

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación de Tres Métodos de Alternancia de Motosierristas en la Operación  
de Corta en el Abastecimiento Forestal

Por:

**ENRIQUE EGUILUZ PEDRAZA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de Tres Métodos de Alternancia de Motosierristas en la Operación  
de Corta en el Abastecimiento Forestal

Por:

**ENRIQUE EGUILUZ PEDRAZA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobado

Dra. Gabriela Ramírez Fuentes

Asesor Principal

M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coasesor

M. C. Andrés Najera Díaz

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2014

## **DEDICATORIA**

Para la generación anterior (mi madre) y para la generación futura (mis hijos).  
Sin su apoyo, esta tarea hubiera resultado sisífica.

-Martín Luis Guzmán-

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser la madre intelectual y lograr mi superación profesional.

Al Departamento Forestal en general por brindarme la gratitud y confianza, en especial a los maestros y personal que integran el cuerpo docente de éste gran Departamento.

Se agradece la colaboración de las autoridades de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, por la orientación prestada y la facilidad que se otorgó para obtener información verídica, el presente estudio jamás se hubiera efectuado sin su colaboración.

Al cuerpo de asesores

Un profundo agradecimiento a la Dra. Gabriela Ramírez Fuentes por la paciencia, dedicación y tiempo invertido en el presente estudio. De quien me llevo un gran aprendizaje.

Al M. C. Andrés Nájera Díaz por su apoyo y contribución en la realización de esta tesis.

Al M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez por sus aportaciones y sus comentarios muy acertados en la revisión.

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi, por todo lo que me han dado y por todas sus bendiciones.

-Claus-

## ÍNDICE

Página

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes .....	4
2.1.1. El abastecimiento forestal maderable en el mundo .....	4
2.1.2. El abastecimiento forestal maderable en México .....	5
2.2. Normatividad en el aprovechamiento forestal maderable .....	7
2.3. Operaciones del abastecimiento forestal maderable .....	12
2.4. El derribo o tala dirigida .....	15
2.5. Factores fundamentales para determinar el tipo de corte de dirección y de caída.....	24
2.6. Características de la motosierra .....	29
2.7. Perfil del motosierrista.....	31
2.7.1. Personalidad .....	31
2.7.2. Capacidad intelectual.....	32
2.7.3. Seguridad.....	33
2.7.4. Salud.....	34
2.7.5. Nutrición.....	35
2.7.6. Ergonomía .....	36
2.8. Riesgos laborales en las operación de corte .....	43
2.9. Productividad en la operación de corte .....	46
2.10. Calidad y rendimiento de la operación de corte .....	47
2.11. Trabajos afines.....	48
3. METODOLOGÍA.....	51
3.1. Descripción del área de estudio .....	51

3.1.1. Ubicación .....	51
3.1.2. Clima.....	52
3.1.3. Vegetación.....	52
3.1.4. Edafología.....	53
3.1.5. Geología .....	55
3.1.6. Hidrología.....	55
3.1.7. Aprovechamiento forestal maderable .....	56
3.2. Descripción de los métodos a evaluar .....	57
3.3. Toma de información .....	59
3.3.1. Materiales .....	59
3.3.2. Variables a evaluar .....	59
3.3.2.1. Variables ergonómicas .....	59
3.3.2.2. Variables dasométricas .....	60
3.4. Muestra .....	62
3.5. Procesamiento de datos .....	63
3.5.1. Tiempos y rendimientos.....	63
3.5.2. Coeficiente de productividad.....	64
3.5.3. Evaluación de la caída del árbol.....	65
3.6. Análisis estadístico.....	66
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
4.1. El aprovechamiento forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro .....	67
4.2. Variables descriptivas .....	69
4.2.1. Variables ambientales.....	69
4.2.2. Variables ligadas a los operadores.....	75
4.3. Evaluación de la caída del árbol .....	80
4.4. Variables inferidas.....	84
4.4.1. Salud.....	84
4.4.2. Alimentación .....	85
4.4.3. Ergonomía .....	87
4.4.4. Seguridad.....	93

4.4.5. Productividad en la operación de corte.....	94
5. CONCLUSIONES.....	98
6. RECOMENDACIONES .....	99
7. LITERATURA CITADA.....	101
8. ANEXOS .....	106

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Longitudes de espadas de acuerdo al diámetro del fuste. Fuente: Elaboración propia, a partir de información de Pérez de Larraya (2003). .....	30
Cuadro 2. Rangos de clasificación de presión arterial. Fuente: NOM-030-SSA2-1999.....	42
Cuadro 3. Porcentajes de la cantidad de los ciclos de trabajo por cada predio.	62
Cuadro 4. Evaluación de la caída del árbol. Adaptado de Montañes, J y Ríos F. (2008).....	65
Cuadro 5. Operadores que participaron en la evaluación. ....	68
Cuadro 6. Variables ambientales que se registraron en los diferentes periodos de trabajo. ....	69
Cuadro 7. Variables ambientales que se registraron en las diferentes localidades que se trabajaron. ....	70
Cuadro 8. Edad promedio de los operadores por método evaluado. ....	76
Cuadro 9. Edades de los motoherristas que participaron en la evaluación. ....	77
Cuadro 10. Tipos de actitud y sus porcentajes.....	78
Cuadro 11. Número de árboles y porcentajes de la evaluación de la caída del árbol.....	80
Cuadro 12. Número de árboles y porcentaje de los índices de la evaluación de la caída del árbol en las localidades evaluadas. ....	82
Cuadro 13. Estado medico general. ....	85
Cuadro 14. Aspectos de la ingesta de alimentos antes y durante, así como, del agua total consumida durante la jornada de trabajo.....	86
Cuadro 15. Variables ergonómicas evaluadas. ....	91
Cuadro 16. Comparación del rendimiento ( $m^3/h$ ) en diferentes lugares de México.....	96
Cuadro 17. Resultados de las pruebas de T. ....	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Derribo o tala dirigida.....	23
Figura 2. Ubicación de la CINSJP. ....	52
Figura 3. Tipos de vegetación en la CINSJP. Tomado de Fregoso, <i>et al</i> , 2001.	53
Figura 4. Mapa de los lugares de evaluación. ....	63
Figura 5. Organigrama de jerarquía del aprovechamiento forestal. ....	67
Figura 6. Temperatura ambiental promedio para cada método de trabajo, configurada en intervalos de 20 minutos. ....	71
Figura 7. Temperatura ambiental promedio y productividad las localidades evaluadas.....	72
Figura 8. Humedad relativa promedio por método y localidad. ....	73
Figura 9. Humedad relativa promedio, temperatura ambiental promedio y productividad promedio en las localidades evaluadas. ....	73
Figura 10. Metros sobre el nivel del mar promedio para cada método y localidad.....	74
Figura 11. Pendientes promedio por cada tipo de exposición en los tres métodos evaluados.....	75
Figura 12. Edades promedio por localidad. ....	76
Figura 13. Tipos de actitud y sus porcentajes. ....	78
Figura 14. Complejión promedio.....	79
Figura 15. Graficas de complexion fisica por metodo y sus porcentajes.....	79
Figura 16. Evaluación por localidad de la caída del árbol. ....	81
Figura 17. Principales signos vitales y productividad. ....	85
Figura 18. Agua consumida total por método.....	87
Figura 19. Distancia recorrida promedio.....	92
Figura 20. Tiempo productivo promedio por localidad.....	92
Figura 21. Tiempo improductivo promedio. ....	93
Figura 22. Porcentaje de cumplimiento del equipo seguridad y del botiquín de primeros auxilios.....	94
Figura 23. Frecuencias de productividad.....	95
Figura 24. Productividad máxima, mínima y promedio.....	95

## RESUMEN

El presente estudio, fue realizado en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) donde se compararon tres métodos de trabajo (Tradicional, Método de Alternancias Intervenidas y Método de Alternancias Sin Intervenir) en las operaciones de corta, en donde se evaluó la alternancia en motosierristas identificando el método más eficiente que generó una mayor productividad; así mismo se recopiló y estimó información detallada con la productividad por medio de variables dasométricas, ambientales, ergonómicas y de salud, así como, de voluntad y actitud de los individuos; se identificaron algunas de las deficiencias en las operaciones de corte, causadas por vicios en estas actividades; se generó información actualizada respecto a la productividad y relación de las diferentes variables en las operaciones de corte y se aportan recomendaciones para un mejor rendimiento en la madera apeada. La CINSJP cuenta con un encargado del área del abastecimiento forestal, el cual coordina a tres jefes de grupo y seis brigadas o cuadrillas formadas de la siguiente manera: Cada jefe de grupo está encargado de dos brigadas, cada brigada está compuesta de 3 motosierristas, 1 operador de motogrúa, 3 gancheros, 1 estibador; se trasladan al área de trabajo en camionetas partiendo del edificio comunal.

Para esto se recopiló información de 17 motosierristas en cuatro predios de la CINSJP, (La Alberca, Las Ayacatas, Los Cañones y Rancho Nuevo) donde se encontraba el ciclo de corta, la técnica empleada para recopilar la información fue mediante el diseño de un formato (anexo 1) y se utilizó un muestreo simple aleatorio (seleccionando al azar) a los trabajadores del turno correspondiente.

En base a los resultados obtenidos con los dos métodos (MAI y MASI) comparados con el testigo (Método Tradicional) ninguno demostró ser el mejor en base a la productividad ( $m^3/h$ ), mientras que los parámetros de ergonomía, de salud y de seguridad que se estimaron, representan una herramienta para mejorar la planeación de mano de obra necesaria en la actividad del derribo de árboles (apeo) dentro del aprovechamiento forestal maderable, con lo cual se

pretende contribuir en la calidad y competitividad en dicha actividad, resultando la productividad promedio máxima en el predio La Alberca con el MAI de 16.4905 m<sup>3</sup>/h.

Palabras clave: aprovechamiento forestal, derribo, motosierristas, métodos de alternancia, productividad.

## 1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento y la explotación de los bosques son tan antiguos como el ser humano. En un principio, los fines de la explotación de los bosques eran casi exclusivamente de subsistencia: alimentos, leña y materiales de construcción. Las primeras labores de explotación consistían sobre todo en propiciar incendios y talas para ganar espacio al bosque y destinar el terreno a otros usos sobre todo, a la agricultura, aunque después también a asentamientos e infraestructuras. La actividad forestal esta conformada por todas las tareas necesarias para establecer, repoblar, gestionar y proteger los bosques y aprovechar sus productos (Mager, J. 1998).

De acuerdo con Anaya y Christiansen (1986) el apeo manual (hacha, sierra de arco) es recomendable en plantaciones de bajo volumen por hectárea y diámetros pequeños; aunque el apeo manual ya no es muy utilizado hoy en día. En consecuencia la motosierra, de explosión de dos tiempos, es la más utilizada en el sector agroforestal (Manuel *et al*, 2005), Por lo anterior, el empleo de esta maquina ya no está condicionado a altos volúmenes por hectárea y grandes diámetros, pero si, a la habilidad y destreza de los operarios. Acosta *et al.*, (2004) mencionan que dentro de las operaciones en la cosecha de madera, el corte constituye la primera de estas. De ahí, que su eficiente ejecución repercute directamente en las demás operaciones del proceso de producción de madera en rollo.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1998) para reducir al mínimo los riesgos para la salud derivados del funcionamiento de sierras de cadena por ejemplo, gases de escape, ruido y vibraciones en la mayor medida posible debería reducirse al mínimo la duración a su exposición, mediante una rotación con otras tareas para las que no hagan falta sierras de cadena, por ejemplo selección de los productos finales, medición, funcionamiento de la máquina, transporte con eslingas de estrangulación,

intervención en la planificación y control de la operación. Es preferible que los operarios no trabajen con una sierra de cadena más de cinco horas al día.

Como parte del desarrollo socioeconómico de México se ha buscado la optimización de diferentes procesos para alcanzar el manejo sostenible de los bosques. En el presente estudio se realiza la comparación de tres métodos de trabajo en las operaciones de corta, en donde se evaluó la alternancia en motosierristas identificando el método más eficiente que genere una mayor productividad; así mismo, se recopiló y estimó información detallada con la productividad por medio de variables dasométricas, ambientales, ergonómicas y de salud, así como, de voluntad y actitud de los individuos; se identificaron algunas de las deficiencias en las operaciones de corte, causadas por vicios en estas actividades; se generó información actualizada respecto a la productividad y relación de las diferentes variables en las operaciones de corte y se aportan recomendaciones para un mejor rendimiento en la madera apeada; de las valuaciones realizadas en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), Michoacán.

## **1.1. Objetivos**

### *General*

1. Aplicar tres métodos de trabajo en las operaciones de corta, en donde se evaluara la alternancia en motosierristas con el fin de identificar el método más eficiente que genere una mayor productividad.

### *Específicos*

1. Recopilar y estimar información detallada relacionada con la productividad por medio de variables dasométricas, ambientales, ergonómicas y de salud, así como, de voluntad y actitud de los individuos.
2. Identificar algunas de las deficiencias en las operaciones de corte, causadas por vicios en estas actividades.
3. Análisis de las diferentes variables y la relación entre algunas de ellas.
4. Contrastar los diferentes métodos de trabajo a evaluar.
5. Generar información actualizada respecto a la productividad y su relación de las diferentes variables en las operaciones de corte.
6. Identificar el método más eficiente y productivo.
7. Aportar recomendaciones para un mejor rendimiento en la madera apeada.

