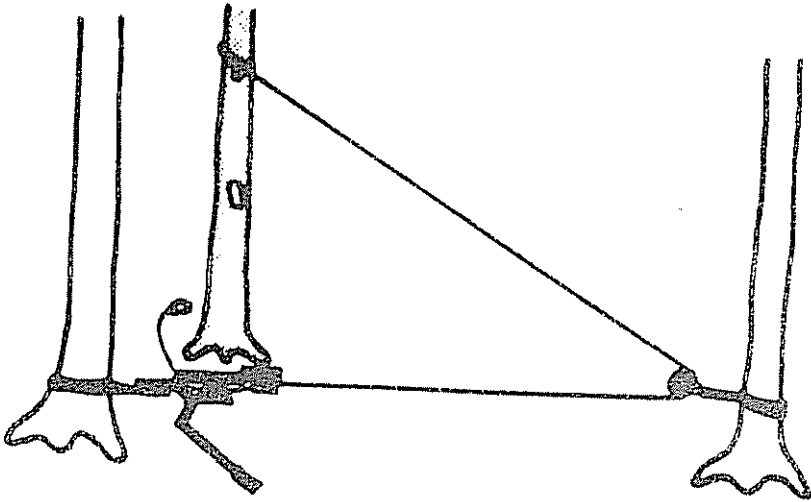
Figura 5. Método de corta de boca profunda.

Utilización de equipo de cables

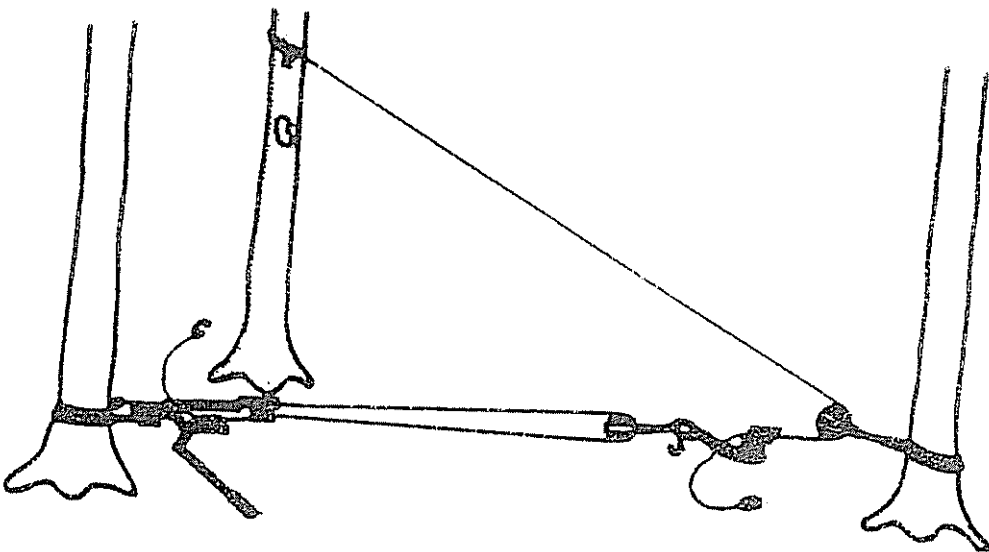
Con esta modalidad se ayuda a que árboles con una caída natural no deseada puedan ser llevados a una zona de caída deseada. Este método es muy seguro, con el se facilita el trabajo, se protegen los árboles y regeneración, además se evitan accidentes de trabajo.

Las formas que se instalaron fueron las siguientes

Equipo de cables sencillo (figura 6)



Equipo de cables doble (figura 7)



Corte de ramas de árboles en pie

Para esta tarea el obrero forestal escala el árbol utilizando un equipo especial constituido por cinturón y espolones. Procede luego a cortar con motosierra aquellas ramas que presenten peligros de futuros daños.

Para las labores de tala dirigida y uso de equipo especial descritas anteriormente se impartió un curso teórico práctico a seis obreros del Proyecto Prosibona, realizado en el área experimental Villa Mills este con un duración de ocho meses .

La capacitación abarcó aspectos relacionados no solamente a la tala y uso de cables, sino también principios básicos de sivilcultura, técnicas de extracción y arrastre mantenimiento de motosierras y equipo, una sección de primeros auxilios emplear en caso de algún accidente durante las labores. Dicho personal obrero fue supervisado y asesorado durante todas las labores de aprovechamiento.

Anexo 2

Posibles combinaciones en el Tipo de Tala aplicado

1	Apeo normal
2	Método Arbol Podrido
3	Método Boca Ancha
4	Método corte de Punta
5	Método Boca Profunda

1	Sin cable
2	Con cable

1	Sin subir al árbol
2	Subir al árbol a poner cable
3	Subir al árbol a cortar rama

Anexo 3

Formularios utilizados para el levantamiento de la información

Formulario 1. Datos de la tala.

DATOS DE LA TALA INTERVENCION SILVICULTURAL DE VILLA MILLS									
FECHA	ACTIVIDAD	HORA INICIO	HORA FINAL	N° ARBOL TALADO	PARCELA	OBRERO	EQUIPO	OBSERVACIONES	
12-3-94	1	00.00.00	00.02.30	24	10	ALVARO	038	INSTALACION DE CABLES	

Formulario 2. Datos de daños de la corta.

DATOS DE DAÑOS INTERVENCION SILVICULTURAL DE VILLA MILLS									
FECHA	N° ARBOL TALADO	TIPO DE TALA	N° ARBOL DAÑADO	ESPECIE	DIAMETRO	INTENSIDAD DE DAÑO	PARCELA	OBSERVACIONES	
12-3-94	1	322	365*	ROB	12 3	1	10	*ARBOL DE BORDE DESCOPADO Y QUEBRADO	

Formulario 3. Datos del arrastre.

Fecha	Personal		Equipo	Actividad	Hora (hora,min,seg)		Parcela	# tuca	Distancia (m)
8-2-95	4 obreros	1 operador	CASE1150	a-a	0 00 00	0 01 14	10	121	-
8-2-95	"	"	"	p-p	0 01 14	0 12 13	10	121	13

ANEXO 4

Lista de especies presentes en la zona de estudio.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	VALOR COMERCIAL
Aguila	<i>Hedyosmun bonpladianum</i>	Chlorantaceae	
Aguila	<i>Hedyosmun goudotianum</i>	Chlorantaceae	
Arrayan	<i>Weinmannia karsteniana</i>	Cunoniaceae	*
Arrayan colorado	<i>Weinmannia trianae var sulcata</i>	Cunoniaceae	*
Arrayan blanco	<i>Weimannia pinnata</i>	Cunoniaceae	*
Azahar	<i>Clusia minor</i>	Clusiaceae	
Azahar	<i>Clusia stenophylla</i>	Clusiaceae	
Azahar	<i>Clusia major</i>	Clusiaceae	
Azahar	<i>Clusia palmana</i>	Clusiaceae	
Azulillo	<i>Ilex discolor var. lamprophylla</i>	Aquifoliaceae	
Azulillo	<i>Ilex pallida</i>	Aquifoliaceae	
Azulillo	<i>Ilex valerii</i>	Aquifoliaceae	
Cafecillo	<i>Palicourea adusta</i>	Rubiaceae	
Cafecillo	<i>Psychotria cartagenensis</i>	Rubiaceae	
Chilemuelo	<i>Drymis granadensis</i>	Winteraceae	*
Chile de perro	<i>Commelina sp</i>	Commelinacea	*
		e	
Chumico	<i>trichipteris scabriuscula</i>	Cyatheaceae	
Chumico	<i>Trichipteris schiediana</i>	Cyatheaceae	
Ciprecillo	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Podocarpaceae	*
Cuerillo	<i>Symplocos iraruensis</i>	Symplocaceae	
Cuerillo	<i>Symplocos serrulata</i>	Symplocaceae	
Cura	<i>Viburnum costarricanum</i>	Caprifoliaceae	
Cura	<i>Viburnum venustum</i>	Caprifoliaceae	
Desconocido			
Duraznillo	<i>Rhamnus humboldtiana</i>	Rhamnaceae	
Duraznillo	<i>Rhamnus oreodendron</i>	Rhamnaceae	
Duraznillo	<i>Rhamnus sphaerosperma var pubescens</i>	Rhamnaceae	
Encino	<i>Quercus costaricensis</i>	Fagaceae	
Encino colorado	<i>Quercus rapurahuensis</i>	Fagaceae	
Encino colorado	<i>Quercus seemannii</i>	Fagaceae	
Huesillo	<i>Ardisia compressa</i>	Myrsinaceae	
Huesillo	<i>Ardisia costaricensis</i>	Myrsinaceae	
Huesillo	<i>Ardisia minor</i>	Myrsinaceae	
Huesillo	<i>Parathesis glabra</i>	Myrsinaceae	