## **1.2. Hipótesis**

Ho: El método de alternancias intervenidas (MAI) es mejor respecto a los métodos comparados.

Ha: El método de alternancias intervenidas (MAI) no es mejor respecto a los métodos comparados.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. El abastecimiento forestal maderable en el mundo**

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012), el sector forestal, con inclusión del manejo forestal, la producción maderera y las industrias que fabrican productos basados en ésta, representan un componente pequeño de la mayoría de las economías nacionales. En el plano mundial, dicho sector es el responsable de cerca del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) y emplea aproximadamente el 0.4% de la mano de obra total; sin embargo, estos datos no son generales para todos los países. El sector forestal es el responsable de una proporción mayor en la economía nacional, como lo es al PIB; en Canadá asciende al 2.7%, en Malasia al 3.0%, en Papua Nueva Guinea al 6.7% y en Finlandia al 5.7%, en Liberia el 17.7% y en México al 3.4%.

Según Lebedys (2004), hay tres regiones desarrolladas: América del Norte, Europa occidental y la región de Asia y el Pacífico, éstas representan aproximadamente el 30% del empleo mundial y la mayor parte del valor agregado mundial como de las exportaciones de productos forestales. El sector forestal en estas tres regiones se desempeña a un nivel que está muy por encima del promedio mundial para casi todas las mediciones de productividad.

Existen indicios de avances considerables en las industrias madereras, como lo es, el uso de equipo de menor tamaño y prácticas de bajo impacto en las operaciones del aprovechamiento maderero (Lebedys 2004).

### 2.1.2. El abastecimiento forestal maderable en México

Torres (2004), menciona que el manejo forestal en México en áreas de clima templado utilizan métodos de manejo regular e irregular y a veces mezclado. Para el manejo regular se aplica el llamado “Método de Desarrollo Silvícola” (MDS) mientras que para el manejo irregular se aplica el “Método Mexicano de Ordenación de Montes” (MMOM) en cualesquiera de sus diferentes modalidades; los métodos mezclados son muy variados y no siguen algún patrón sistemático, aunque, en la mayoría de los casos resultan ser una combinación entre el MMOM y el MDS.

Se estima que sólo el 15.1%, unas 8.6 millones de ha aproximadamente, de la superficie total arbolada del país (56.8 millones de ha en el año 2000), está bajo algún tipo de manejo técnico, aunque se calcula que alrededor de 21.6 millones de ha más (38%) tienen potencial para la producción comercial maderable (PEF-2025, 2001).

Según la FAO (2010) la madera extraída de bosques y otras tierras boscosas constituye un importante componente de la función productiva. El volumen de madera extraída indica la utilidad económica y social de los recursos forestales para las economías nacionales y las comunidades locales dependientes de estos ecosistemas. Para México la producción forestal nacional maderable en el año 2011 fue de 5,897,357 m<sup>3</sup> (SEMARNAT, 2012). Anteriormente la producción forestal nacional en los años 2000, 9,429,800 m<sup>3</sup>; 2001, 8,124,571 m<sup>3</sup>; 2002, 6,664,720 m<sup>3</sup>; 2003, 6,996,770 m<sup>3</sup>; 2004, 6,718,508 m<sup>3</sup>; 2005, 6,423,897 m<sup>3</sup>; 2006, 6,481,168 m<sup>3</sup>; 2007, 6,988,461 m<sup>3</sup>; 2008, 6,304,949 m<sup>3</sup>; 2009, 5,808,956 m<sup>3</sup> y finalmente en el año 2010 fue de 5,627,088 m<sup>3</sup> (CNF, 2012).

Uno de los objetivos del Plan Estratégico Forestal para México (2025) es: aumentar la rentabilidad del aprovechamiento forestal aplicando criterios y procedimientos para facilitar la expedición de documentación para el transporte

de materias primas forestales con el propósito de facilitar el aprovechamiento integral de todos los productos y evitar el clandestinaje. Al igual que al introducir ajustes en los programas de manejo para facilitar la cuantificación de sus metas y la evaluación de sus resultados, para que dejen de ser sólo documentos que justifiquen un aprovechamiento y trasciendan a instrumentos de planeación en donde el principal objetivo sea el cultivo y ordenación del bosque (PEF-2025, 2001).

La extracción de productos forestales maderables en México reviste dos importantes problemas: (a) el uso de tecnología de alto impacto ambiental y (b) los altos costos de operación. Respecto a estos últimos, existe una enorme variación, la cual se atribuye fundamentalmente a los factores siguientes: (I) productividad del sitio, (II) tipo de propiedad del bosque o selva, (III) nivel de mecanización de las operaciones de extracción, (IV) nivel de productividad de los motosierristas y los operarios de la maquinaria (V) condición ecosistémica de bosque o selva, (VI) organización formal para la producción, (VII) cantidad y calidad de caminos forestales, (VIII) oferta y calidad de equipo de transporte y (IX) problemas en la contabilidad de los costos (Torres, 2004).

## **2.2. Normatividad en el aprovechamiento forestal maderable**

En el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en la última reforma publicada Diario Oficial de la Federación 10-02-2014 menciona que “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada. Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana” por lo cual ésta, tiene por objeto regular y fomentar la conservación, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país (CPEUM, 2014)

En la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) (2003) los siguientes artículos hacen referencia al abastecimiento forestal en México:

Artículo 58: Corresponderá a la Secretaría (SEMARNAT) otorgar las siguientes autorizaciones:

I. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales

II. Aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales

Artículo 60: Las autorizaciones para el aprovechamiento de recursos forestales tendrán una vigencia correspondiente al ciclo de corta.

Artículo 63: Las autorizaciones en materia forestal sólo se otorgaran a los propietarios de los terrenos y a las personas legalmente facultadas para

poseerlos y usufructuarlos.

Artículo 73: Se requiere autorización de la Secretaría para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en terrenos forestales o preferentemente forestales.

Artículo 79: El programa de manejo forestal tendrá una vigencia correspondiente a un turno.

Artículo 115: Quienes realicen el transporte de las materia primas forestales, sus productos y subproductos, incluida madera aserrada o con escuadría, con excepción con aquellas destinadas al uso domestico, deberán acreditar su legal procedencia con la documentación.

En el Reglamento de la LGDFS (2003), se mencionan los siguientes artículos:

Artículo 37: Menciona el contenido que deberán tener los programas de manejo para el aprovechamiento de recursos forestales maderables.

Artículo 40: Los criterios y las especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestales se establecerán en las normas oficiales mexicanas que para tal efecto expedirá la Secretaría.

Artículo 93: Los transportistas, los responsables y los titulares de centro de almacenamiento y de transformación, así como los poseedores de materias primas forestales y de sus productos y subproductos, incluida madera aserrada o con escuadría, deberán demostrar su legal procedencia cuando la autoridad competente lo requiera.

Artículo 97: Las remisiones forestales tendrán una vigencia de un año, lo cual corresponderá a la anualidad autorizada para el aprovechamiento o determinada en el aviso respectivo.

Artículo 99: La Secretaría tendrá por canceladas las remisiones forestales sobrantes, en caso de que el titular del aprovechamiento forestal o de la

plantación forestal comercial agote el volumen de aprovechamiento autorizado o previsto en el aviso correspondiente para la anualidad respectiva, sin que haya expedido todas las remisiones forestales otorgadas.

En la Ley Federal del Trabajo (2012), se mencionan los siguientes artículos:

Artículo 176: Se considerarán como labores peligrosas o insalubres las agrícolas, forestales, silvícolas, de aserradero, de caza y de pesca.

Las Normas Oficiales Mexicanas que regulan los aprovechamientos forestales maderables, son las siguientes:

Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, Que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, y que establece las especificaciones, criterios y procedimientos para ordenar la participación social y de gobierno en la detección y el combate de los incendios forestales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de marzo de 1999.

Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental en especies nativas de México, de flora y fauna silvestre; categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-060-SEMARNAT-1994, Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de mayo de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-061-SEMARNAT-1994, Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y

fauna silvestres por el aprovechamiento forestal. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de mayo de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-SEMARNAT-1994, que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NOM-007-STPS-1999, Actividades agrícolas, instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas - Condiciones de seguridad.

NOM-008-STPS-2001, Actividades de aprovechamiento forestal maderable y de aserraderos - Condiciones de seguridad e higiene.

NOM-009-SCT2-2009, Especificaciones especiales y de compatibilidad para el almacenamiento y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-113-STPS-2009, Seguridad - Equipo de protección personal - Calzado de protección - Clasificación, especificaciones y métodos de prueba.

NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

NOM-024-STPS-2001, Vibraciones, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

Las Normas Técnicas Ecológicas y Normas Mexicanas que participan en el aprovechamiento forestal son:

NTE-CRN-002-1992, Que establece las condiciones para el derribo y extracción de productos forestales.

NTE-CRN-003-1992, En materia de caminos forestales, extracción de productos.

NTE-CRN-005-1992, Que establece las condiciones para la protección de las áreas sujetas a cortas de regeneración.

NTE-CRN-007-1992, Que establece las condiciones para operar campamentos para aprovechamiento forestal.

NMX-AA-040-1976. Clasificación de ruidos.

NMX-AA-047-1977. Sonómetros para usos generales.

Norma Mexicana NMX-AA-143-SCFI-2008, Para la certificación del manejo sustentable de los bosques.

### 2.3. Operaciones del abastecimiento forestal maderable

Návar (1979) define el abastecimiento de productos forestales como el conjunto de operaciones y actividades debidamente organizadas y coordinadas que hacen posible la conversión de árboles en pie en materias primas (trozos, postes, leñas, astilla, brazuelo, etc.); éstas operaciones consisten en movilizar el material desde el bosque hasta los patios de concentración de la industria forestal.

Por su parte, Delgado y Vallejo (1977) señalan que el aprovechamiento forestal es el conjunto de actividades involucradas en la extracción y transporte de los recursos integrados del bosque, desde el bosque mismo hasta los centros de transformación y/o consumo.

La LGDFS (2003), menciona que el abastecimiento forestal es la extracción realizada de los recursos forestales del medio en que se encuentran incluyendo los maderables y los no maderables.

Nájera (2010), Montañes y Ríos (2008), Anaya y Christiansen (1986) mencionan que las operaciones del abastecimiento forestal maderable son las que se describen a continuación:

**Derribo:** El ciclo de trabajo para esta operación incluye las etapas de: selección del arbolado, remoción de obstáculos, corte de dirección y corte de caída (derribo direccional). Se realiza por un operador en forma manual utilizando motosierras de 1.5 a 2 Hp. Según El Código modelo de practicas de aprovechamiento forestal de la FAO (1996) menciona que en la corta se incluye todas las actividades dirigidas al apeo de los árboles en pie y prepararlos para el desembosque. La operación de corta comprende el apeo del árbol en pie y su medición para determinar el tamaño idóneo de las trozas. En el apartado 2.4 se tratará más ampliamente los aspectos técnicos del derribo dirigido (anexo 2).

**Desrame:** Consiste en liberar el fuste de la inserción de ramas para sanear y dimensionar el largo de las trozas. Se realiza por un operador en forma manual y al igual que el derribo utiliza motosierras de 1.5 a 2 Hp (anexo 3).

**Troceo:** Se realiza por un operador en forma manual utilizando motosierras de la misma potencia. El ciclo consiste en realizar los cortes necesarios para dimensionar la longitud de las trozas en medidas comerciales que varían de 4 a 36 pies generalmente (anexo 4).

**Arrastre:** Cuando es mecanizado, el ciclo de trabajo consiste en localizar la troza, engancharla y deslizarla o arrastrarla hasta los centros de acopio o pie de brecha. Esta operación cuando es mecanizada se realiza con motogrúa, tractor forestal articulado, tractor agrícola, y tractor de oruga así como, con tracción animal, e incluso puede realizarse de forma manual. Para los primeros las cuadrillas de trabajo están conformadas generalmente por un operador y varios cableros; mientras que el arrastre con animales consta de un operador y una yunta de animales generalmente bueyes o mulas, unidos con un yugo y cadenas, mientras que el arrastre manual varía ampliamente; de acuerdo con Aguirre y Villanueva (2008) aseguran que el arrastre manual se realiza utilizando la fuerza humana y ayudándose con ganchos, se jalan las trozas hacia los carriles, a favor de la pendiente y se acercan hasta la orilla de los caminos (anexo 5 y 6). De acuerdo con la OIT (1998) el arrastre puede realizarse con lanzadero (infraestructura lineal construida con madera o piezas metálicas para el deslizamiento de trozas por gravedad hasta un punto de reunión), acarreador (herramienta con tiro manual, como una carretilla) y cabrestante llamado también malacate y/o winch y cable aéreo.

**Carga:** Puede realizarse en forma mecanizada así como, en forma manual. El ciclo de trabajo consta de desplazamiento, enganche, levantamiento y acomodo de las trozas en los vehículos de carga. De acuerdo con la OIT (1998) los vehículos que se carguen deben estar inmovilizados y frenados firmemente como medida de seguridad. Mientras se realiza la carga, el operador no debe estar en la cabina o en la plataforma del vehículo. Las cargas de camión deben estar bien equilibradas y aseguradas como para que las trozas no se salgan o

muevan durante el trayecto en la terracería; cuando se va a entrar a un camino principal (camino asfaltado) se deben tensar nuevamente las fajas o cadenas, para la seguridad de las personas así como, de la materia prima (anexo 7 y 8).

**Transporte:** Es el traslado de la madera desde los centros de acopio de saca, hasta el centro de almacenamiento y/o transformación forestal; utilizando diferentes vías de comunicación terrestre (caminos forestales de diferente orden), carreteras asfaltadas, también de diferente orden, efectuándose por medio de vehículos de carga de distintos tipos y clases. Por agua mediante armadías (balsas). Vehículos de carga autocargador, los cuales vienen dotados con una grúa hidráulica para la operación de carga; con helicópteros, solo se usa en distancias cortas (Anaya y Christiansen, 1986). A su vez se da por tren con un menor uso; en México son realmente pocos los casos en los que se realiza el transporte fluvial, aéreo y férreo (anexo 9, 10, 11 y 12).

## 2.4. El derribo o tala dirigida

Tenner (1997), OIT (1998) mencionan que la tala dirigida requiere no sólo de experiencia sino también de conocimiento en varios aspectos. El conocimiento sobre el uso, manejo y mantenimiento de la motosierra y herramientas necesarias para la operación. La planificación y organización del trabajo, así como los métodos de apeo que se mencionaran en el apartado 2.5. El conocimiento de estos aspectos permitirá al trabajador forestal laborar de una forma más cómoda, segura, económica (reducir los costos de operación), minimizando los impactos negativos en las áreas del aprovechamiento forestal e incrementando su rendimiento y sus ganancias. Por lo anterior, se deben de utilizar herramientas y equipos en la tala dirigida.

Las principales herramientas son:

Cuña: Es una herramienta que cumple con la función de dirigir y/o redirigir el peso del árbol en la dirección de caída prevista por el operador principalmente en los siguientes casos:

- Cuando el árbol tiene muy poco peso en la dirección de caída.
- Cuando el árbol tiene el peso en el centro.
- Cuando el peso del árbol es contrario a la inclinación natural de éste.

Hacha: Es una herramienta metálica cortante de sección triangular. Generalmente se usa para:

- Corte de árboles delgados, medianos y pequeños.
- Trabajos preparatorios para el corte de árboles demasiado grandes.
- Desrame.
- Descortezado.

- Otros usos generales.

Gancho volteador maderero: Es una palanca resistente de 1.50 m a 2.10 m de largo, que tiene en la punta de mayor longitud un gancho que pivotea sobre un tornillo. Es recomendable utilizar el gancho volteador con mango largo (ya que sirve de palanca) y que el gancho (de diferentes ángulos de abertura) esté diseñado de tal forma que sirva para enganchar diferentes diámetros de trozas. Es una herramienta indispensable que realiza las siguientes funciones:

- Facilita el volteo de las trozas
- Ayuda como palanca en árboles que están apoyados, enredados, atrapados o engallinados.

Palanca de apeo: Es una herramienta que puede sustituir la cuña y el gancho volteador en raleos de bosques secundarios o en plantaciones. Cumple las siguientes funciones para árboles pequeños y medianos:

- Redirigir el árbol en la dirección de caída deseada.
- Facilita el volteo de las trozas.

Machete: Herramienta metálica plana, los trabajadores forestales usan esta herramienta durante la corta en los siguientes casos:

- Limpiar los alrededores del árbol para facilitar el apeo, la ruta de escape, la dirección de caída, el pie del árbol, el fuste del árbol talado.
- Cortar ramas pequeñas de la copa del árbol.
- Cortar cuando la motosierra se atasca.

El equipo que se debe de utilizar en la tala dirigida es:

- Motosierra.

- Juego de herramientas para la motosierra incluyendo llave universal.
- Bidón de combustible.
- Bidón de aceite para cadena.
- Recipiente para usos varios (mantenimiento de motosierra).
- Cepillo para limpiar partes pequeñas del equipo (cepillo de dientes de cerdas duras).
- Limas redondas o limatones finos.
- Limas planas bastardas.
- Botiquín completo para primeros auxilios.
- Mangos adicionales para las herramientas (hacha y gancho volteador).
- Refacciones de repuesto para la motosierra (cadena, filtros de aire y gasolina, grapas, polea para el trinquete, piñón de la espada, piola, etc.).

Por otro lado se obtiene un mejor rendimiento cuando se trabaja en grupos de dos personas en donde cada uno realiza su labor cerca del otro; de manera que puedan ayudarse en caso de ocurrir algún accidente o en trabajos que se requiera más de una persona. En bosques naturales tropicales con grandes árboles en los que haya dificultad para encontrarlos, es recomendable trabajar con uno o dos ayudantes (Tenner,1997).

Acosta F. C. *et al.* (2004) indica que el corte constituye la primera operación de la cosecha de madera. De ahí, que su eficiente ejecución repercutirá directamente en las demás operaciones del proceso del abastecimiento forestal maderable.

De acuerdo con Tenner (1997) las reglas generales para la tala dirigida son:

A. Una evaluación previa del árbol por cortar es necesaria para escoger el tipo de corte de dirección y caída dirigida apropiado, el tipo de corte, el comportamiento del árbol y conocer los eventuales peligros. Por consiguiente, antes de cortar un árbol hay que observar los siguientes seis puntos:

*Tipo y grosor del árbol:* Es importante conocer la especie, el diámetro, edad y características fenotípicas (si es un árbol de fibras largas o cortas, un árbol que se pueda rajarse fácilmente, que presente madera de reacción, etc.) del árbol para determinar la forma de trabajar el apeo y la dirección de caída del árbol, los eventuales peligros y el comportamiento de éste al momento de caer.

*Base del árbol:* Examinar el tamaño de los contrafuertes (si los hubiera), observar si el sistema radicular (pivotantes o lateral) se encuentra fuertemente arraigado al suelo, visualizar si hay partes podridas.

*Forma del fuste:* Fijarse si el fuste presenta encorvamiento, inclinación, regularidad e irregularidad, presencia de contrafuertes, otros aspectos; lo anterior ayudará a determinar en centro de gravedad y en qué dirección está el mayor peso del árbol.

*Copas y gajos:* Se debe observar si el peso de la copa está bien distribuido o desequilibrado, también si la copa tiene cruce o intersección con la copa de otros árboles. Además identificar si el árbol presenta fracturas, pudriciones o polillas.

*Ramas:* Para prever eventuales peligros se debe observar si existen ramas secas o quebradas que podrían caerse durante el trabajo de apeo así como, las proporciones y dimensiones de éstas.

*Altura del árbol y obstáculos:* La altura del árbol es importante para determinar el área de caída, el área de peligro, el lugar de impacto de la copa y además si existen peligros para los compañeros de trabajo.

B. Para definir de la dirección de caída hay que considerar lo siguiente:

*La protección del personal:* visualizar que en el momento de realizar el apeo, el fuste o tronco no salte hacia un lado y/o hacia atrás, y evitar dentro de lo posible que al caer el árbol quiebre las ramas de otros árboles o del mismo árbol pudiendo causar daños a los trabajadores.

*La protección del árbol por talar:* Buscar la mejor dirección de caída (que no halla montículos, rocas, u otros árboles en el suelo) donde no exista peligro de que el fuste se raje o se fracture.

*La protección de la regeneración y de otros árboles:* Procurar que el daño sea mínimo para los árboles remanentes, cual sea su estatus (grandes o pequeños).

*La dirección del arrastre y transporte por carretera:* Ya que la operación de apeo esta en función de la dirección de arrastre se debe planear y ejecutar ésta, de tal manera que permita una fácil extracción de fustes, causando los menores daños a los árboles remanentes y al suelo.

*Facilidad de preparación de los productos:* Procurar que le direccionamiento del apeo permita desramar y trocear fácilmente, así como la organización y clasificación de los productos.

C. La limpieza de la base del árbol y alrededor de éste (anexo 13), se hace con el fin de realizar el trabajo con mayor facilidad, aumentando el rendimiento y evitando accidentes, así como, daños al sistema de corte de la motosierra, en algunos casos, si hay mucha vegetación, se debe despejar también la ruta de escape y la dirección de caída del árbol; cuando se presenten obstáculos de gran tamaño, evitando así la rajadura y fractura del fuste.

D. Hacer la boca de caída del tabacote con el fin de debilitar la presión del fuste en la zona del tabacote para que el árbol caiga direccionado y con mayor facilidad. Las medidas del corte son:

- La profundidad de la base del tabacote debe ser igual a una quinta parte del grosor del pie del árbol.
- La altura de la boca de caída debe ser igual a la profundidad de la base del tabacote, o sea se debe formar un ángulo de 45 grados.

E. Hacer la bisagra (anexo 14): (espacio que se forma después de haber realizado el tabacote y haber retirado la sección de madera cortada, que se forma entre el techo y el piso del tabacote) Tiene la función de guiar el árbol durante la caída en la dirección del tabacote, evitando que el árbol gire sobre sí mismo y cambie abruptamente la dirección de caída. El ancho de la bisagra y se determina generalmente con base en los siguientes aspectos:

- El grosor del árbol (el ancho de la bisagra tiene que ser en general una décima parte del grosor del árbol o la mitad de la profundidad del tabacote).
- La distribución del peso del fuste y de la copa del árbol.
- La dirección de los hilos de madera en la zona de la bisagra (es más fácil dirigir la caída del árbol si las fibras de la madera son verticales y no inclinadas y/o torcidas).
- La dirección o posición de los contrafuertes en la zona de la bisagra
- La edad del árbol (los árboles viejos tienen generalmente fibras más cortas que los árboles jóvenes).
- Especie o tipo de árbol (el ancho de la bisagra debe ser más grande en las especies con fibras cortas (latifoliadas) que en aquellas con fibras largas (coníferas), en las especies que se rajan con facilidad es recomendable realizar unos pequeños cortes laterales (en los contrafuertes) a la altura del corte de caída).

F. Hacer el corte de caída (anexo 15) (debe hacerse más alto que el corte del piso del tabacote, de esta forma la bisagra podrá cumplir su función de guiar la caída del árbol y se podrá formar un borde de volteo (listón) para que el árbol no pierda la dirección de caída y tenga la función de redirigir el árbol en caso de

que sea necesario, además de, darle tiempo al operador de moverse hacia la ruta de escape) Los pasos a seguir para realizar el corte de caída son:

- Iniciar el corte de caída aproximadamente a la mitad de la altura de a boca de caída o del tabacote.
- De ser necesario introducir cuña(s) para asegurar que el corte no se cierre.
- Realizar el corte de caída hasta aproximadamente 5 cm antes de alcanzar las marcas de la bisagra.
- Preferentemente sacar la motosierra del corte y colocarla en un lugar seguro.
- En caso de usar cuña(s) golpearla(s) para introducirla(s), fijándose en la reacción de la copa hasta completar el apeo.
- Justo antes de que empiece la caída del árbol gritar algún termino coloquial o emitir algún sonido que indique la caída del árbol y con ello evitar accidentes.
- Dirigirse por la ruta de escape en el momento oportuno (45 grados de la dirección de caída contraria).
- Observar bien la distribución de la copa y las ramas que pudieran caer.

Torres, E. *et al.* (S/A) mencionan que al empezar a manejar la motosierra, el operador debe mantenerse a una prudente distancia de otras personas; procurarse que no haya nada que obstruya su funcionamiento, colocando la motosierra en el suelo y sujetándola con un pie en la base de la empuñadura trasera o bien sólidamente entre los muslos. Se podría emplear otro método si ha sido considerado como seguro por una autoridad competente o una institución de formación. Además se recomienda que nadie debe colocarse cerca del operador de corta, es decir, a menos del doble de la distancia de la

altura del árbol que se va a derribar, salvo en caso de que el operador de corta considere que resulta seguro hacer lo contrario. Solamente debe permitirse a los operadores de corta estar cerca del árbol que vaya a apearse, y no a otras personas, a no ser que:

- Ayuden a derribar el árbol.
- Ejercen una función de control por cuenta de la dirección.
- Estén recibiendo formación para la corta.
- Se necesite su ayuda para superar una dificultad de corta concreta, y que el operario de corta considere que no hay peligro.

La OIT (1998) recomienda que las operaciones de corta deberían efectuarse únicamente de día y cuando las condiciones meteorológicas permitan una buena visibilidad y seguridad en el personal. No se recomienda que estas operaciones se realicen cuando el viento tenga velocidades altas (9.5 km/h o 6 m/h) (SPURR, 1982).

Por otro lado Villagómez, M. (2011) indica que la preparación y operación de la corta consisten en:

a) Preparación.- Al inicio de la jornada el operador revisa que el tanque de gasolina y el depósito de aceite de la máquina estén llenos a la capacidad de diseño. Después, enciende la motosierra y la deja trabajar de 5 a 10 min, para que se caliente el motor, mientras esto sucede se realiza un recorrido rápido de evaluación y se revisa la posición y características del árbol marcado; se regresa al equipo, se acelera y se comprueba que la cadena esté bien lubricada; finalmente se inicia la operación.

b) Operación.- Durante las actividades de tiempo productivo explicado en el apartado 3.4.2, el operador realiza; arribo al pie del árbol, evaluación de la ruta de escape, eliminación de maleza, definición de la dirección de caída del árbol, corte del tabacote, y extracción del éste (figura 1), cambio de posición para realizar corte de derribo. Posteriormente se desrama y despunta el árbol se evalúa que no halla defectos en el fuste y se procede a medir en base a la

longitud comercial establecida, se trocea y finalmente se pican las ramas y se distribuyen por el suelo.