Ira	<i>Aiouea talamancensis</i>	Lauraceae	*
Ira	<i>Aiouea costaricensis</i>	Lauraceae	*
Ira	<i>Nectandra salicina</i>	Lauraceae	*
Ira	<i>Nectandra salicifolia</i>	Lauraceae	*
Ira	<i>Ocotea holdridgeiana</i>	Lauraceae	*
Ira	<i>Ocotea insularis</i>	Lauraceae	*
Ira amarillo	<i>Ocotea pittierii</i>	Lauraceae	*
Ira amarillo	<i>Phoebe mollicella</i>	Lauraceae	*
Ira rosa	<i>Ocotea austinii</i>	Lauraceae	*
Lagarto	<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	Rutaceae	
Lagartillo	<i>Zanthoxylum chiriguinum</i>	Rutaceae	
Lengua de toro	<i>Axinea costaricensis</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Centronia phlomoides</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Leandra costaricensis</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Miconia costaricensis</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Miconia lauriformis</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Miconia tondurii</i> var. <i>oblongifolia</i>	Melastomaceae	
Lengua de vaca	<i>Topobea storkii</i>	Melastomaceae	
Limoncillo	<i>Prunus cornifolia</i>	Rosaceae	*
Lloró	<i>Cornus disciflora</i>	Cornaceae	
Lorito	<i>Prumnopitys standley</i>	Podocarpaceae	*
Madroncillo	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp <i>hemsleyana</i>	Onagraceae	*
Madroño	<i>Vaccinium consanguineum</i>	Ericaceae	*
Magnolia	<i>Magnolia poasana</i>	Magnoliaceae	*
Magnolia amarillo	<i>Magnolia sororum</i>	Magnoliaceae	*
Nance	<i>Cletrha gelida</i>	Clethraceae	*
Nance	<i>Cletrha molinae</i>	Clethraceae	*
Nance	<i>Saurauia costaricensis</i>	Actinidiaceae	*
Papayillo	<i>Oreopanax oerstedianum</i>	Araliaceae	*
Papayillo	<i>Oreopanax xalapense</i>	Araliaceae	*
Papayillo	<i>Schefflera pittierii</i>	Araliaceae	*
Papayillo	<i>Schefflera sp</i>	Araliaceae	*
Quizarrá amarillo	<i>Nectandra cufodontisii</i>	Lauraceae	*
Quizarrancillo	<i>Ocotea laetevirens</i>	Lauraceae	*
Ratón	<i>Grammadenia myricoides</i>	Myrsinaceae	
Ratón danto	<i>Panopsis suaveolens</i>	Proteaceae	
Ratoncillo	<i>Grammadenia myricoides</i>	Myrsinaceae	
Resina	<i>Styrax argenteus</i>	Styracaceae	*
Roble blanco	<i>Quercus copeyensis</i>	Fagaceae	*
Roble varsino	<i>Quercus sp</i>	Fagaceae	*
Salvia	<i>Aegiphila odontophylla</i>	Verbenaceae	
Salvia	<i>Buddleia cordata</i>	Loganiaceae	
Salvia	<i>Buddleia nitida</i>	Loganiaceae	

Salvia	<i>Calante calanthoides</i>	Orchidaceae
Titora	<i>Cleyera theaeoides</i>	Theaceae *
Tucuico	<i>Ardisia glanduloso-marginata</i>	Myrsinaceae
Tucuico	<i>Ardisia palmana</i>	Myrsinaceae
Uña de gato	<i>Miconia flavida</i>	Melastomaceae
Uña de gato	<i>Miconia pittierii</i>	Melastomaceae
Uña de gato	<i>Miconia schnellii</i>	Melastomaceae
Uña de gato	<i>Miconia sp</i>	Melastomaceae
Uruca	<i>Trichilia havanensis</i>	Meliaceae
Yemahuevo	<i>Ocotea calophylla</i>	Lauraceae *
Zorrillo	<i>Solanum achraceo-ferrugineum</i>	Solanaceae
Zorrillo	<i>Solanum dotanum</i>	Solanaceae
Zorrillo	<i>Solanum sp</i>	Solanaceae
Zorrillo	<i>Solanum storkii</i>	Solanaceae
Zorrillo	<i>Solanum vacciniiflorum</i>	Solanaceae

ANEXO 5

Diferentes relaciones derivadas del análisis de los datos de las intervenciones silviculturales en Villa Mills.

Rendimiento en número de trozas y volumen de los Arboles con diámetro mayor a 60 cm.

Parcela	Arbol	Trozas	Volumen
10	2	4	3.3266
10	6	1	1.8116
10	9	3	4.8387
10	12	3	2.9033
10	17	2	4.1595
10	19	0	0
10	21	2	3.9022
10	32	2	5.2984
10	40	4	5.3631
10	41	3	6.4214
10	49	2	2.471
10	51	2	3.3679
10	56	1	1.0628
10	57	3	3.1023
10	58	0	0
10	68	1	1.3713
10	71	1	1.6448
10	75	0	0
10	85	1	1.434
10	86	0	0
10	87	0	0
10	106	1	2.5338
11	1	3	3.0661
11	3	3	6.6373
11	8	4	7.8111
11	9	1	1.8809
11	13	3	7.1168
11	18	3	3.4671
11	21	3	4.1672
11	34	2	6.5897
11	36	0	0
11	37	3	3.4379

11	41	1	3 1611
11	42	2	3.975
11	46	3	5.9591
11	47	2	7 3859
11	51	2	4 0518
11	62	2	4 2582
11	64	2	1 8991
11	65	2	4.158
11	69	0	0
11	73	2	2 3095
11	74	2	4.7431
11	76	0	0
11	77	2	2.6806
11	78	2	3.6979
11	81	3	5.0755
11	86	3	3.9632

Resumen de datos obtenidos del arrastre

Ciclo	Trozaz	Volumen (m ³)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Rendimiento (m ³ /hora)	Observación
1	3	5.24	23.23	470.8	13.54	
2	2	4.46	36.15	491.2	7.41	
3	2	2.85	58.43	491.2	2.93	
4	2	3.79	26.37	491.2	8.62	
5	3	5.32	32.28	504.8	9.89	
6	6	3.79	78.63	480	2.89	
7	3	5.50	51.10	521.2	6.46	
8	3	4.56	52.10	288.6	5.25	
9	5	5.27	128.26	556.6	2.47	uso polea
10	4	4.84	36.40	560	7.97	
11	3	4.70	106.16	552	2.66	uso de polea
12	4	4.70	129.66	584.4	2.18	Cortar tocón
13	5	3.00	53.67	581.2	3.35	
14	4	5.13	75.70	603.6	4.07	
15	4	5.67	43.95	640.6	7.75	
16	5	3.92	69.35	335.6	3.39	
17	3	3.70	13.68	331.6	16.23	
18	5	5.98	120.80	338	2.97	Cortar tocón
19	4	4.41	43.82	444.8	6.04	
20	5	4.81	99.10	461.2	2.91	
21	4	3.32	50.13	551.6	3.98	
22	3	4.78	71.78	556.4	4.00	

23	2	5.57	77.50	563.8	4.31	
24	4	4.57	28.08	536.8	9.77	
25	4	8.17	41.65	639.2	11.77	
26	4	3.92	54.00	629	4.35	
27	1	5.00	57.91	566.2	5.19	
28	5	7.30	60.09	689	7.29	
29	5	6.63	77.90	645.8	5.11	
30	2	3.69	76.43	659.4	2.90	
31	3	8.83	102.59	680	5.17	uso de polea
32	5	8.37	83.02	607.2	6.05	
33	4	6.29	53.42	566	7.07	
34	4	6.01	54.22	548	6.66	
35	4	4.81	74.34	552	3.88	
36	5	4.38	53.45	502.4	4.92	
37	5	5.84	35.93	503.8	9.75	
38	4	7.55	53.93	507.8	8.40	
39	4	8.71	59.28	487	8.82	
40	6	5.09	61.65	629.6	4.96	
Total	153		2506.12			

Distribución diamétrica de los árboles dañados, según código de tala y número de árboles cortados

PARCELA 10

Código de Tala	Arboles Cortados	Clases diamétricas (árb/ha)												Total No	Relación AC/AD			
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60+						
		arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB					
0	5	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
1	76	28.0	0.478	6.0	0.250	2.0	0.242	1.0	0.152	1.0	0.204	2.0	0.638	40.0	1.965	0.53	0	
3	3	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
4	30	34.0	0.558	6.0	0.313	8.0	0.767	2.0	0.315	2.0	0.464	1.0	0.332	53.0	2.748	1.77	0	
121	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
322	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
413	1	4.0	0.056	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	4.0	0.056	4	0	
Total	117	66.0	1.092	12.0	0.563	10.0	1.009	3.0	0.467	3.0	0.668	3.0	0.970	97.0	4.769			

PARCELA 11

Código de Tala	Cortados No. árboles	Clases diamétricas (árb/ha)												Total No	Relación AC/AD			
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60+						
		arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB	arb.	AB					
0	3	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
1	46	25.0	0.338	6.0	0.265	2.0	0.144	5.0	0.765	2.0	0.420	2.0	0.834	42.0	2.766	0.91	0	
3	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
4	23	44.0	0.608	11.0	0.511	2.0	0.230	6.0	0.923	3.0	0.742	6.0	3.818	72.0	6.831	3.13	0	
6	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0
322	5	17.0	0.244	2.0	0.105	3.0	0.315	0.0	0.000	1.0	0.247	1.0	0.596	24.0	1.507	4.8	0	
422	1	3.0	0.061	1.0	0.056	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.442	5.0	0.558	5	0	
Total	80	89.0	1.251	20.0	0.936	7.0	0.690	11.0	1.687	6.0	1.409	10.0	5.689	143.0	11.662			