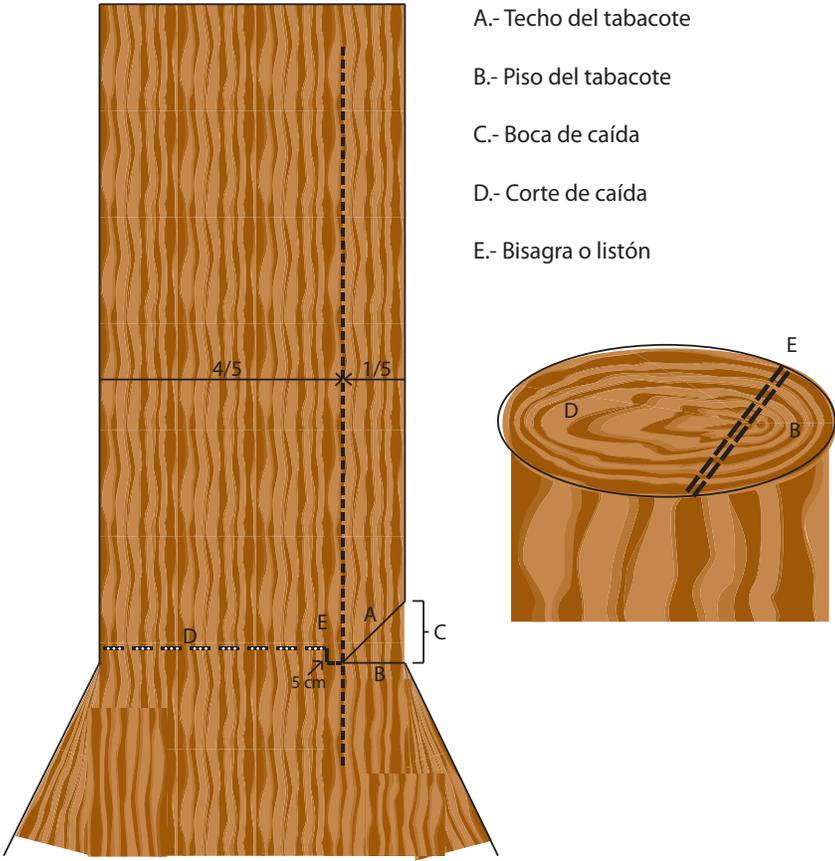


Figura 1. Derribo o tala dirigida.

## **2.5. Factores fundamentales para determinar el tipo de corte de dirección y de caída**

Anaya y Christiansen (1986) mencionan los factores fundamentales que se debe tener en cuenta para elegir un determinado corte de dirección y de caída, de entre los cuales son:

- a) Pendiente del terreno
- b) Volumen por hectárea
- c) Diámetro del fuste
- d) Mano de obra (características del personal)

Para Tenner (1997) hay varios tipos de corte de dirección y de caída dirigida, realizados con la motosierra, los cuales se describen a continuación:

*Árboles con contrafuertes* (anexo 21): En estos casos en que el apeo desde el nivel del suelo no sea posible y el corte de caída debe ser realizado a mayor altura que los hombros del motosierrista hay que construir una plataforma al igual que en el caso de árboles en pendientes fuertes. En lo posible evitar estos casos por los peligros que implica cuando el operador no tenga las aptitudes y conocimientos necesarias. El procedimiento es el siguiente:

- Cortar los contrafuertes en la zona y lados del tabacote.
- Realizar el corte del piso del tabacote a una profundidad de los contrafuertes a los lados de la bisagra.
- Realizar el corte del techo del tabacote.
- Cortar unas secciones de los contrafuertes de atrás para trabajar mejor con las cuñas (si es necesario).
- Continuar con cualquiera de los métodos que se describirán a continuación.

*Corte en abanico* (anexo 16): Cuando el largo de la espada de la motosierra es mayor que el grosor del árbol, el procedimiento es:

- Mover la parte del motor de la motosierra hasta la marca de la bisagra.

- Mantener la posición de la motosierra, pero moviendo la punta de la espada hasta alcanzar la marca de la bisagra.

*Corte en abanico tirado:* Cuando el largo de la espada es menor que el grosor del árbol se deben seguir los siguientes pasos:

- Iniciar el corte de caída fijándose que la punta de la espada se encuentre siempre cerca de la bisagra.
- Mantener la espada dentro del corte, y seguir hasta alcanzar la marca de la bisagra.
- Continuar el corte, recorriendo y penetrando con la espada la periferia del árbol.

*Corte de corazón:* Cuando el grosor del árbol es superior a dos veces al largo de la espada, se realiza lo siguiente:

- Cortar por el lado de la bisagra (espacio que deja el tabacote) la parte del fuste que no puede ser realizada por el corte de caída, a causa del largo de la espada.
- Una vez realizado lo anterior se procede a realizar el corte en abanico tirado.

*Árbol podrido (anexo 17):* Se debe emplear un método diferente debido a que la bisagra, del árbol podrido no es muy segura y puede afectar la dirección de caída de éste. El procedimiento que se emplea es el siguiente:

- Determinar la altura para realizar la bisagra (aproximadamente a 1 metro).
- Quitar la corteza en la zona de la bisagra (para poder observar si la madera se está rajando).
- En caso de ser necesario controlar con la palanca de apeo la dirección de caída.
- Realizar hacia abajo varios cortes horizontales de 2 a 3 centímetros de profundidad cada uno, hasta llegar a una distancia dos veces mayor a la

profundidad del piso del tabacote. Ya que al realizar completamente el tabacote la madera puede tener reacciones adversas a las deseadas con este método.

- Realizar el ancho de la bisagra a 1/10 del diámetro del árbol.
- Iniciar el corte de caída aproximadamente a una décima parte del grosor más alto que la base del tabacote.
- Introducir una(s) cuña(s) para redirigir la caída del árbol.
- Terminar el corte de caída hasta alcanzar las marcas de la bisagra.
- Retirar la motosierra del corte.
- Propiciar la caída del el árbol golpeando la(s) cuña(s). En el momento que el árbol está cayendo puede desprenderse totalmente del tocón.

*Boca ancha* (anexo 18): El tabacote determina la dirección de caída, pero cuando los árboles están ligeramente inclinados a la derecha o izquierda de la dirección de caída deseada, o ligeramente inclinados hacia el lado opuesto del tabacote (hacia atrás). La boca de caída debe ser ancha para poder guiar al árbol por y lograr que éste no caiga influenciado por su inclinación natural. El método a seguir es:

- Buscar el lado más ancho del árbol para determinar la zona de la boca (largo de la bisagra).
- Retirar los contrafuertes en la zona del tabacote y a los lados (si fuera necesario) sin cortar los contrafuertes en la zona del corte de caída pues esa madera se requiere como apoyo.
- Visualizar el ancho que debe tener el tabacote, el cual debiera coincidir con la profundidad del mismo.
- Cortar el tabacote en la dirección prevista.
- Controlar la dirección de caída por medio de la palanca de apeo y/o cuñas en caso de ser necesario.
- Procurar que el corte de caída se ubique a un medio de la altura del tabacote o aproximadamente a 5 cm del piso de éste; terminado el corte

mas o menos a 5cm antes de llegar la bisagra (formándose el listón de seguridad).

*Corte de punta:* Se aplica en árboles que están fuertemente inclinados hacia la dirección de caída deseada; en estas condiciones el árbol puede ser un peligro para los trabajadores forestales, para otros árboles, así como, para él mismo. Por lo anterior es necesario aplicar el método del corte de punta, realizando el procedimiento siguiente:

- Retirar los contrafuertes en la zona del tabacote y a los lados (si fuera necesario) sin cortar los contrafuertes en la zona del corte de caída pues esa madera se requiere como apoyo.
- Realizar el corte del piso del tabacote, procurando que la espada no se quede prensada.
- Realizar el corte del techo del tabacote a una distancia aproximada a la profundidad del piso de éste, formando un ángulo de 45 grados.
- Procurar que el corte de caída se ubique a un medio de la altura del tabacote o aproximadamente a 5 cm del piso de éste; terminado el corte mas o menos a 5cm antes de llegar la bisagra (formándose el listón de seguridad).
- En caso de que el diámetro del árbol sea mayor al largo de la espada, se recomienda hacer el corte de corazón.
- Cortar ligeramente los extremos de la bisagra en ambos lados.
- Terminar el corte de caída cortando rápidamente de afuera hacia adentro en un ángulo de 45 grados evitando así que ocurran accidentes por deslizamientos bruscos del árbol hacia el operador.

*Boca profunda* (anexo 19): Se utiliza cuando el árbol está ligeramente inclinado en la dirección de caída deseada, y consiste en lo siguiente:

- Retirar los contrafuertes en la zona del tabacote y a los lados (si fuera necesario) sin cortar los contrafuertes en la zona del corte de caída pues esa madera se requiere como apoyo.

- Se procede a realizar el tabacote.
- Realizar con cuidado un pequeño corte en el piso del tabacote.
- Se amplia el tabacote (cortando primero el techo del mismo, para evitar que la espada se preñe) formando un ángulo de 45 grados, ampliándolo por etapas, eliminando máximo 3 cm en cada corte, hasta llegar a la medula (duramen).
- Realizar el corte de caída con el motor a toda marcha procurando que se ubique a un medio de la altura del tabacote o aproximadamente a 5 cm del piso de éste; terminado el corte mas o menos a 5cm antes de llegar la bisagra (formándose el listón de seguridad)
- Si el árbol es muy grueso y el largo de la espada no es suficiente para cortar el diámetro del árbol, se recomienda hacer el corte de corazón.

Una vez que el árbol se apeo con alguno de los métodos escritos anteriormente, y por alguna razón se recostó, se recargo, o se engallino (con otra copa o con lianas), el procedimiento para completar el derribo es el siguiente:

- Evaluar el árbol.
- Determinar la zona de compresión y la zona de tensión.
- Cortar con la punta de la espada el centro de la bisagra por el lado del corte de caída.
- Cortar la parte restante de la bisagra con el hacha.
- Girar el árbol con el gancho volteador maderero o con la ayuda de palancas.

Los tipos de cortes para apea árboles siempre son los mismos, su aplicación y complejidad varían de acuerdo al tamaño del árbol, inclinación natural así como, dirección deseada de caída, ya que las coníferas no presentan contrafuertes, los procedimientos antes escritos son los mismos, omitiendo que presentan contrafuertes.

## 2.6. Características de la motosierra

La motosierra de combustión interna (tiene un motor mono-cilíndrico, de dos tiempos, de diámetro variable según la potencia del motor. A éstos se les denomina motores cuadrados al superar el diámetro del pistón su carrera, ya que estos motores carecen de conductos de lubricación) es la máquina más utilizada en el sector agroforestal, pues combina su extraordinaria potencia y ligereza con la autonomía de las cargas de carburante también llamada mezcla de combustible (gasolina con aceite de dos tiempos), para realizar la explosión y lubricar a la vez.

Se clasifican en:

- Ligeras (potencia de 30 a 40 Hp, y una cilindrada de 1.5 a 2.5 cc).
- Medianas (potencia de 40 a 60 Hp, y una cilindrada de 2.5 a 4.5 cc).
- Potentes (potencia de 60 a 90 Hp, y una cilindrada de 4.5 a 6.5 cc).
- Muy potentes (potencia de 90 a 125 Hp, y una cilindrada de 5.5 a 9 cc) (Ortega A, *et al*, 2005).

Pérez de Larraya (2003) menciona los aspectos que se han de tomar en cuenta para la elección de la motosierra y la espada en los aprovechamientos forestales maderables, son:

La garantía legal:

- Que tenga manual de instrucciones del fabricante.
- Que contenga una garantía de la máquina.

El tipo de tarea a realizar:

- Profesional.
- Semiprofesional.
- No profesional.

El uso:

- Poco frecuente.
- Frecuente.
- Muy frecuente.

El lugar de trabajo:

- En el interior.
- En el exterior.

Tipo de máquina:

- Potencia.
- Peso.
- Características.

Técnica de trabajo:

- Operaciones adecuadas según las circunstancias de cada árbol (grosor, dureza, comodidad, condiciones del terreno, etc.)
- Del tipo de máquina y su manejabilidad.

Los aspectos para la elección de la espada, son:

A. Longitud de la espada: En función del diámetro de los fustes a cortar.

Cuadro 1. Longitudes de espadas de acuerdo al diámetro del fuste. Fuente: Elaboración propia, a partir de información de Pérez de Larraya (2003).

<b>Longitud de la espada (cm)</b>	<b>Diámetro del fuste (cm)</b>	<b>Ancho de la espada</b>	<b>Uso</b>
<b>60</b>	60, 70, 80, 90, 100	Anchas y largas	Tala
<b>50</b>	50, 60, 70, 80, 90	Estrechas y no cortas	Partido de materiales
<b>40</b>	40, 50, 60, 70, 80	Cortas y delgadas	Desramado
<b>30</b>	20, 30	Estrechas y cortas	Picado

B. Ancho de la espada: En función de la clase de cortes que se realizarán.

Tala: Espadas anchas y largas (aprovechamiento forestal maderable).

Desramado: Cortas y delgadas (plantaciones y/o huertas).

Tronzado: Estrechas y no cortas (partido de materiales).

Picado: Estrechas y cortas (pica de materiales).

## 2.7. Perfil del motosierrista

Se considera que el motosierrista debe demostrar conocimientos y habilidades, además de una serie de capacitaciones en seguridad, salud y nutrición, etc. Esto le permite desarrollarse como operador de motosierra en las actividades silvícolas (CORMA, 2011).

Mientras que Apud, E. y Valdés, S. (1999) mencionan algunos rasgos generales que permiten definir el perfil de un motosierrista son:

- Equilibrio emocional: Es un rasgo considerado muy necesario para adecuarse a un trabajo que demanda mucho esfuerzo físico y emocional, así como un potencial y constante riesgo.
- Conciencia grupal: Factor importante que facilita la labor de equipo y la cooperación mutua. Se espera que el sujeto destaque en este rasgo.
- Responsabilidad: Debe tener índices promedio o elevados de responsabilidad. Este aspecto es muy importante, si se tiene en cuenta el compromiso social por la seguridad de sus compañeros de trabajo y el suyo propio.
- Flexibilidad: Importante indicador de la capacidad para adecuarse constantemente a cambios, situaciones, y personas.

Además de los anteriores rasgos ya detallados, son de vital importancia la personalidad, la capacidad intelectual, la seguridad, la salud, la nutrición y los aspectos ergonómicos; los cuales se exponen a continuación.

### 2.7.1. Personalidad

Larsen, R. y Buss, D. (2005), definen la personalidad como una variable de reacción social, la cual se encarga de mediar las exigencias de diversas necesidades de satisfacción con las demandas sociales y/o laborales. Es de destacar que los principales rasgos de personalidad del motosierrista coinciden ampliamente con las del perfil de éste, los cuales se detallaron en el punto anterior (equilibrio emocional, conciencia grupal, responsabilidad y flexibilidad).

Apud, E. y Valdés, S. (1999) destacan los anteriores rasgos como características de la personalidad que debe tener un motosierrista, debido a que los trabajadores deben enfrentarse a situaciones cambiantes y muchas veces, tienen que permanecer alejados de sus familias; por lo cual, deben coexistir laboral y socialmente durante largos períodos de tiempo con el mismo grupo humano; sin alternativa de poder convivir con otras personas de su elección.

### 2.7.2. Capacidad intelectual

De acuerdo con Sastre, S. (2012), las capacidades intelectuales se consideran multidimensionales y son el resultado de un desarrollo a lo largo de toda la vida, es decir, no solamente son el resultado de su base neurobiológica sino también de la interrelación entre la oportunidad, la personalidad, los factores psicosociales así como, el esfuerzo individual.

Apud, E. y Valdés, S. (1999) mencionan que los motosierristas deben de poseer una capacidad general del rango de normal promedio (90-109), normal lento (80-89) o, en último caso, normal inferior (70-79) los cuales son clasificaciones de acuerdo a los valores de Coeficiente Intelectual y corresponden a un diagnóstico de nivel intelectual (en promedio una enseñanza media incompleta); las exigencias intelectuales se amplían, debido a que requieren dominio oral y escrito para aprender con rapidez nuevas instrucciones, que les permitan operar eficientemente sus máquinas. No es deseable contar con sujetos de una capacidad intelectual superior, ya que está demostrado que, niveles intelectuales por sobre el término medio, no logran permanecer en estos trabajos; estos sujetos tienden a desmotivarse al realizar labores rutinarias y monótonas, debido a que su capacidad intelectual los impulsa a plantearse constantes y variados desafíos. La capacidad intelectual esta íntimamente relacionada con las habilidades. Por lo tanto, las destrezas que requieren este tipo de operadores son:

- Atención y concentración: con el fin de resguardar su seguridad personal, la de sus compañeros de trabajo, así como el cuidado de la máquina y la calidad de la materia prima.
- Velocidad perceptual: como la rapidez y precisión para identificar visualmente las semejanzas y diferencias de diferentes entornos.
- Coordinación senso-motora: es la rapidez y habilidad para coordinar la percepción sensorial y la respuesta inmediata a las diversas actividades.
- Comprensión verbal: capacidad para las comprender ideas de lo que escucha, así como para interpretar la relación existente entre palabras habladas y escritas.
- Fluidez verbal: capacidad para hablar racional y fluidamente con facilidad.
- Razonamiento: capacidad para resolver problemas, poder prever y planear dentro del plano de lo lógico.
- Aptitud numérica: capacidad para realizar operaciones aritméticas con rapidez y precisión; resolución de problemas cuantitativos.
- Razonamiento y habilidad mecánica: como la capacidad para comprender los principios mecánicos de la motosierra, utilizándolos en situaciones relacionadas con el manejo, operación y mantenimiento de ésta maquina.
- Comprensión espacial: es la capacidad para imaginar y concebir objetos y/o personas en dos o tres dimensiones.

Por otro lado es importante señalar que Bardomas (2007) menciona que una característica predominante en un motosierrista es un individuo joven con bajo nivel de instrucción (primaria incompleta o completa como máximo nivel educativo).

### 2.7.3. Seguridad

De acuerdo con la Dirección de Trabajo en Chile (2001), se define como todos aquellos elementos que permiten prevenir o minimizar los efectos que pueda

sufrir un trabajador a raíz de un accidente o enfermedad (transitoria o permanente) provocado por la ejecución de alguna labor forestal.

La OIT (1998) recomienda que la ropa de trabajo debe ser adecuada y confeccionarse con materiales que mantengan seco el cuerpo del operador y a una temperatura agradable. Para el trabajo en clima seco y caliente debe emplearse ropa adecuada y cómoda, que facilite el aislamiento térmico y la respiración, evitando caer en lo excesivo.

Torres, E. *et al.* (S/A) menciona que el equipo de protección personal para las tareas del aprovechamiento forestal maderable debe comprender elementos como casco de motosierrista (protector auditivo y visual incorporado), guantes antideslizantes, pantalón anticorte, zapatos de seguridad antideslizante (suela con clavos y casquillo), casaca o camisola con hombreras de color reflectante, silbato para emergencias y botiquín personal de primeros auxilios.

Bardomas (2007) señala que lo habitual es que el trabajador no use casco, trabaje sin protección auditiva y con ropa no adecuada por lo que es conveniente el uso de ropa de colores fuertes y/o claros que permita una rápida visualización del individuo.

#### 2.7.4. Salud

Pérez de Larraya (2003) menciona y define que el motosierrista deberá estar en buenas condiciones físicas, descansado y sano (físico, mental y psicológico) y en ningún caso se trabajará bajo la influencia del alcohol o drogas que perjudiquen la capacidad de reacción, para evitar accidentes.

La OIT (1998) recomienda que el principal objetivo del examen médico o del cuestionario de salud, poco tiempo antes de contratar a un empleado, es la protección de éstos y el suministro de una base de datos que sirva para conocer la salud del trabajador y dentro de lo que cabe mejorar la salud en el

ámbito laboral. Los servicios de salud en el trabajo deben ser prestados por profesionales calificados para tratar problemas laborales específicos. Asimismo, deben ocuparse específicamente del desarrollo y seguridad de las condiciones de los trabajadores y de la organización del trabajo. Por otro lado Tenner (1997) menciona que es importante después de un día de trabajo practicar el aseo personal como medida de higiene sobre todo cuando los trabajadores están residiendo en los campamentos forestales.

#### 2.7.5. Nutrición

Fernández (2003), define la nutrición como el conjunto de procesos mediante los cuales el organismo utiliza, transforma e incorpora a sus propios tejidos, una serie de sustancias (nutrientes) que han de suministrar la energía al cuerpo para realizar sus funciones.

El trabajo forestal manual conlleva por lo común una gran carga de trabajo físico, lo que implica a su vez un alto consumo energético para el trabajador, el cual depende de la faena y del ritmo que se realiza; además de hacer períodos de pausas y ejercicios de recuperación física. El trabajador forestal necesita ingerir alimentos en mucha mayor cantidad que el trabajador “normal” de oficina para afrontar las exigencias del trabajo (Mager, J. 1998).

Según Apud, E y Valdés, S. (1999) el combustible para la liberación de energía durante el trabajo muscular lo constituyen los alimentos. Por lo tanto, en trabajos físicos pesados, que demandan un alto gasto de energía, la ingesta de alimentos es de importancia fundamental; un hombre en reposo gasta del orden de 0.8 a 1.2 Kcal/min, lo que es equivalente a un rango aproximado entre 1200 y 1700 Kcal en 24 horas. Torres E, *et al*, (S/A) hacen alusión que es recomendable que el operador de motosierra tenga una alimentación balanceada (4000-4500 Kcal por día) y resida en un campamento higiénico y cómodo, teniendo actividades de recreación al final de la jornada como jugar fútbol, beisbol, leer, etc. Durante el horario de trabajo deberá respetar los

lineamientos y recomendaciones para sociabilizar después de la jornada de trabajo.

Tanner, (1997) indica que por lo general una persona adulta (de oficina) debe tomar un mínimo de 2-3 litros de agua por día, en cambio un trabajador con un alto grado de esfuerzo físico cuando suda mucho o por exceso de calor pueden llegar a tomar hasta 10 litros diarios. Simultáneamente la OIT (1998) mencionan que la deshidratación merma enseguida las facultades físicas y mentales, esto reduce la productividad y aumenta el riesgo de accidentes, por lo cual debería disponerse en la zona de trabajo una cantidad suficiente de agua potable.

La OIT (1998) testifica que una alimentación debe estar bien balanceada, mediante una ingesta energética basta para la realización de un trabajo físico de gran esfuerzo. Junto con Tanner, (1997) aluden que los alimentos que principalmente los trabajadores deberían incluir, son almidones (papas, arroz, maíz, harina, frijoles, plátanos, yuca); proteínas (pescado, carne, pollo, huevos); vitaminas (frutas y verduras) y grasas (mantequilla, queso, aceite)

Sobre todo en los países en desarrollo, debería tenerse muy presente que una nutrición inadecuada o insuficiente puede acarrear problemas de salud y una merma de la productividad (OIT 1998).

#### 2.7.6. Ergonomía

De acuerdo con la FAO (1993) la ergonomía es la ciencia que estudia la eficiencia de las personas en su ambiente laboral. Por lo general, en la mayoría de los países del mundo las condiciones de vida de los trabajadores forestales, son pobres y por consecuencia la productividad es baja. Apud, E y Valdés, S. (1999) mencionan que ha implementado la ergonomía en las maquinas forestales y en los operadores para evitar la fatiga fisiológica, buscando con ello aumentar la calidad del trabajo y el rendimiento.

De acuerdo con la norma ISO 10075 que menciona los principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental, describe tres estados de fatiga producidos por factores exógenos derivados de la dificultad y características de la tarea a las que los trabajadores deben enfrentarse de forma eficaz, además, se tienen en cuenta factores contextuales entre los que cabe señalar las condiciones físico-ambientales (condiciones acústicas, clima, etc); factores psicosociales y organizacionales (cultura, convivir, etc) y características individuales (conocimientos, experiencia, etc). Estos son la monotonía, la hipovigilancia y la saturación mental. La monotonía es descrita por esta norma como un estado de activación reducido, que puede aparecer en el curso de tareas o actividades largas, uniformes y repetitivas; las reacciones experimentadas por el organismo son somnolencia (sentirse cansado o adormilado), desgano, disminución y fluctuación del rendimiento, reducción de la adaptabilidad (desintegración social) y reactividad, y alto nivel de variabilidad de la frecuencia cardíaca. La hipovigilancia se interpreta como una disminución del nivel de atención y de alerta, junto con una ausencia temporal de la reacción a estímulos ambientales, motriz, cognitivo y afectivo. La saturación mental se identifica como un estado de trastorno nervioso y rechazo fuertemente emocional a una tarea o a una situación repetitiva. Los síntomas son irritabilidad, disminución del rendimiento, fatiga física y una tendencia a retirarse del trabajo.

Unos de los temas importantes a considerar dentro de la ergonomía es la carga de trabajo, las exigencias psicológicas de los motosierristas y los aspectos a considerar en la motosierra, las cuales se describen a continuación:

a) La carga de trabajo

Chavarría, R. (S/A) menciona que es el conjunto de requerimientos psico-físicos a los que el trabajador se ve sometido a lo largo de la jornada laboral. Haciendo referencia a las exigencias físicas Apud, E y Valdés, S. (1999) señalan que el peso (kg) que carga el motosierrista durante el trabajo, este corresponde

básicamente en la motosierra y el equipo de protección personal. También, se consideran los desplazamientos en el bosque, además se incluye el bidón con combustible y aceite, las herramientas para la manutención de la cadena y, en el apeo, la cuña e implementos para golpearla. Las mediciones del peso que transporta el trabajador, incluyendo la motosierra, bidón y equipo de protección personal (guantes, pantalón anticorte, calzado de seguridad y casco) indican que éste oscila en un rango de 12 a 17 kg y uno de los factores que influye en la sobrecarga, lo constituye las diferencias de peso que existen entre las marcas y modelos de las motosierras. Esto puede disminuir el rendimiento y producir enfermedades del sistema musculoesquelético.