Tipos totales por clase diamétrica en base a código de tala

PARCELA 10

Código de Tala	Arboles Cortados No.	Clases diamétricas																Total	
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60-69.9		70-79.9		80+		arb.	Ttotal
		No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.			
0	5	3.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	5.0	0.000
1	76	32.0	174.95	21.0	182.22	10.0	146.79	4.0	50.290	3.0	100.23	4.0	153.48	2.0	131.78	0.0	0.000	76.0	939.74
3	3	1.0	5.280	1.0	9.030	0.0	0.000	1.0	16.980	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	3.0	31.290
4	30	0.0	0.000	4.0	27.980	3.0	25.290	5.0	67.080	3.0	109.01	4.0	106.82	8.0	521.56	3.0	265.05	30.0	1122.5
121	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	87.860	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	87.860
322	1	0.0	0.000	1.0	29.280	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	29.280
413	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	119.93	1.0	119.93
Total	117	36.0	180.23	27.0	248.51	14.0	172.08	10.0	134.35	8.0	297.10	8.0	260.30	10.0	653.34	4.0	384.98	117.0	2336.9

PARCELA 11

Código de Tala	Arboles Cortados No.	Clases diamétricas																Total	
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60-69.9		70-79.9		80+		arb.	Ttotal
		No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.				
0	3	1.0	1.030	2.0	2.030	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	3.0	3.060
1	46	17.0	93.810	7.0	114.93	7.0	195.75	4.0	202.41	3.0	136.03	6.0	226.24	1.0	113.79	1.0	4.500	46.0	1087.5
3	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	75.050	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	75.050
4	23	0.0	0.000	0.0	0.000	3.0	56.730	2.0	48.140	5.0	160.22	4.0	177.43	3.0	169.77	6.0	316.01	23.0	928.30
6	1	1.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.000
322	5	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	115.21	3.0	175.30	0.0	0.000	1.0	170.07	5.0	460.59
422	1	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	229.44	1.0	229.44
Total	80	19.0	94.840	9.0	116.96	10.0	252.48	7.0	325.60	9.0	411.46	13.0	578.97	4.0	283.56	9.0	720.02	80.0	2783.9

Distribución diamétrica de los árboles dañados en base a la altura de los árboles cortados

Parcela 10

Dist	Distribución Alt Arb Cort No	Clases Diamétricas de árboles dañados												Total		
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60+		No.	arb	AB
		No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.			
0		64	6.0	0.082	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.161	0.0	0.000	0.0	0.000	7.0	0.243
8-15.9		3	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
16-23.9		7	5.0	0.084	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	5.0	0.084
24-31.9		28	35.0	0.549	7.0	0.322	6.0	0.564	1.0	0.152	3.0	0.668	1.0	0.313	53.0	2.567
32-39.9		12	14.0	0.254	4.0	0.172	1.0	0.116	1.0	0.155	0.0	0.000	1.0	0.332	21.0	1.029
40+		3	6.0	0.123	1.0	0.069	3.0	0.329	0.0	0.000	0.0	0.000	1.0	0.326	11.0	0.846
Total		117	66.0	1.092	12.0	0.563	10.0	1.009	3.0	0.467	3.0	0.668	3.0	0.970	97.0	4.766

Parcela 11

Dist	Distribución Alt Arb Cortados No	Clases diamétricas de árboles dañados												Total		
		10-19.9		20-29.9		30-39.9		40-49.9		50-59.9		60+		No.	arb.	AB
		No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.	No.	arb.					
0		29	4.0	0.081	3.0	0.115	0.0	0.000	1.0	0.138	1.0	0.220	0.0	0.000	9.0	0.554
8-15.9		2	2.0	0.020	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	2.0	0.020
16-23.9		9	6.0	0.087	1.0	0.065	0.0	0.000	4.0	0.605	1.0	0.217	1.0	0.435	13.0	1.409
24-31.9		18	13.0	0.166	2.0	0.100	4.0	0.417	2.0	0.362	1.0	0.275	2.0	0.834	24.0	2.153
32-39.9		16	43.0	0.595	8.0	0.384	3.0	0.273	2.0	0.284	2.0	0.448	4.0	1.731	62.0	3.716
40+		6	21.0	0.302	6.0	0.272	0.0	0.000	2.0	0.298	1.0	0.249	3.0	2.690	33.0	3.811
Total		80	89.0	1.251	20.0	0.936	7.0	0.690	11.0	1.687	6.0	1.409	10.0	5.689	143.0	11.660

Anexo 6

Procedimientos estadísticos para la tala.

Análisis de varianza, pruebas de comparación de medias no paramétrica para el tiempo total y análisis de varianza para actividad de derribo

PRUEBA DE ANDEVA PARA EL TIEMPO TOTAL

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
CT	3	1 4 9

Number of observations in data set = 189

NOTE: Due to missing values, only 177 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: TTIEMPO1

TABLA DE ANDEVA

FV	gl	SC	CM	Pr>F
CT	2	3.42	1.71	5.18 0.0065
DIAM	1	99.47	99.47	301.62 0.0001
Error	173	57.05	0.329	
Total	176			

R-Square	C.V.	Root MSE	TTIEMPO1 Mean
0.710581	22.22577	0.574275	2.58382516

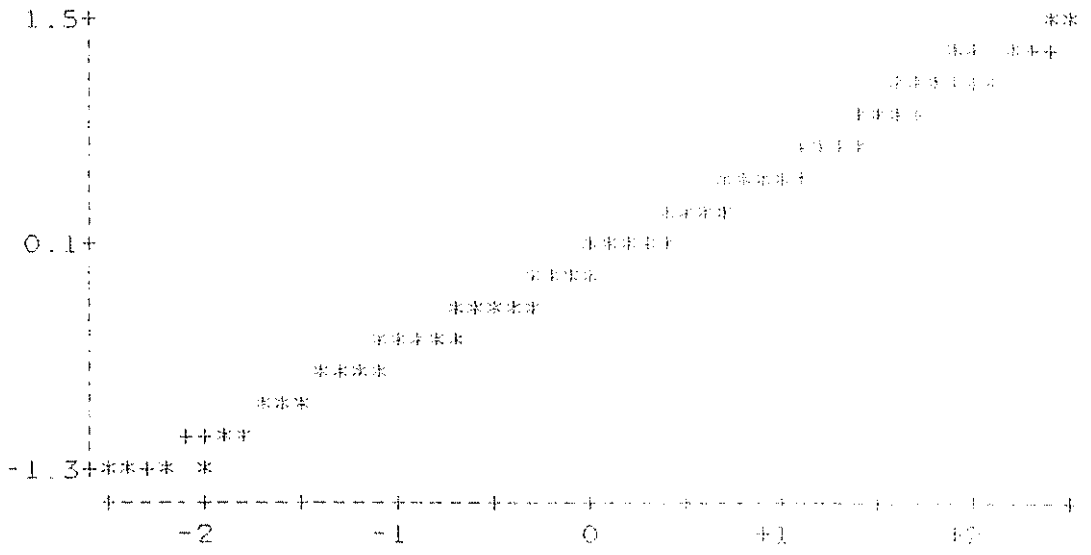
UNIVARIATE PROCEDURE

Variable=RTTIEMPO

Moments

N	177	Sum Wgts	177
Mean	0	Sum	0
Std Dev	0.56936	Variance	0.324171
Skewness	0.169995	Kurtosis	-0.01324
USS	57.05405	CSS	57.05405
CV	.	Std Mean	0.042796
T:Mean=0	0	Prob> T	1.0000
Sgn Rank	-127.5	Prob> S	0.8525
Num ^= 0	177		
W:Normal	0.982802	Prob<W	0.5483

Normal Probability Plot



Test Chi-Square Value = 3.614826
with 2 DF Prob > Chi-Sq = 0.1641

N P A R I W A Y P R O C E D U R E

Kruskal-Wallis Test (Chi-Square Approximation)
 CHISQ= 44.224 DF= 2 Prob > CHISQ= 0.0001

CT	N
1	122
4	53

Wilcoxon 2-Sample Test (Normal Approximation)
 (with Continuity Correction of .5)

S= 6424.00 Z= 5.71356 Prob > |Z| = 0.0001

T-Test approx. Significance = 0.0001

Kruskal-Wallis Test (Chi-Square Approximation)
 CHISQ= 32.663 DF= 1 Prob > CHISQ= 0.0001

CT	N
1	122
9	12

Wilcoxon 2-Sample Test (Normal Approximation)
 (with Continuity Correction of .5)

S= 1339.00 Z= 4.11813 Prob > |Z| = 0.0001

T-Test approx. Significance = 0.0001

Kruskal-Wallis Test (Chi-Square Approximation)
 CHISQ= 16.991 DF= 1 Prob > CHISQ= 0.0001

CT	N
4	53
9	12

Wilcoxon 2-Sample Test (Normal Approximation)
 (with Continuity Correction of .5)

S= 532.000 Z= 2.29102 Prob > |Z| = 0.0220

T-Test approx. Significance = 0.0253

Kruskal-Wallis Test (Chi-Square Approximation)
 CHISQ= 5.2876 DF= 1 Prob > CHISQ= 0.0215

```
options ps=60 ls=78 nodate pageno=1:
data a:
infile 'a:\henry27.dat' firstobs=5:
input parc arbol diam a0 a1 a2 a3 a4 a5 tttotal especie $ codtala
codcopa httotal hcom:
```

```
if codarb=106 and nsparc=10 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=35 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=103 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=36 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=99 and nsparc=10 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=4 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=32 and nsparc=10 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=86 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=8 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codarb=67 and nsparc=11 then do:ttiempo=.:diam=.:end:
if codtala=121 or codtala=413 or codtala=422 then do:
ttiempo=.:diam=.:end:
```

```
if codtala=1 or codtala=4 then ct=codtala: else ct=9:
```

```
ttiempol=log(ttiempo + 1):
diaml=log( diam + 1):
```

```
proc glm:
class ct:
model diaml=ct:
```

```
proc glm:
class ct:
model a2=ct diam:
means ct:
lsmeans ct/stderr tdiff pdiff:
output out=r1 r=ra2:
proc univariate plot normal:var ra2:
```

```
proc discrim method=normal pool=test short:
class ct:
var ra2:
```

```
run:
```

Anexo 7

Procedimientos estadísticos para los daños.