#### b) Exigencias psicológicas de los motosierristas

Las principales exigencias mentales que impone esta actividad están en relación con la alta carga emocional que enfrentan los motosierristas, debido a que:

- El trabajo que se realiza es de alto riesgo o peligro vital.
- Se les exigen altos niveles de exactitud, calidad y perfección en los resultados de su labor.
- Deben cuidar por el control de su ritmo de trabajo, de la sincronización de las actividades con sus colegas, del cumplimiento de los compromisos y de la calidad de la materia prima.
- Por otra parte, se identifica una alta carga cognitiva, relacionado con la toma de decisiones; ya que, aunque debe operar de acuerdo a procedimientos establecidos, también debe decidir la forma más precisa de operación, comparar la información del entorno físico de trabajo y analizar las alternativas que guíen su decisión y al mismo tiempo se requiere que monitoree sus propias acciones.
- Utilización de mecanismos senso-motores donde se ejecutan ciclos de trabajo que pueden tener una duración superior o inferior a 5 min.

- Mantener una alta demanda de atención y concentración para garantizar la calidad del trabajo y la seguridad personal, así como la de sus compañeros de trabajo.

Dicha información sirve de complemento en el apartado 2.7.1. y 2.7.2.

c) Aspectos a considerar de la motosierra en la jornada laboral

Debido a que esta es un equipo de gran potencia, es fundamental mencionar las variables relacionadas con la fuerza que es capaz de desarrollar, el peso, el ruido y las vibraciones que genera. Dentro de la ergonomía se consideran los siguientes aspectos:

- El diseño de los mangos o empuñaduras de la motosierra, juegan un rol fundamental debido a que son la interface entre el equipo y el operador. El tamaño y ubicación de éstos puede condicionar en forma importante la capacidad de desarrollo de la fuerza, el alcance, la presión y la resistencia al esfuerzo del operario. Los mangos delanteros son cilíndricos y los traseros de caras planas y bordes redondeados, estas formas favorecen la disipación de presiones, particularmente el cilíndrico; el de caras planas, le otorga estabilidad para mantener la herramienta en una línea de trabajo o para contrarrestar los torques (hacen que se produzcan un giro sobre el cuerpo que lo recibe), que se generen a nivel del mango posterior.
- Si se suma el peso que impone la cadena y la espada, y se considera el tanque lleno de combustible, el peso de la motosierra puede incrementarse entre 2 a 3,5 kilogramos.
- Se asocian los trastornos músculo-esqueléticos de columna lumbar en relación a las cargas desplazadas, cuando la compresión a nivel de los discos intervertebrales ubicados entre la vértebra lumbar 5 y vértebra sacra 1, supera los 350 kilogramos de fuerza, se aumenta en forma progresiva la probabilidad de daño para la columna lumbar; del mismo modo, si la compresión supera los 750 kilogramos fuerza.

- **Auditivas:** Las medidas preventivas que se pueden implementar con los trabajadores, consisten básicamente en el uso de protectores auditivos y la reducción de los tiempos de exposición así como, mantener ambientes silenciosos durante los descansos y las horas de comer.
- **Vibraciones:** Es fundamental que en la etapa de adquisición de máquinas y herramientas, se elijan equipos cuya potencia no esté sobredimensionada para las labores que se requieren efectuar. Las medidas preventivas que se pueden implementar con los trabajadores, consisten básicamente en la reducción de los tiempos de exposición y el uso de equipo de protección como guantes. También se pueden incorporar pausas a través de la jornada o rotar tareas con y sin exposición a vibraciones. Otro de los temas relevantes en la prevención de los efectos de las vibraciones, es la capacitación de los trabajadores.

En general, casi la totalidad de los trabajadores forestales presentan un bajo nivel de satisfacción en su trabajo, junto con significativos niveles de tensión y fatiga. Estos factores, sumados a los niveles de eficiencia por debajo del óptimo de sus capacidades, hablan de una actividad que los mantiene con altos estándares de exigencias, que les resta tiempo para recuperar energías y descansar, afectando por consiguiente su satisfacción, salud y bienestar.

Algunas otras de las variables que se miden y entran dentro del área de estudio de la ergonomía son:

**Temperatura ambiental:** la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) (2004) señala que es una medida relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura ambiental. Midiéndose en escala Celsius y en escala Fahrenheit.

Temperatura corporal: de acuerdo con Apud y Valdés (1999) durante el trabajo muscular liviano la producción de calor puede ser de 2 a 4 veces más alta que en reposo, mientras que durante el trabajo muscular pesado, puede alcanzar de 8 a 20 veces el nivel de reposo. Como la temperatura óptima del cuerpo debe mantenerse en un rango entre 36.5°C y 37°C, los seres humanos tienen mecanismos de regulación que les permiten disipar el calor excesivo. Es importante mencionar que la eficiencia mecánica humana no es muy alta, lo que quiere decir que en muchas actividades la energía generada por el cuerpo del trabajador es aproximadamente el 70% energía calórica.

Ritmo cardiaco o la frecuencia cardiaca (FC): es el número de veces que el corazón se contrae en un minuto, normalmente la frecuencia es de 72 a 88 pulsaciones por minuto cuando la persona está en reposo y de 100 a 120 en una persona agitada.

Presión arterial: la OMS (1978) señala que la presión arterial normal del adulto sistólica la cual corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole o cuando el corazón se contrae y al efecto de presión que ejerce la sangre eyectada del corazón sobre la pared de los vasos es igual o inferior de 140 mm Hg (18.7 kPa); junto con una presión diastólica la cual se refiere al efecto de elasticidad de las arterias, es decir el efecto de presión que ejerce la sangre sobre la pared del vaso es igual o inferior de 90 mm Hg (12 kPa), el gasto energético y la frecuencia cardíaca tienen una relación lineal. Este tema se explicará de manera más amplia en la sección 3.4.2. Clasificándose la presión arterial de acuerdo a la NOM-030-SSA2 Para la prevención, tratamiento y control de la hipertensión arterial, mostrándose los rangos y clasificación. Obsérvese el cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de clasificación de presión arterial. Fuente: NOM-030-SSA2-1999.

<b>Categoría</b>	<b>Presión arterial Sistólica (mmHg)</b>	<b>Presión arterial Diastólica (mmHg)</b>
Presión arterial optima	<120	80
Presión arterial normal	120-129	80-84
Presión arterial normal-alta	130-139	85-89
Hipertensión arterial etapa 1	140-159	90-99
Hipertensión arterial etapa 2	160-179	100-109
Hipertensión arterial etapa 3	≥180	≥110
Hipertensión sistólica aislada grado 1	≥140	<90
Hipertensión sistólica aislada grado 2	≥160	<90

Aptitudes y actitudes: la Real Academia Española (RAE) (2001) define aptitud como la capacidad para operar completamente en una determinada actividad; y actitud como disposición de ánimo manifestada de algún modo. Por lo que Apud y Valdés (1999) puntualizan que son instrumentos diseñados para medir rasgos de personalidad o actitudes hacia el trabajo, ambiente, compañeros de labor, seguridad, entre otros. Por otro lado Pantoja, M. *et al* (2002) describe la aptitud como la capacidad para afrontar y resolver problemas, lo cual implica habilidades como la reflexión, donde se pone en juego el propio criterio de la persona.

Tiempo de trabajo: de acuerdo con Nájera (2010) es la parte del tiempo total medido dentro del sistema de producción, considerando que una parte del mismo está directa o indirectamente implicado en la consecución de una tarea específica del trabajo y se divide en:

- Tiempo productivo en las operaciones de corte: es la parte del tiempo de trabajo que es empleado en contribuir directamente en la consecución de una tarea específica del ciclo de trabajo, por mencionar algunos estos son el tiempo de planeación, desplazamiento entre árboles, remoción de obstáculos, derribo y tiempo de servicio a la motosierra.

- Tiempo improductivo en las operaciones de corte: es cuando no se realizan tareas indirectas ni auxiliares que contribuyan a la consecución de los objetivos del trabajo, algunos de estos son en tiempo de atascamiento de la espada en el fuste, relleno de combustible a la motosierra y los descansos, entre otros.

## **2.8. Riesgos laborales en las operación de corte**

Mager, J. (1998) indica que la sierra de cadena o motosierra es sin duda la herramienta por sí sola la más peligrosa en la cosecha forestal y su que es el trabajador más expuesto, dejando un 46% de fallecimientos entre los distintos trabajos de abastecimiento forestal.

El uso constante de la motosierra provoca en los operarios un dolor intenso en la espalda provocado esto por el gran esfuerzo físico y por la adopción de posturas inadecuadas y perjudiciales. Aseverando lo anterior señala Álvarez (2011) que la operación de corte es uno de los trabajos que más puede comprometer la salud de los operadores de motosierra

Para Bardomas (2007) los accidentes más frecuentes son los cortes y heridas causadas por el uso de motosierras, hachas y otras herramientas de corte; a lo anterior se agrega el deterioro corporal que provocan dichas herramientas, aunando a esto las tareas con alta exigencia física y la exposición constante a condiciones climáticas desfavorables. Por otro lado son comunes las enfermedades como pérdidas de audición por la exposición constante al ruido (siendo el parámetro normal hasta 60 dB; la motosierra produce en promedio 100 dB incrementándose cuando se trabaja en máxima aceleración, mientras tanto el parámetro para producir dolor en el sistema auditivo es por arriba de los 130 dB) y la exposición prolongada de las vibraciones de éste equipo, además de lesiones en la columna provocadas por el intenso esfuerzo físico.

Otro de los riesgos que frecuentemente padecen los operadores de motosierras, es el síndrome de Raynaud o de dedos blancos, patología de

naturaleza vascular que afecta los vasos sanguíneos sobre todo los dedos de las manos, haciendo que los vasos sanguíneos se contraigan cuando la persona sienta estrés o realiza trabajos en los que se utilizan herramientas que provocan vibraciones, provocando que se envíe menos sangre a la piel y a los músculos por que los vasos sanguíneos se contraen, produciendo entumecimiento por falta de circulación; junto con otros problemas neurológicos y musculares igualmente generados por las vibraciones de las empuñaduras de éstas máquinas (Márquez, 2003).

La OIT (1998) indica para reducir al mínimo los riesgos para la salud derivados del funcionamiento de las motosierras, como son los gases de monóxido de carbono, el ruido y las vibraciones, debería reducirse al mínimo la exposición a estos dos riesgos, mediante una rotación con otras tareas, como lo son: selección de los productos finales, medición, funcionamiento de la máquina, participación en algunos aspectos de la planificación, control y/o supervisión de operaciones. Esta misma instancia recomienda que los operadores no trabajen más de cinco horas al día con motosierras. Se suele alcanzar ese límite combinando las actividades de reabastecimiento de combustible, mantenimiento y descanso.

De acuerdo con Pérez de Larraya (2003), Mager, J. (1998) y Apud, E y Valdés, S. (1999) asemejan los principales riesgos laborales dentro de las operaciones de corta, siendo los siguientes:

- a) Rebotes: consiste en un rechazo brusco hacia atrás y hacia arriba de la espada de la motosierra sin posibilidad de control, golpeando al trabajador produciéndole desgarros y cortes en cara, hombro, brazo y mano.
- b) Retrocesos: es un retrocedido violento de la máquina, cuando se corta con el lado superior de la espada, en algunos casos que llegue a trabarse fuertemente la cadena. Pudiendo producir desgarros y cortes en mano y piernas.

- c) Tirones: cuando la máquina tiene un impulso fuertemente hacia delante, pudiendo desequilibrar al trabajador.
- d) Caídas aserrando: caída por pérdida de equilibrio mientras el motosierrista esta trabajando apoyándose en la máquina, produciéndose una caída sobre ésta al terminar el corte, provocando desgarres y cortes severos.
- e) Caídas en traslado: caída durante el traslados con la maquina en funcionamiento, provocando desgarres y cortes ligeros.
- f) Exceso de trayectoria: cuando se corta de un modo violento las ramas delgadas produciendo que la motosierra siga la trayectoria con la inercia del impulso original, produciéndole desgarres y cortes en piernas.
- g) Desvío de trayectoria: desvío de la trayectoria de la espada a consecuencia de fuertes golpes, empujones y/o rosos ocasionados por ramas liberadas de presiones, produciéndole desgarres y cortes.
- h) Gases de escape: el principal componente de los gases de escape de las motosierras es gasolina sin quemar. Por lo común, alrededor de un 30% de la gasolina consumida por el motor de una motosierra se emite sin quemar y el principal producto tóxico emitido es el monóxido de carbono. A consecuencia los motosierristas suelen quejarse de irritación de los ojos, de las vías respiratorias, de dolor de cabeza, de náuseas y de fatiga.
- i) Riesgos causados por la flora: son muy comunes las reacciones alérgicas a las plantas y al polen, así como, la reacción a plantas urticantes. Es posible que se produzcan lesiones a causa de infecciones, que no siempre pueden evitarse y pueden provocar complicaciones adicionales. Por consiguiente, es decisivo disponer de prendas de protección adecuadas y medicamentos en la zona de trabajo.
- j) Riesgos causados por la fauna: el operador esta expuesto a diversos agentes malignos como la amebiasis, dengue, gangrena gaseosa, malaria, ornitosis, rabia, tétanos, fiebre amarilla, entre otras como las abejas, avispas y hormigas donde los venenos de éstos insectos tienen

efectos diferentes en cada persona y el lugar del cuerpo afectado. Además las serpientes tienen una importancia decisiva, debido a la gran variedad de especies y particularidades territoriales, los conocimientos necesarios para ello sólo pueden adquirirse localmente y por este motivo no puede realizarse una descripción particular.

- k) Calambres por calor: ocurren cuando hay déficit de agua y de sal en el cuerpo, siendo a menudo una etapa temprana el agotamiento por calor. Los síntomas son espasmos dolorosos en el sistema músculo esquelético, principalmente en las piernas y el abdomen.
- l) Agotamiento por calor: es un desorden térmico, que ocurre después de varios días de trabajar en el calor y por pérdidas de agua y minerales.
- m) Golpe calórico: ocurre cuando fallan los mecanismos de control biológico de la temperatura, ocasionando que la persona se desmaye repentinamente, sin presentar sudoración.

## **2.9. Productividad en la operación de corte**

La OIT, (1996) define productividad como la relación entre la cantidad de bienes y/o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, ésta se debe relacionar con unidades de tiempo-recurso, como ejemplo es hora-hombre, hora-brigada, hora-máquina, etc, según las condiciones y el punto de interés primordial. Elevar la productividad significa producir más con la misma cantidad de recursos, o bien producir lo mismo pero con menos recursos.

Para Álvarez, D. (2011) la productividad en la operación de corte son los  $m^3/h$  que el motosierrista rinde, aunque menciona que la productividad se puede correlacionar con el diámetro normal del fuste, el ritmo cardiaco del motosierrista, la pendiente, la temperatura del ambiente y la velocidad del viento.

Mientras que Nájera, J. (2010) menciona que los indicadores de productividad en la operación de corte (apeo), se encuentran, el tiempo productivo, tiempo

improductivo, tiempo total del ciclo de trabajo o tiempo de trabajo y el rendimiento, ya anteriormente definidos. Recomendando utilizar los indicadores de productividad antes mencionados en función de los diámetros, alturas y distancias de los árboles por derribar, para realizar la programación de las operaciones de aprovechamiento forestal.

## **2.10. Calidad y rendimiento de la operación de corte**

Durante mucho tiempo se buscó un incremento de la productividad con el aumento del tiempo de trabajo y aún hoy en día hay quienes piensan que tal cosa es posible. Independientemente de que puedan existir factores como la estimulación económica, la motivación personal, etc, que produzcan un incremento temporal de la productividad con un aumento de la jornada de trabajo; está demostrado que, generalmente, se presenta el fenómeno inverso, es decir, un decremento de la productividad (Mondelo, et al, 1999).

Mager, J. (1998) indica que no existe un sistema de turnos óptimo y los directivos y trabajadores de cada empresa deben buscar el mejor equilibrio posible entre las exigencias de la empresa y las necesidades de los trabajadores, en la toma de una decisión que, además, debe fundarse en los principios científicos que informan el diseño de los sistemas de turnos de trabajo. Existen dos factores que afectan la calidad y el rendimiento del trabajo forestal: La capacidad mecánica del equipo utilizado y la capacidad y destreza de los operadores al manejarlo (Lustrum, 1993).

Según Pantaenius (2013) la rotación en las tareas y herramientas a lo largo de la jornada de trabajo en las operaciones de corte es otro factor digno de mencionar. La simple alternancia de ellas incrementa el rendimiento en el orden de un 20% y en definitiva, el interés personal de realizar un trabajo más integral y menos monótono. Apud, E y Valdés, S. (1999) indican los factores que condicionan los niveles de rendimiento en el trabajo forestal; los cuales son:

- Trabajadores: aptitudes físicas y psicológicas.
- Tecnología: herramientas, maquinas y organización.
- Trabajo: rodal, clima, terreno, carga física y carga psicológica.

Estos mismos autores mencionan que un aspecto que ya se ha demostrado y que es claramente conveniente, cuando las condiciones de trabajo así lo permiten, es la rotación de funciones; es decir que el cambio de actividades entre trabajadores que ejecutan trabajos pesados y livianos puede llevar a duplicar el rendimiento, sin que la carga fisiológica de trabajo aumente de forma peligrosa para ninguno de los integrantes del grupo.

Uno de los elementos integrantes de la productividad es la calidad y las características de los productos; una forma de cuantificar dicho aspecto es por medio de los precios a los cuales se cotizan los productos tanto en el mercado interno como externo. En el caso forestal se pueden distinguir dos tipos de productos: a) la madera en rollos, producida directamente en el bosque y b) los productos finales, producidos a partir del producto anterior en centros de transformación industrial. En el primer tipo la calidad del producto depende del proceso silvícola y por lo tanto, se relaciona con la eficiencia silvícola. En el segundo tipo, la calidad depende del proceso industrial y por tanto, se relaciona con la eficiencia industrial (Menese y Guzmán, 2000).

### **2.11. Trabajos afines**

Acosta F. C, *et al.*, (2004) realizaron una evaluación de los efectos de la rotación en operadores de motosierra en la provincia de Pinar del Río, Cuba empleando un sistema de trozas de dimensiones cortas, se experimentó la rotación del trabajo mediante un método de alternancias controladas, el cual consistió en que los operadores cambian de rol cada vez que abastecían de combustible a la motosierra (MAC) y un método con alternancia libre (MAL) consistiendo en que cambian de funciones cada vez que el operador lo consideraba pertinente; en ambos métodos se utilizaron dos operadores; se

concluyo que el MAC fue el más apropiado, reduciendo los riesgos de accidentes en los operadores de motosierra al equilibrar y disminuir la carga fisiológica de trabajo en un 13.69%; se redujo el tiempo de exposición a posturas incómodas, la productividad del tiempo efectivo se elevó en un 27.32% por hora de trabajo efectivo generando ganancias que justifican que se paguen salarios básicos de operadores a los dos integrantes, siendo un beneficio más la reducción de los costos de operación.

Álvarez (2011) también obtuvo resultados similares obteniendo una productividad en las operaciones de corte (apeo) en su estudio de  $5.9\text{m}^3/\text{h}$  con el método tradicional,  $7.5\text{m}^3/\text{h}$  con el método de alternancia controlado y  $7.2\text{m}^3/\text{h}$  con el método de alternancia libre.

Montañas, J. y Ríos F (2008) evaluaron las operaciones del abastecimiento forestal en el Ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango mostrando resultados en el ciclo de derribo con el método tradicional un rendimiento medio de  $35.90\text{m}^3\text{rta}/\text{h}$  lo cual equivale a derribar cerca de 26 árboles por hora de trabajo con un volumen medio por árbol de  $1.40\text{m}^3\text{rta}$ . Aguirre y Villanueva (2008) evaluaron las operaciones del abastecimiento forestal en el Ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango obteniendo resultados en el ciclo de derribo con un rendimiento medio con el método tradicional de  $22.16\text{m}^3\text{rta}/\text{h}$ , lo corresponde a derribar en promedio 15 árboles por hora, con un volumen medio por árbol de  $1.44\text{m}^3\text{rta}$ .

Mientras que Nájera, J. (2010) realizó una evaluación del proceso productivo maderable en la región de el Salto, Durango, México obteniendo una productividad con el método tradicional medio de  $28.67\text{m}^3/\text{h}$  en la operación de corte, con el método tradicional.

Apud, E y Valdés, S. (1999) realizaron pruebas de rotación de tareas organizándose en tal forma que, los trabajadores iniciaban sus funciones en una actividad a las 8:00 am, a las 10:00 am, después de 10 minutos de pausa para el cambio de actividad, iniciaban la otra tarea asignada. El almuerzo se efectuaba a las 12 horas. Al inicio de la jornada de la tarde, ellos reiniciaban el trabajo en la primera actividad y luego, a las 15:15 horas, hacían una pausa de

10 minutos mientras cambiaban nuevamente de tarea. Los motosierristas derribaron 13 árboles por hora cuando realizaron una rotación y 22 árboles por hora cuando se hicieron tres rotaciones.

Para Leckoundzou (2010) dentro de las causas fundamentales de pérdidas de madera en las operaciones de corta del aprovechamiento se destaca en primer lugar la altura de corte inapropiada a pesar de que muchos árboles presentan deformaciones en la parte inferior del fuste, los esfuerzos en la preparación del árbol para el corte son mínimos y esto trae como resultado que los operadores acomoden la altura de corte sin buscar alternativas para disminuir estas pérdidas. Las rajaduras, el troceado y despunte tienen un peso significativo en la pérdida de volúmenes de madera. Estas causas están muy relacionadas con la destreza de los operadores de motosierra. Si bien es cierto que algunos tipos de madera son sensibles a la rajaduras; la técnica refinada (capacitación y destreza) en los operadores evitan una pérdida económica significativa e impactos negativos al recurso forestal.

También mencionan Anaya y Christiansen (1986) dada la complejidad del manejo de los recursos forestales y los altos costos de su aprovechamiento, la investigación de operaciones presenta un gran potencial para resolver muchos de estos problemas. En los países industrializados, las empresas forestales en su mayoría cuentan con un departamento de investigación de operaciones para desarrollar modelos tendientes a lograr actividades del campo forestal. Un reto para el profesional forestal es determinar cuales de estas técnicas deben ser usadas.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Descripción del área de estudio

##### 3.1.1. Ubicación

De acuerdo con el Subdirección de Sistemas de Información Geográfica de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la de Biodiversidad (CONABIO) CONABIO, (2010), Torres (1999), Velázquez, A. *et al.* (2003), y Fregoso, *et al.*, (2001) La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) comprende una superficie total de 18,138 ha que se localiza en el estado de Michoacán, a unos 15 km al occidente de la ciudad de Uruapan (figura 2). Su delimitación geográfica al norte se encuentra entre los 19° 34' N y 102° 17' O y 19° 34' N y 102° 00' O, y en la parte sur entre los 19° 25' N y 102° 17' O y 19° 25' N y 102° 10' O. Los terrenos comunales de la CINSJP mantienen colindancia al oeste y norte con las comunidades indígenas de Caltzontzin, Santa Ana Zirosto, Zacán y Angahuan y al este y sur limita con pequeñas propiedades. Aproximadamente 2,021 ha de su superficie forman parte del Parque Nacional Pico del Tancítaro.

# Localización del área de estudio

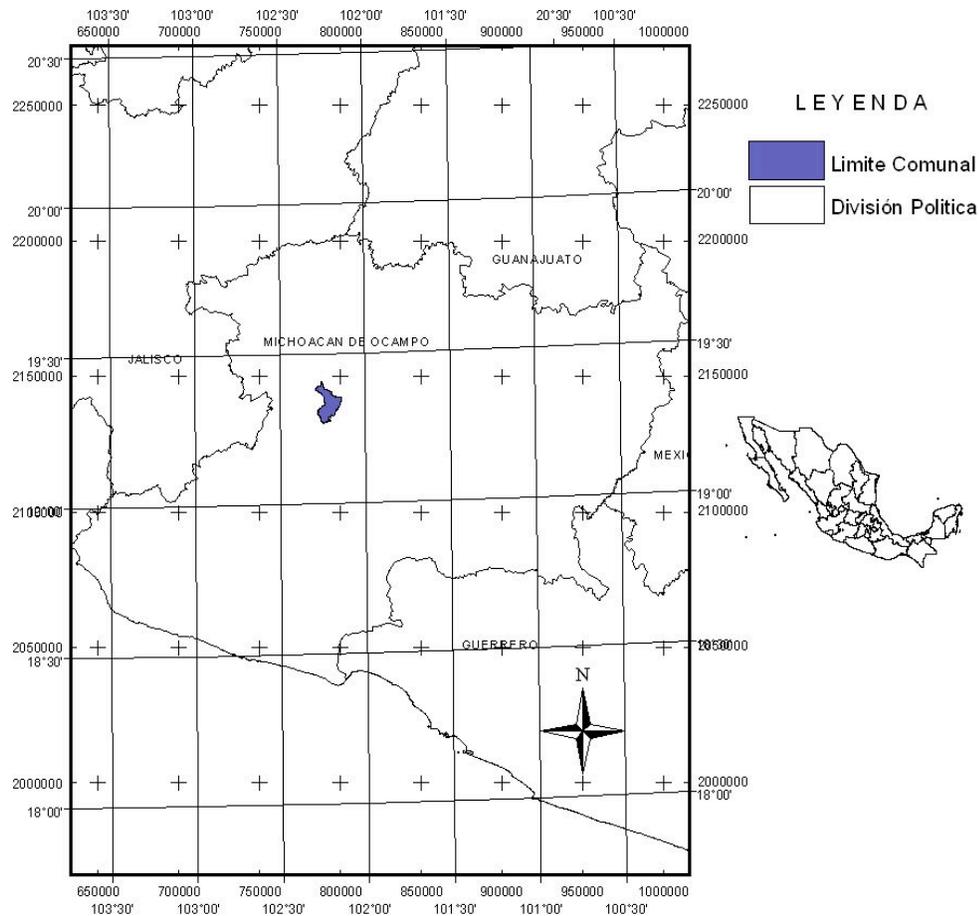


Figura 2. Ubicación de la CINSJP.