Programa y salida para el análisis de correlación

```
options ps=60 ls=78;
data a;
infile 'c:\jpn\resdan.pm' firstobs=2;
input nsparc codarb codtala codcopa codfus diam especie $ htotal hcom
areabas totarb clasetot totabda da1 clda1 da2 clda2 da3 clda3;

if codtala=0 then delete;
if codtala = 1 or codtala = 4 then codtala=codtala;
  else codtala=7;

if da1>=3 then claseda1=3;else claseda1=da1;
if da2>=1 then claseda2=1;else claseda2=da2;
if da3>=2 then claseda3=2;else claseda3=da3;

if totarb > 4 then clasetot=5;else clasetot=totarb;

proc print;

proc corr;
var da1 da2 da3;
with diam htotal;

proc corr spearman;
var da1 da2 da3;
with codcopa codfus;

proc freq;
tables codtala*(da1 da2 da3)/chisq;

proc freq;
tables codtala*(clasetot claseda1 claseda2 claseda3)/chisq;

run;
```

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 189

	DA1	DA2	DA3
DIAM	0.44035 0.0001	0.41453 0.0001	0.61512 0.0001
HTOTAL	0.43560 0.0001	0.38714 0.0001	0.55872 0.0001

CORRELATION ANALYSIS

2 'WITH' Variables: CODCOPA CODFUS
 3 'VAR' Variables: DA1 DA2 DA3

Spearman Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 189

	DA1	DA2	DA3
CODCOPA	0.07218 0.3237	-0.01540 0.8334	0.11744 0.1075
CODFUS	0.02280 0.7555	0.00997 0.8917	0.18386 0.0113

TABLE OF CODTALA BY CLASETOT

CODTALA	CLASETOT						Total
Frequency	0	1	2	3	4	5	
Percent							
Row Pct							
Col Pct							
1	83 43.92 68.03 86.46	15 7.94 12.30 42.86	11 5.82 9.02 47.83	7 3.70 5.74 70.00	4 2.12 3.28 33.33	2 1.06 1.64 15.38	122 64.55
4	7 3.70 13.21 7.29	17 8.99 32.08 48.57	12 6.35 22.64 52.17	3 1.59 5.66 30.00	7 3.70 13.21 58.33	7 3.70 13.21 53.85	53 28.04
7	6 3.17 42.86 6.25	3 1.59 21.43 8.57	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	1 0.53 7.14 8.33	4 2.12 28.57 30.77	14 7.41
Total	96 50.79	35 18.52	23 12.17	10 5.29	12 6.35	13 6.88	189 100.00

STATISTICS FOR TABLE OF CODTALA BY CLASETOT

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	10	61.490	0.000
Likelihood Ratio Chi-Square	10	64.713	0.000
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	27.230	0.000
Phi Coefficient		0.570	
Contingency Coefficient		0.495	
Cramer's V		0.403	

Sample Size = 189

WARNING: 44% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

TABLE OF CODTALA BY CLASEDA1

CODTALA	CLASEDA1				Total
Frequency	0	1	2	3	
Percent					
Row Pct					
Col Pct					
1	103	11	5	3	122
	54.50	5.82	2.65	1.59	64.55
	84.43	9.02	4.10	2.46	
	72.03	47.83	55.56	21.43	
4	31	11	3	8	53
	16.40	5.82	1.59	4.23	28.04
	58.49	20.75	5.66	15.09	
	21.68	47.83	33.33	57.14	
7	9	1	1	3	14
	4.76	0.53	0.53	1.59	7.41
	64.29	7.14	7.14	21.43	
	6.29	4.35	11.11	21.43	
Total	143	23	9	14	189
	75.66	12.17	4.76	7.41	100.00

STATISTICS FOR TABLE OF CODTALA BY CLASEDA1

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	6	20.387	0.002
Likelihood Ratio Chi-Square	6	19.264	0.004
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	14.754	0.000
Phi Coefficient		0.328	
Contingency Coefficient		0.312	
Cramer's V		0.232	

Sample Size = 189

WARNING: 42% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

TABLE OF CODTALA BY CLASEDA2

CODTALA	CLASEDA2		Total
	0	1	
1	108	14	122
	57.14	7.41	64.55
	88.52	11.48	
	69.23	42.42	
4	37	16	53
	19.58	8.47	28.04
	69.81	30.19	
	23.72	48.48	
7	11	3	14
	5.82	1.59	7.41
	78.57	21.43	
	7.05	9.09	
Total	156	33	189
	82.54	17.46	100.00

STATISTICS FOR TABLE OF CODTALA BY CLASEDA2

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	2	9.143	0.010
Likelihood Ratio Chi-Square	2	8.640	0.013
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	5.736	0.017
Phi Coefficient		0.220	
Contingency Coefficient		0.215	
Cramer's V		0.220	

Sample Size = 189

CODTALA

CLASEDA3

Frequency	Percent	Row Pct	Col Pct	0	1	2	Total
1	95	17	10	122			
	50.26	8.99	5.29	64.55			
	77.87	13.93	8.20				
	79.17	42.50	34.48				
4	17	21	15	53			
	8.99	11.11	7.94	28.04			
	32.08	39.62	28.30				
	14.17	52.50	51.72				
7	8	2	4	14			
	4.23	1.06	2.12	7.41			
	57.14	14.29	28.57				
	6.67	5.00	13.79				
Total	120	40	29	189			
	63.49	21.16	15.34	100.00			

STATISTICS FOR TABLE OF CODTALA BY CLASEDA3

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	4	35.616	0.000
Likelihood Ratio Chi-Square	4	35.235	0.000
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	20.235	0.000
Phi Coefficient		0.434	
Contingency Coefficient		0.398	
Cramer's V		0.307	

Sample Size = 189

WARNING: 22% of the cells have expected counts less than 5. Chi-Square may not be a valid test.

Anexo 8

Procedimiento estadístico para el arrastre

Análisis de regresión

Model: MODEL1

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: TIEMPO

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	2	106761.04912	53380.52456	161.441	0.0001
Error	33	10911.44104	330.64973		
U Total	35	117672.49016			

Root MSE	18.18378	R-square	0.9073
Dep Mean	54.81717	Adj R-sq	0.9017
C.V.	33.17168		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
DIST	1	0.068511	0.01783712	3.841	0.0005
TUCAS	1	4.743135	2.41905166	1.961	0.0584

Collinearity Diagnostics

Number	Eigenvalue	Condition Number	Var Prop DIST	Var Prop TUCAS
1	1.94773	1.00000	0.0261	0.0261
2	0.05227	6.10430	0.9739	0.9739

2

Durbin-Watson D 2.252
 (For Number of Obs.) 35
 1st Order Autocorrelation -0.155

UNIVARIATE PROCEDURE

Variable=RTIEMPO Residual

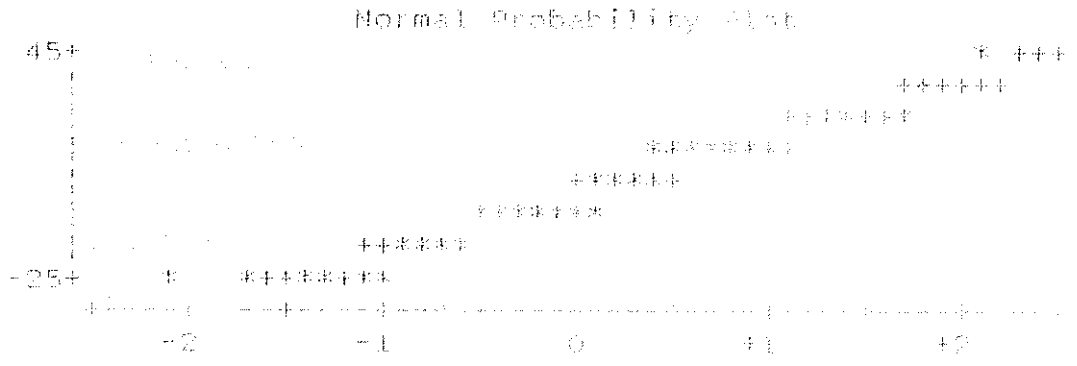
Moments

N	35	Sum Wgts	35
Mean	0.308783	Sum	10.80742
Std Dev	17.91163	Variance	320.8266
Skewness	0.354039	Kurtosis	-0.67355
USS	10911.44	CSS	10908.1
CV	5800.712	Std Mean	3.027619
T:Mean=0	0.101989	Prob> T	0.9194
Sgn Rank	-6	Prob> S	0.9234
Num ^= 0	35		
W:Normal	0.947039	Prob<W	0.1192

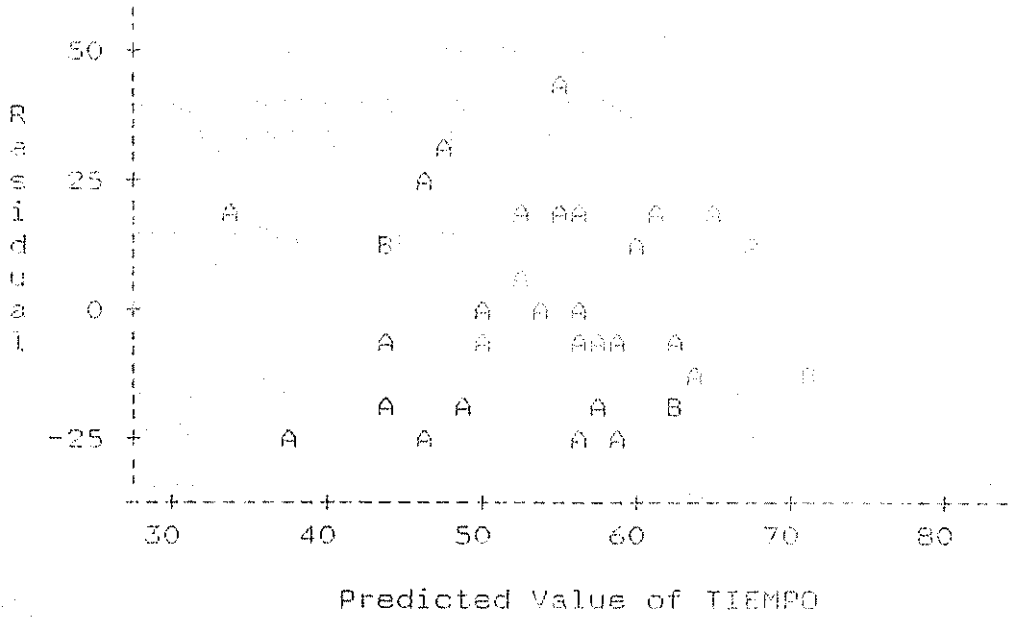
UNIVARIATE PROCEDURE

Variable=RTIEMPO

Residual



Plot of RTIEMPO*PTIEMPO. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



Anexo 9

Análisis estadístico para el volumen

Comparación de volúmenes

Model: MODEL1

Dependent Variable: VOLU1

Root MSE	0.93053	R-square	0.7672
Dep Mean	2.49653	Adj R-sq	0.7643
C.V.	37.27291		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	0.294417	0.16910993	1.741	0.0855
VOLCOM	1	0.881840	0.05397312	16.338	0.0001

Model: MODEL2

NOTE: No intercept in model. R-square is redefined.

Dependent Variable: VOLU1

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
VOLCOM	1	0.956731	0.03299988	28.992	0.0001

Resultado de la prueba de Chi-cuadrado

OBS	NX21	GL1	SX21	PROBX21
1	79	77	18.8137	1

ANEXO 10

Programa para el análisis estadístico, modelo de regresión y tabla de volumen obtenida.


```

options ps=60 ls=78 nodate pageno=1:
data a:
infile a:\henry21.txt firstobs=2:
input arb 7-9 volu1 20-24 diam 44-48 hc 55-56:
if diam<30 and hc=0 then delete:
if volu1=0 then delete:

logvol=log(volu1):
logdiam=log(diam):
loghcom=log(hc):

proc print:

proc reg:
model logvol=diam hc
  /collin dw influence r cli clm:
output out=ri r=rlogvol p=plogvol:
proc univariate plot normal: var rlogvol:
data ri: set ri:
rlogvol2=rlogvol**2:
proc plot:
plot rlogvol*plogvol/vpos=15 hpos=45:
plot rlogvol2*plogvol/vpos=15 hpos=45:

data d;set a:
proc reg:
model logvol=logdiam loghcom/collin dw influence r cli clm:
output out=ri r=rlogvol p=plogvol:
proc univariate plot normal: var rlogvol:
data ri: set ri:
rlogvol2=rlogvol**2:
proc plot:
plot rlogvol*plogvol/vpos=15 hpos=45:
plot rlogvol2*plogvol/vpos=15 hpos=45:

data d;set a:
proc reg:
model logvol=logdiam loghcom/noint collin dw influence r cli clm:
output out=ri r=rlogvol p=plogvol:
proc univariate plot normal: var rlogvol:
data ri: set ri:
rlogvol2=rlogvol**2:
proc plot:
plot rlogvol*plogvol/vpos=15 hpos=45:
plot rlogvol2*plogvol/vpos=15 hpos=45:

run:

```

TABLA DE VOLUMEN PARA BOSQUES DE ROBLEDALES DE VILLA MILLS-TALAMANCA

DIAMETRO	ALTURA COMERCIAL													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
30	0.3755	0.3911	0.4073	0.4243	0.4419	0.4603	0.4794	0.4994	0.5201	0.5418	0.5643	0.5877	0.6122	0.6376
31	0.3912	0.4074	0.4244	0.442	0.4604	0.4795	0.4995	0.5203	0.5419	0.5644	0.5879	0.6123	0.6378	0.6643
32	0.4075	0.4245	0.4421	0.4605	0.4797	0.4996	0.5204	0.542	0.5645	0.588	0.6125	0.6379	0.6645	0.6921
33	0.4246	0.4422	0.4606	0.4798	0.4997	0.5205	0.5421	0.5647	0.5882	0.6126	0.6381	0.6646	0.6923	0.721
34	0.4423	0.4607	0.4799	0.4998	0.5206	0.5423	0.5648	0.5883	0.6128	0.6382	0.6648	0.6924	0.7214	0.7514
35	0.4608	0.48	0.5	0.5208	0.5424	0.565	0.5884	0.6129	0.6384	0.6649	0.6926	0.7214	0.7514	0.7826
36	0.4801	0.5001	0.5209	0.5425	0.5651	0.5886	0.6131	0.6386	0.6651	0.6928	0.7216	0.7516	0.7828	0.8154
37	0.5002	0.521	0.5427	0.5652	0.5887	0.6132	0.6387	0.6653	0.6929	0.7217	0.7517	0.783	0.8158	0.8495
38	0.5211	0.5428	0.5654	0.5889	0.6134	0.6389	0.6654	0.6931	0.7219	0.7519	0.7832	0.8158	0.8499	0.885
39	0.5429	0.5655	0.589	0.6135	0.639	0.6656	0.6933	0.7221	0.7521	0.7834	0.8159	0.8499	0.8852	0.922
40	0.5656	0.5892	0.6136	0.6392	0.6657	0.6934	0.7223	0.7523	0.7836	0.8161	0.8501	0.8854	0.9222	0.9606
41	0.5893	0.6138	0.6393	0.6659	0.6936	0.7224	0.7525	0.7838	0.8163	0.8503	0.8856	0.9225	0.9608	1.0008
42	0.6139	0.6395	0.6661	0.6938	0.7226	0.7526	0.7839	0.8165	0.8505	0.8858	0.9227	0.961	1.001	1.0426
43	0.6396	0.6662	0.6939	0.7228	0.7528	0.7841	0.8167	0.8507	0.8861	0.9229	0.9613	1.0012	1.0429	1.0862
44	0.6664	0.6941	0.7229	0.753	0.7843	0.8169	0.8509	0.8863	0.9231	0.9615	1.0015	1.0431	1.0865	1.1317
45	0.6943	0.7231	0.7532	0.7845	0.8171	0.8511	0.8865	0.9233	0.9617	1.0017	1.0434	1.0868	1.1319	1.179
46	0.7233	0.7534	0.7847	0.8173	0.8513	0.8867	0.9236	0.962	0.999	1.0436	1.087	1.1322	1.1793	1.2283
47	0.7535	0.784	0.817	0.8515	0.8869	0.9238	0.9622	0.999	1.0441	1.0873	1.1325	1.1796	1.2286	1.2797
48	0.7851	0.8177	0.8517	0.8871	0.924	0.9624	1.0024	1.0441	1.0875	1.1328	1.1799	1.2289	1.28	1.3332
49	0.8179	0.8519	0.8873	0.9242	0.9627	1.0027	1.0444	1.0878	1.133	1.1801	1.229	1.2803	1.3336	1.389
50	0.8521	0.8876	0.9245	0.9629	1.0029	1.0446	1.0881	1.1333	1.1804	1.2295	1.2806	1.3339	1.3893	1.4471
51	0.8878	0.9247	0.9631	1.0032	1.0449	1.0883	1.1336	1.1807	1.2298	1.2809	1.3342	1.3897	1.4475	1.5076
52	0.9249	0.9634	1.0034	1.0451	1.0886	1.1339	1.181	1.2301	1.2812	1.3345	1.39	1.4478	1.508	1.5707
53	0.9636	1.0037	1.0454	1.0888	1.1341	1.1813	1.2304	1.2816	1.3348	1.3903	1.4482	1.5084	1.5711	1.6364
54	1.0039	1.0456	1.0891	1.1344	1.1816	1.2307	1.2819	1.3352	1.3907	1.4485	1.5087	1.5715	1.6368	1.7049
55	1.0459	1.0894	1.1347	1.1818	1.231	1.2822	1.3355	1.391	1.4488	1.5091	1.5718	1.6372	1.7053	1.7762
56	1.0896	1.1349	1.1821	1.2313	1.2825	1.3358	1.3913	1.4492	1.5094	1.5722	1.6376	1.7057	1.7766	1.8505
57	1.1352	1.1824	1.2316	1.2828	1.3361	1.3917	1.4495	1.5098	1.5726	1.638	1.7061	1.777	1.8509	1.9279
58	1.1827	1.2319	1.2831	1.3364	1.392	1.4499	1.5102	1.573	1.6384	1.7065	1.7774	1.8513	1.9283	2.0085
59	1.2322	1.2834	1.3368	1.3923	1.4502	1.5105	1.5733	1.6388	1.7069	1.7779	1.8518	1.9288	2.0095	2.0925
60	1.2837	1.3371	1.3927	1.4506	1.5109	1.5737	1.6392	1.7073	1.7783	1.8522	1.9293	2.0095	2.0935	2.18
61	1.3374	1.393	1.4509	1.5113	1.5741	1.6395	1.7077	1.7787	1.8527	1.9297	2.01	2.0935	2.1806	2.2712
62	1.3933	1.4513	1.5116	1.5745	1.6399	1.7081	1.7792	1.8531	1.9302	2.0104	2.094	2.1816	2.2718	2.3662
63	1.4516	1.512	1.5749	1.6403	1.7085	1.7796	1.8536	1.9306	2.0109	2.0945	2.1816	2.2723	2.3668	2.4652
64	1.5124	1.5752	1.6407	1.7089	1.78	1.854	1.9311	2.0114	2.0955	2.1827	2.2679	2.3674	2.4658	2.5683
65	1.5756	1.6411	1.7094	1.7804	1.8545	1.9316	2.0119	2.0955	2.1827	2.2734	2.3679	2.4664	2.569	2.6758
66	1.6415	1.7098	1.7809	1.8549	1.932	2.0126	2.0965	2.1837	2.2745	2.3691	2.467	2.5696	2.6774	2.7877
67	1.7102	1.7813	1.8554	1.9325	2.0128	2.0965	2.1837	2.2745	2.3691	2.4675	2.5702	2.6771	2.7884	2.9043
68	1.7817	1.8558	1.933	2.0133	2.097	2.1842	2.2761	2.3697	2.4682	2.5708	2.6777	2.799	2.905	3.0258
69	1.8582	1.9334	2.0138	2.0975	2.1848	2.2756	2.3702	2.4668	2.5714	2.6783	2.7897	2.9057	3.0265	3.1524
70	1.9339	2.0143	2.0981	2.1853	2.2761	2.3708	2.4694	2.572	2.679	2.7904	2.9064	3.0272	3.1531	3.2842
71	2.0148	2.0986	2.1858	2.2767	2.3714	2.47	2.5737	2.6795	2.791	2.9071	3.028	3.1539	3.285	3.4216
72	2.0991	2.1863	2.2772	2.3719	2.4706	2.5733	2.6802	2.7917	2.9078	3.0287	3.1546	3.2858	3.4224	3.5647
73	2.1869	2.2778	2.3725	2.4711	2.5739	2.6809	2.7924	2.9085	3.0294	3.1564	3.2866	3.4232	3.5656	3.7138
74	2.2783	2.3731	2.4717	2.5745	2.6816	2.7931	2.9092	3.0301	3.1561	3.2874	3.4241	3.5664	3.7147	3.8692
75	2.3736	2.4723	2.5751	2.6822	2.7937	2.9095	3.0309	3.1569	3.289	3.4249	3.5673	3.7156	3.8701	4.031

ALTURA COMERCIAL EN MT

continuación DIAMETRO	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
30	0.6641	0.6918	0.7205	0.7505	0.7817	0.8142	0.848	0.8833	0.92	0.9583	0.9981	1.0396	1.0829	1.1279	1.1748
31	0.6919	0.7207	0.7507	0.7819	0.8144	0.8482	0.8835	0.9202	0.9585	0.9984	1.0399	1.0831	1.1281	1.1751	1.2239
32	0.7209	0.7508	0.7821	0.8146	0.8484	0.8837	0.9205	0.9587	0.9986	1.0401	1.0834	1.1284	1.1753	1.2242	1.2751
33	0.751	0.7822	0.8148	0.8487	0.8839	0.9207	0.959	0.9988	1.0404	1.0836	1.1287	1.1756	1.2245	1.2754	1.3284
34	0.7824	0.815	0.8489	0.8841	0.9209	0.9592	0.9991	1.0406	1.0839	1.129	1.1759	1.2248	1.2757	1.3288	1.384
35	0.8152	0.8491	0.8844	0.9211	0.9594	0.9993	1.0409	1.0842	1.1292	1.1762	1.2251	1.276	1.3291	1.3843	1.4419
36	0.8493	0.8846	0.9214	0.9597	0.9996	1.0411	1.0844	1.1295	1.1765	1.2254	1.2763	1.3294	1.3847	1.4423	1.5022
37	0.8848	0.9216	0.9599	0.9998	1.0414	1.0847	1.1298	1.1768	1.2257	1.2766	1.3297	1.385	1.4426	1.5026	1.5651
38	0.9218	0.9601	1	1.0416	1.0849	1.13	1.177	1.226	1.2769	1.33	1.3853	1.4429	1.5029	1.5654	1.6305
39	0.9604	1.0003	1.0419	1.0852	1.1303	1.1773	1.2263	1.2773	1.3304	1.3857	1.4433	1.5033	1.5658	1.6309	1.6987
40	1.0005	1.0421	1.0855	1.1306	1.1776	1.2266	1.2776	1.3307	1.386	1.4436	1.5037	1.5662	1.6313	1.6991	1.7698
41	1.0424	1.0857	1.1309	1.1779	1.2269	1.2779	1.331	1.3863	1.444	1.504	1.5666	1.6317	1.6995	1.7702	1.8438
42	1.086	1.1311	1.1782	1.2272	1.2782	1.3313	1.3867	1.4443	1.5044	1.5669	1.6321	1.7	1.7706	1.8443	1.9209
43	1.1314	1.1784	1.2274	1.2785	1.3316	1.387	1.4447	1.5047	1.5673	1.6325	1.7004	1.7711	1.8447	1.9214	2.0013
44	1.1787	1.2277	1.2788	1.332	1.3873	1.445	1.5051	1.5677	1.6329	1.7008	1.7715	1.8451	1.9219	2.0018	2.085
45	1.228	1.2791	1.3323	1.3877	1.4454	1.5055	1.5681	1.6333	1.7012	1.7719	1.8456	1.9223	2.0022	2.0855	2.1722
46	1.2794	1.3286	1.388	1.4457	1.5058	1.5684	1.6337	1.7016	1.7723	1.846	1.9228	2.0027	2.086	2.1727	2.2631
47	1.3329	1.3883	1.4461	1.5062	1.5688	1.634	1.702	1.7728	1.8465	1.9232	2.0032	2.0865	2.1733	2.2636	2.3577
48	1.3887	1.4464	1.5066	1.5692	1.6344	1.7024	1.7732	1.8469	1.9237	2.0037	2.087	2.1738	2.2642	2.3583	2.4564
49	1.4468	1.5069	1.5696	1.6348	1.7028	1.7736	1.8474	1.9242	2.0042	2.0875	2.1743	2.2647	2.3589	2.457	2.5591
50	1.5073	1.5699	1.6352	1.7032	1.774	1.8478	1.9246	2.0047	2.088	2.1748	2.2652	2.3594	2.4575	2.5597	2.6662
51	1.5703	1.6356	1.7036	1.7745	1.8482	1.9251	2.0051	2.0895	2.1753	2.2658	2.36	2.4581	2.5603	2.6668	2.7777
52	1.636	1.704	1.7749	1.8487	1.9256	2.0056	2.089	2.1759	2.2663	2.3606	2.4587	2.561	2.6674	2.7783	2.8939
53	1.7044	1.7753	1.8491	1.926	2.0061	2.0895	2.1764	2.2669	2.3611	2.4593	2.5616	2.6681	2.779	2.8946	3.0149
54	1.7757	1.8496	1.9265	2.0066	2.09	2.1769	2.2674	2.3617	2.4599	2.5622	2.6687	2.7797	2.8953	3.0156	3.141
55	1.85	1.9269	2.0071	2.0905	2.1774	2.268	2.3623	2.4605	2.5628	2.6694	2.7803	2.8959	3.0164	3.1418	3.2724
56	1.9274	2.0075	2.091	2.178	2.2685	2.3628	2.4611	2.5634	2.67	2.781	2.8966	3.0171	3.1425	3.2732	3.4093
57	2.008	2.0915	2.1785	2.2691	2.3634	2.4617	2.564	2.6705	2.7817	2.8973	3.0178	3.1433	3.274	3.4101	3.5519
58	2.092	2.179	2.2696	2.364	2.4623	2.5646	2.6713	2.7823	2.898	3.0185	3.144	3.2748	3.4109	3.5528	3.7005
59	2.1795	2.2701	2.3645	2.4629	2.5653	2.6719	2.783	2.8987	3.0193	3.1448	3.2756	3.4117	3.5536	3.7014	3.8553
60	2.2707	2.3651	2.4634	2.5659	2.6726	2.7837	2.8994	3.02	3.1456	3.2763	3.4126	3.5545	3.7023	3.8562	4.0165
61	2.3657	2.464	2.5665	2.6732	2.7844	2.9001	3.0207	3.1463	3.2771	3.4134	3.5553	3.7031	3.8571	4.0175	4.1845
62	2.4646	2.5671	2.6738	2.785	2.9008	3.0214	3.1471	3.2779	3.4142	3.5562	3.704	3.858	4.0185	4.1855	4.3596
63	2.5677	2.6745	2.7857	2.9015	3.0222	3.1478	3.2787	3.4145	3.557	3.7049	3.859	4.0194	4.1865	4.3606	4.5419
64	2.6751	2.7864	2.9022	3.0229	3.1486	3.2795	3.4158	3.5579	3.7058	3.8599	4.0204	4.1875	4.3617	4.543	4.7319
65	2.787	2.9029	3.0236	3.1493	3.2803	3.4167	3.5687	3.7087	3.8608	4.0213	4.1886	4.3627	4.5441	4.733	4.9298
66	2.9036	3.0243	3.1501	3.2811	3.4175	3.5596	3.7076	3.8617	4.0223	4.1896	4.3638	4.5452	4.7342	4.931	5.1361
67	3.0251	3.1508	3.2818	3.4183	3.5604	3.7084	3.8627	4.0233	4.1906	4.3548	4.5463	4.7353	4.9322	5.1373	5.3509
68	3.1516	3.2826	3.4191	3.5613	3.7094	3.8636	4.0242	4.1916	4.3659	4.5474	4.7365	4.9334	5.1385	5.3522	5.5747
69	3.2834	3.4199	3.5621	3.7103	3.8645	4.0252	4.1926	4.3669	4.5485	4.7376	4.9346	5.1398	5.3535	5.5761	5.8079
70	3.4208	3.563	3.7111	3.8655	4.0262	4.1936	4.3679	4.5496	4.7387	4.9358	5.141	5.3547	5.5774	5.8093	6.0508
71	3.5639	3.712	3.8664	4.0271	4.1946	4.3689	4.5507	4.7399	4.9369	5.1422	5.356	5.5787	5.8107	6.0523	6.3039
72	3.7129	3.8673	4.0281	4.1956	4.37	4.5517	4.741	4.9381	5.1435	5.3573	5.5801	5.8121	6.0537	6.3055	6.5676
73	3.8682	4.0291	4.1966	4.3711	4.5528	4.7421	4.9393	5.1447	5.3586	5.5814	5.8135	6.0552	6.307	6.5692	6.8423
74	4.03	4.1976	4.3721	4.5539	4.7433	4.9405	5.1459	5.3599	5.5827	5.8149	6.0567	6.3085	6.5708	6.844	7.1286
75	4.1986	4.3732	4.555	4.7444	4.9417	5.1472	5.3612	5.5841	5.8163	6.0581	6.31	6.5724	6.8456	7.1303	7.4267

ALTURA COMERCIAL EN MTS

DIAMETRO	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
76	2.4729	2.5757	2.6828	2.7944	2.9106	3.0316	3.1577	3.2889	3.4257	3.5681	3.7165	3.871	4.032	4.1996
77	2.5764	2.6835	2.7951	2.9113	3.0323	3.1584	3.2897	3.4265	3.569	3.7174	3.872	4.0329	4.2006	4.3753
78	2.6841	2.7957	2.912	3.0331	3.1592	3.2905	3.4273	3.5698	3.7183	3.8729	4.0339	4.2016	4.3763	4.5583
79	2.7964	2.9127	3.0338	3.1599	3.2913	3.4282	3.5707	3.7192	3.8738	4.0349	4.2026	4.3774	4.5594	4.749
80	2.9134	3.0345	3.1607	3.2921	3.429	3.5716	3.7201	3.8747	4.0359	4.2037	4.3784	4.5605	4.7501	4.9476
81	3.0352	3.1614	3.2929	3.4298	3.5724	3.721	3.8757	4.0368	4.2047	4.3795	4.5616	4.7513	4.9480	5.1546
82	3.1622	3.2937	3.4306	3.5733	3.7219	3.8766	4.0378	4.2057	4.3805	4.5627	4.7524	4.95	5.1558	5.3702
83	3.2945	3.4315	3.5741	3.7227	3.8775	4.0388	4.2067	4.3816	4.5638	4.7535	4.9512	5.1571	5.3715	5.5948
84	3.4323	3.575	3.7236	3.8785	4.0397	4.2077	4.3828	4.5649	4.7547	4.9524	5.1583	5.3728	5.5962	5.8288
85	3.5759	3.7245	3.8794	4.0407	4.2087	4.3837	4.566	4.7558	4.9536	5.1595	5.3741	5.5975	5.8302	6.0727
86	3.7254	3.8803	4.0417	4.2097	4.3848	4.5671	4.757	4.9548	5.1608	5.3753	5.5988	5.8316	6.0741	6.3267
87	3.8813	4.0426	4.2107	4.3858	4.5682	4.7581	4.9559	5.162	5.3766	5.6002	5.833	6.0756	6.3282	6.5913
88	4.0436	4.2117	4.3869	4.5693	4.7592	4.9571	5.1632	5.3779	5.6015	5.8344	6.077	6.3297	6.5929	6.867
89	4.2127	4.3879	4.5704	4.7604	4.9593	5.1645	5.3792	5.6029	5.8358	6.0785	6.3312	6.5945	6.8687	7.1543
90	4.389	4.5715	4.7615	4.9595	5.167	5.3805	5.6042	5.8372	6.08	6.3328	6.5961	6.8703	7.156	7.4535
91	4.5725	4.7627	4.9607	5.1682	5.3818	5.6056	5.8386	6.0814	6.3343	6.5976	6.872	7.1577	7.4553	7.7653
92	4.7638	4.9619	5.1682	5.3831	5.6069	5.84	6.0829	6.3358	6.5992	6.8736	7.1594	7.4571	7.7672	8.0901
93	4.9631	5.1694	5.3844	5.6083	5.8414	6.0838	6.3373	6.6008	6.8753	7.1611	7.4589	7.769	8.0921	8.4285
94	5.1707	5.3857	5.6096	5.8429	6.0858	6.3388	6.6024	6.8769	7.1629	7.4607	7.7709	8.094	8.4305	8.7811
95	5.387	5.611	5.8443	6.0873	6.3404	6.604	6.8786	7.1646	7.4625	7.7728	8.0959	8.4326	8.7832	9.1484
96	5.6123	5.8457	6.0887	6.3419	6.6056	6.8802	7.1663	7.4643	7.7746	8.0979	8.4346	8.7853	9.1506	9.5311
97	5.8471	6.0902	6.3434	6.6072	6.8819	7.168	7.4661	7.7765	8.0998	8.4366	8.7874	9.1528	9.5333	9.9297
98	6.0916	6.3449	6.6087	6.8835	7.1697	7.4678	7.7784	8.1018	8.4386	8.7895	9.155	9.5356	9.931	10.3451
99	6.3464	6.6103	6.8852	7.1715	7.4696	7.7802	8.1037	8.4407	8.7916	9.1572	9.5379	9.9345	10.3476	10.7778
100	6.6119	6.8868	7.1732	7.4714	7.7821	8.1057	8.4427	8.7937	9.1594	9.5402	9.9369	10.35	10.7804	11.2286
101	6.8885	7.1749	7.4732	7.784	8.1076	8.4447	8.7958	9.1616	9.5425	9.9393	10.3525	10.783	11.2313	11.6983
102	7.1766	7.475	7.7858	8.1096	8.4467	8.798	9.1638	9.5448	9.9417	10.355	10.7856	11.234	11.7011	12.1876
103	7.4768	7.7877	8.1115	8.4488	8.8001	9.166	9.5471	9.944	10.3575	10.7882	11.2367	11.7039	12.1906	12.6974
104	7.7896	8.1134	8.4508	8.8022	9.1682	9.5494	9.9464	10.36	10.7907	11.2394	11.7067	12.1935	12.7005	13.2286
105	8.1154	8.4528	8.8043	9.1704	9.5517	9.9488	10.3625	10.7933	11.2421	11.7096	12.1994	12.7035	13.2317	13.7819
106	8.4549	8.8064	9.1726	9.554	9.9512	10.365	10.7959	11.2448	11.7124	12.1994	12.7066	13.2349	13.7852	14.3584
107	8.8085	9.1748	9.5562	9.9536	10.3674	10.7985	11.2475	11.7152	12.2023	12.7096	13.2381	13.7885	14.3618	14.959
108	9.177	9.5585	9.96	10.3699	10.8011	11.2502	11.718	12.2052	12.7127	13.2413	13.7918	14.3653	14.9626	15.5847
109	9.5608	9.9584	10.3724	10.8037	11.2529	11.7208	12.2081	12.7157	13.2445	13.7951	14.3687	14.9662	15.5885	16.2366
110	9.9508	10.3749	10.8063	11.2556	11.7236	12.2111	12.7188	13.2476	13.7985	14.3722	14.9698	15.5922	16.2405	16.9158
111	10.3774	10.8089	11.2583	11.7264	12.214	12.7219	13.2508	13.8018	14.3756	14.9734	15.5959	16.2444	16.9198	17.6234
112	10.8115	11.261	11.7292	12.2169	12.7249	13.254	13.8051	14.3791	14.977	15.5997	16.2483	16.9239	17.6276	18.3605
113	11.2637	11.7321	12.2199	12.728	13.2572	13.8084	14.3825	14.9806	15.6034	16.2522	16.928	17.6318	18.3649	19.1285
114	11.7349	12.2228	12.731	13.2604	13.8117	14.386	14.9842	15.6072	16.2561	16.932	17.636	18.3693	19.1331	19.9287
115	12.2257	12.7341	13.2635	13.815	14.3894	14.9877	15.6109	16.26	16.9351	17.6403	18.3737	19.1377	19.9334	20.7623
116	12.7371	13.2667	13.8183	14.3929	14.9913	15.6147	16.2639	16.9402	17.6445	18.3782	19.1423	19.9382	20.7672	21.6307
117	13.2699	13.8217	14.3964	14.9949	15.6184	16.2678	16.9442	17.6488	18.3826	19.1469	19.943	20.7722	21.6359	22.5355
118	13.825	14.3998	14.9985	15.6222	16.2717	16.9483	17.653	18.387	19.1515	19.9478	20.7772	21.6411	22.5409	23.4782
119	14.4033	15.0021	15.6259	16.2756	16.9524	17.6572	18.3914	19.1561	19.9526	20.7822	21.6463	22.5463	23.4836	24.4602
120	15.0057	15.6297	16.2795	16.9564	17.6615	18.3956	19.1607	19.9574	20.7872	21.6515	22.5518	23.4894	24.4661	25.4634

continuación

ALTURA COMERCIAL EN METROS

DIAMETRO	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
76	4.3742	4.5561	4.7456	4.9429	5.1484	5.3625	5.5854	5.8177	6.0595	6.3115	6.5739	6.8473	7.132	7.4285	7.7374
77	4.5572	4.7467	4.9441	5.1496	5.3637	5.5868	5.8191	6.061	6.313	6.5755	6.8489	7.1337	7.4303	7.7393	8.061
78	4.7478	4.9452	5.1509	5.365	5.5881	5.8205	6.0625	6.3145	6.5771	6.8506	7.1354	7.4321	7.7411	8.063	8.3982
79	4.9464	5.1521	5.3663	5.5895	5.8219	6.0639	6.3161	6.5787	6.8522	7.1371	7.4339	7.743	8.0649	8.4002	8.7495
80	5.1533	5.3676	5.5908	5.8233	6.0654	6.3176	6.5803	6.8539	7.1388	7.4357	7.7448	8.0668	8.4023	8.7516	9.1155
81	5.3689	5.5921	5.8247	6.0668	6.3191	6.5818	6.8555	7.1405	7.4374	7.7467	8.0688	8.4043	8.7537	9.1177	9.4966
82	5.5935	5.826	6.0683	6.3206	6.5834	6.8571	7.1423	7.4392	7.7485	8.0707	8.4053	8.7558	9.1199	9.4991	9.894
83	5.8274	6.0697	6.3221	6.5858	6.8588	7.144	7.441	7.7504	8.0727	8.4083	8.7579	9.1221	9.5014	9.8964	10.3079
84	6.0712	6.3236	6.5866	6.8604	7.1457	7.4428	7.7523	8.0746	8.4103	8.76	9.1243	9.5036	9.8968	10.3104	10.7391
85	6.3252	6.5882	6.8621	7.1474	7.4446	7.7541	8.0765	8.4124	8.7621	9.1265	9.5059	9.9012	10.3129	10.7417	11.1883
86	6.5897	6.8637	7.1491	7.4464	7.756	8.0765	8.4144	8.7642	9.1286	9.5082	9.9035	10.3153	10.7442	11.191	11.6563
87	6.8654	7.1508	7.4482	7.7578	8.0804	8.4164	8.7663	9.1308	9.5105	9.9059	10.3178	10.7468	11.1937	11.6591	12.1439
88	7.1526	7.4499	7.7597	8.0824	8.4184	8.7684	9.133	9.5128	9.9083	10.3203	10.7494	11.1963	11.6619	12.1468	12.6518
89	7.4517	7.7616	8.0843	8.4204	8.7705	9.1352	9.5151	9.9107	10.3228	10.752	11.199	11.6647	12.1497	12.6549	13.181
90	7.7634	8.0862	8.4245	8.7748	9.1374	9.5173	9.9131	10.3252	10.7546	11.2017	11.6675	12.1526	12.6579	13.1842	13.7324
91	8.0882	8.4245	8.7748	9.1396	9.5196	9.9154	10.3277	10.7571	11.2044	11.6703	12.1555	12.6609	13.1874	13.7357	14.3068
92	8.4265	8.7769	9.1418	9.5219	9.9178	10.3302	10.7597	11.2071	11.6731	12.1584	12.664	13.1905	13.739	14.3102	14.9052
93	8.779	9.144	9.5242	9.9202	10.3327	10.7623	11.2098	11.6759	12.1614	12.667	13.1937	13.7423	14.3137	14.9088	15.5287
94	9.1462	9.5265	9.9226	10.3352	10.7649	11.2125	11.6815	12.1643	12.6701	13.1969	13.7456	14.3171	14.9124	15.5324	16.1783
95	9.5288	9.925	10.3376	10.7675	11.2152	11.6843	12.1672	12.6731	13.2	13.7489	14.3205	14.916	15.5362	16.1822	16.855
96	9.9273	10.3401	10.77	11.2179	11.6871	12.1701	12.6761	13.2032	13.7522	14.324	14.9196	15.5399	16.186	16.859	17.56
97	10.3426	10.7726	11.2206	11.6899	12.1719	12.6782	13.2056	14.3274	14.9231	15.5436	16.1938	16.8631	17.5642	18.2945	19.045
98	10.7752	11.2232	11.6899	12.1789	12.6853	13.2095	13.7588	14.3309	14.9267	15.5474	16.1938	16.8671	17.5685	18.2989	19.0596
99	11.2259	11.6927	12.1789	12.6883	13.2127	13.7621	14.3343	14.9303	15.5511	16.1977	16.8712	17.5727	18.3033	19.0644	19.857
100	11.6955	12.1818	12.6883	13.2159	13.7654	14.3377	14.9339	15.5548	16.2016	16.8752	17.5769	18.3077	19.0689	19.8618	20.6877
101	12.1847	12.6914	13.2191	13.7687	14.3412	14.9375	15.5586	16.2055	16.8793	17.5811	18.3121	19.0735	19.8666	20.6926	21.553
102	12.6944	13.2222	13.772	14.3446	14.9411	15.5623	16.2094	16.8833	17.5853	18.3155	19.0781	19.8714	20.6976	21.5582	22.4545
103	13.2254	13.7753	14.3481	14.9466	15.566	16.2133	16.8874	17.5896	18.3209	19.0827	19.8761	20.7026	21.5633	22.4599	23.3938
104	13.7786	14.3515	14.9482	15.5698	16.2171	16.8914	17.5938	18.3253	19.0873	19.8809	20.7075	21.5685	22.4653	23.3994	24.3723
105	14.355	14.9518	15.5735	16.221	16.8955	17.598	18.3297	19.0918	19.8957	20.7125	21.5737	22.4707	23.405	24.3782	25.3918
106	14.9554	15.5772	16.2249	16.8996	17.6022	18.3341	19.0964	19.8904	20.7175	21.5789	22.4761	23.4106	24.384	25.3979	26.4539
107	15.581	16.2288	16.8996	17.6054	18.3385	19.101	19.8952	20.7224	21.5841	22.4815	23.4163	24.3899	25.404	26.4603	27.5605
108	16.2327	16.9077	17.6107	18.3429	19.1056	19.9	20.7274	21.5892	22.4869	23.4219	24.3958	25.4101	26.4666	27.5671	28.7133
109	16.9117	17.6149	18.3473	19.1102	19.9048	20.7324	21.5944	22.4923	23.4275	24.4016	25.4162	26.473	27.5737	28.7202	29.9144
110	17.6191	18.3517	19.1148	19.9095	20.7374	21.5996	22.4977	23.4331	24.4075	25.4223	26.4793	27.5803	28.7271	29.9216	31.1657
111	18.3561	19.1194	19.9143	20.7423	21.6048	22.5031	23.4388	24.4133	25.4284	26.4857	27.587	28.734	29.9287	31.1731	32.4693
112	19.1239	19.9191	20.7473	21.61	22.5085	23.4444	24.4192	25.4345	26.4921	27.5936	28.7409	29.9359	31.1806	32.4771	33.8275
113	19.9239	20.7523	21.6152	22.5139	23.45	24.425	25.4406	26.4984	27.6002	28.7478	29.9431	31.1881	32.4849	33.8356	35.2424
114	20.7573	21.6204	22.5193	23.4556	24.4309	25.4467	26.5048	27.6066	28.7547	29.9503	31.2005	32.5005	33.8437	35.2509	36.7166
115	21.6255	22.5247	23.4613	24.4368	25.4528	26.5111	27.6135	28.716	29.9575	31.2106	32.5083	33.86	35.2678	36.7254	38.2524
116	22.5301	23.4669	24.4426	25.4589	26.5175	27.6201	28.7685	29.9647	31.2106	32.5083	33.86	35.2678	36.7342	38.2616	39.825
117	23.4725	24.4485	25.4651	26.5239	27.6267	28.7754	29.9719	31.2181	32.5161	33.8681	35.2763	36.743	38.2708	39.8621	41.5195
118	24.4544	25.4712	26.5302	27.6333	28.7823	29.9791	31.2256	32.5239	33.8762	35.2848	36.7519	38.28	39.8716	41.5295	43.2562
119	25.4773	26.5366	27.64	28.7892	29.9863	31.2331	32.5317	33.8843	35.2932	36.7604	38.2892	39.8812	41.5394	43.2666	45.0656
120	26.543	27.6466	28.7961	29.9934	31.2406	32.5395	33.8925	35.3017	36.7695	38.2984	39.8908	41.5494	43.277	45.0764	46.9506