## 3.1.2. Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1964) el clima es del tipo (A) C (W2)(w)b (i)g, que se caracteriza por ser semicálido; el más cálido de los templados, con temperatura media anual de 18 °C; la temperatura máxima absoluta es de 35 °C y la mínima absoluta es de 5.0 °C. La precipitación pluvial es de 1,400 mm.

## 3.1.3. Vegetación

La vegetación predominante corresponde a bosque de Pino-encino, con dominancia del primero y cuyas especies son: *Pinus leiophylla* Shiede ex

Schltld. *et Cham*, *P. lawsonii* Roezl ex Gordon, *P. douglasiana* Martínez y *P. michoacana* Martínez; *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Bonpl. y *Arbutus xalapensis* Kunth dentro de las principales especies (Villagómez, 2011). La superficie comunal abarca 190 km<sup>2</sup> de terrenos volcánicos recientes, con cobertura original de bosques templados de pino, abetos y encinos (Figura 3) (Fregoso, *et al*, 2001).

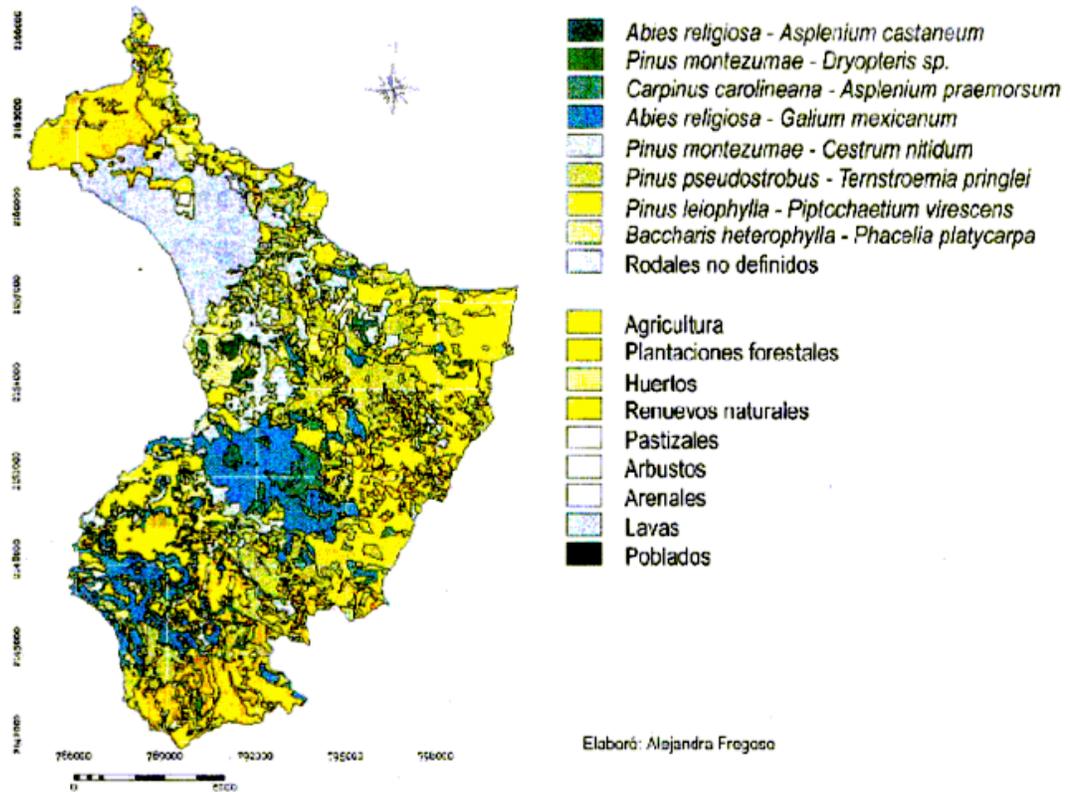


Figura 3. Tipos de vegetación en la CINSJP. Tomado de Fregoso, *et al*, 2001.

### 3.1.4. Edafología

De acuerdo con Velázquez, A. *et al.* (2003) la comunidad se divide en dos secciones en función de la influencia recibida durante la erupción del volcán Parícutín, las cuales se denominan como la parte norte y parte sur.

La parte norte, es la que muestra una fuerte influencia de la erupción del Parícutín y consiste en depósitos de cenizas volcánicas de espesores mayores a 30 cm, así como una superficie de casi 25 km<sup>2</sup> cubierta por derrames lávicos. Esta zona comprende los flancos expuestos hacia el norte de los cerros Parío y

Prieto, así como, todos los terrenos septentrionales a los mismos (en la parte norte).

En esta zona se distingue cuatro unidades mayores de paisaje relacionadas con las siguientes unidades de suelo:

- a) Leptosoles líticos (son suelos muy someros sobre roca continua y extremadamente pedregosos) desarrollados sobre los derrames lávicos del Parícutín.
- b) Regosoles vitriútricos (son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados, no son muy someros ni muy ricos en gravas) en planicies acumulativas cubiertas con cenizas depositadas del Parícutín.
- c) Regosoles vitriútricos de espesores entre 30 y 60 cm sobre andosoles mólicos (suelos negros de paisajes volcánicos, desarrollados en eyecciones volcánicas principalmente vidrio, ceniza, tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato) en derrames lávicos de conos más antiguos al Parícutín, los cuales fueron cubiertos por las cenizas de éste.
- d) Fluvisoles vitriútricos (estos suelos están confinados predominantemente a depósitos fluviales, lacustres y marinos) en planicies acumulativas formados a partir de aluviones producidos por la intensa erosión de las cenizas del Parícutín.

En la parte sur de la comunidad, los suelos presentan una mucho menor influencia de ceniza volcánica del Parícutín. Solamente en la parte central de la CINSJP que corresponde a las partes altas de los cerros Pario y Prieto y al piedemonte del cerro Tancítaro, se encuentran paquetes de ceniza in situ de entre 5 y 15 cm de espesor cubriendo los suelos; por lo que se tiene cobertura de bosques.

Se distinguen las siguientes tres unidades mayores de paisaje en esta parte sur:

- a) Derrames lávicos del cerro Prieto de edad holocénica y composición basálticoolivínica en la parte central.
- b) Derrames lávicos del cerro Pario de edad pleistocénica y composición andesítico basáltica en la parte oriental, los cuales se encuentran cubiertos por un paquete de ceniza volcánica con espesor mayor al metro.
- c) Derrames lávicos correspondientes a los cerros Tancítaro, La Alberca, Tejamanil y San Nicolás en la parte occidental, de edad también pleistocénica y composición andesíticobasáltica.

### 3.1.5. Geología

La región forma parte del Sistema Volcánico Transversal, y específicamente del extremo suroccidental de la Meseta tarasca dentro de la subprovincia volcánica tarasca, con orientación preferentemente al sureste. En su límite meridional está en contacto con la transición fisiográfica a la depresión del río Tepalcatepec, con altitudes del orden de los 1,800 a los 3,000 msnm. Geológicamente se trata de una región de origen volcánico, en su mayor parte reciente (190 km<sup>2</sup>), con predominio de basaltos y andesitas (Velázquez, A. *et al.* 2003).

### 3.1.6. Hidrología

Los bosques de este predio, por sus escurrimientos, pertenecen a la cuenca de Río Balsas (18A02) y a las subcuencas hidrológicas río Cupatitzio, río Tepalcatepec Bajo y río Itzícuaru, con una isoyeta media anual de 1,500 mm. Dentro del predio existen varios nacimientos de agua (permanentes o temporales) que han sido excluidos del aprovechamiento maderable para evitar impactos negativos al suelo, de manera que las nueve anualidades del plan de manejo, no consideran una superficie de 458,450 ha. Además, se han excluidos del aprovechamiento forestal las áreas de aforo y las franjas a ambos lados de los cauces, para conservar el escurrimiento y evitar la erosión del suelo (Velázquez, A. *et al.* 2003).

### 3.1.7. Aprovechamiento forestal maderable

De las 2,021 hectáreas que la comunidad tiene dentro del Parque Nacional, se realizan actividades agrícolas y de extracción de resina (Velázquez, A. *et al.* 2003).

De acuerdo con Velázquez, A. *et al.* (2003) los objetivos que persigue el Programa de Manejo Forestal (PMF) de la CINSJP son de diversa índole, destacándose los económicos, técnicos y ambientales. La comunidad consideró necesario hacer un listado de los diversos objetivos, siendo los más relevantes:

#### *Socioeconómicos*

- a) Lograr mediante la aplicación del programa de manejo la generación de bienes tangibles e intangibles para los poseedores del recurso y la sociedad, al establecer una relación equilibrada entre la producción y la productividad del bosque y la demanda de bienes y servicios de la sociedad.
- b) Desarrollo de programas alternativos a la actividad forestal, diversificando las actividades productivas y optimizando el manejo de los recursos naturales.

#### *Técnico–silvícolas*

- a) Manejar el bosque con base en el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), para captar al máximo el potencial productivo del suelo a través de la aplicación de técnicas silvícolas adecuadas para cada condición del bosque.
- b) Garantizar la conservación del recurso forestal, obteniendo mediante su manejo una producción continua de bienes y servicios, en beneficio de la sociedad en general.

### *Ambientales*

- a) Manejo y conservación de la biodiversidad; establecimiento de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales potenciales.
- b) Regulación del régimen hidrológico en los principales cauces y manantiales de la región a través del control de áreas de protección.
- c) Asegurar en cantidad, calidad y distribución los hábitat requeridos por la fauna mayor en sus diferentes etapas.
- d) Restablecer los niveles de composición florística acorde a la condición de la vegetación original.

### **3.2. Descripción de los métodos a evaluar**

Se evaluaron las operaciones de corte (apeo, desrame y troceo), haciendo énfasis en la valoración de la técnica de aseo, equipo y seguridad del personal; se trabajó con dos métodos de alternancia de motosierristas (Método de Alternancias Intervenidas y el Método de Alternancias Sin Intervenir) en el abastecimiento forestal y el testigo (Método Tradicional). Los cuales se describen a continuación:

*Método Tradicional (Tradicional):* el trabajo se realiza sólo por un motosierrista, el operador inicialmente evalúa el árbol y la dirección de caída, se procedió a apear, desramar, sanear y trocear. Se empleo una motosierra marca Stihl, modelo ms 660, cilindrada 91.6 cc con diámetro de 54 cm, potencia del motor 5.2 kW (7 Hp) de acuerdo al ISO 7293, peso seco, sin espada y cadena de 7.5 kg (16.5 lb), relación peso (sin combustible) potencia de 1.0 kg/Hp, capacidad del tanque de 0.825 l (27.9 fl. Oz.), capacidad de tanque de aceite de 0.36 l (12.2 fl. Oz.); todas las anteriores especificaciones técnicas de acuerdo con el manual de la motosierra.

*Método de Alternancias Intervenidas (MAI):* se realiza el trabajo en pareja, donde dos motosierristas se comportan primero uno como operador y otro como

ayudante, alternando sus funciones al reabastecer de combustible la motosierra, ambos participan en el traslado de las herramientas, alimentos y equipo. Se empleo una motosierra marca Stihl, modelo ms 660, cilindrada 91.6 cc con diámetro de 54 cm, potencia del motor 5.2 kW (7 Hp) de acuerdo al ISO 7293, peso seco, sin espada y cadena de 7.5 kg (16.5 lb), relación peso potencia de 1.0 kg/Hp, capacidad del tanque de 0.825 l (27.9 fl. Oz.), capacidad de tanque de aceite de 0.36 l (12.2 fl. Oz.); todas las anteriores especificaciones técnicas de acuerdo con el manual de la motosierra.

*Método de Alternancias Sin Intervenir (MASI):* se realiza el trabajo en pareja, donde dos motosierristas se comportan primero uno como operador y otro como ayudante, alternando sus funciones a libre albedrío, es decir, los dos operadores se ponen de acuerdo en que tiempo y espacio se alternan, ambos participan en el traslado de las herramientas, alimentos y equipo. Se empleo una motosierra marca Stihl, modelo ms 660, cilindrada 91.6 cc con diámetro de 54 cm, potencia del motor 5.2 kW (7 Hp) de acuerdo al ISO 7293, peso seco, sin espada y cadena de 7.5 kg (16.5 lb), relación peso potencia de 1.0 kg/Hp, capacidad del tanque de 0.825 l (27.9 fl. Oz.), capacidad de tanque de aceite de 0.36 l (12.2 fl. Oz.); todas las anteriores especificaciones técnicas de acuerdo con el manual de la motosierra.

En la comunidad la actividad de corta se desarrolla todo el año, disminuyendo en la época de lluvias por su difícil operación. El personal con que se trabajó son nativos de la comunidad, cuentan además con experiencia y destreza en el área de los aprovechamientos forestales, los cuales trabajan en dicha área por convicción y gusto; donde han tenido la oportunidad de recibir varios cursos de capacitación sobre seguridad e higiene, así como, también ergonomía y buenas practicas en las operaciones de la cosecha forestal; son además, trabajadores agropecuarios.

### **3.3. Toma de información**

Se tomo la información de los tres métodos de trabajo, dos de ellos con alternancia (MAI y MASI) y el testigo (método tradicional), todos con una duración de diez días hábiles. Primer periodo se trabajo con el Método Tradicional (tradicional), posteriormente con el Método de Alternancias Intervenidas (MASI) y finalmente con el Método de Alternancias Sin Intervenir (MASI). Toda la información se obtuvo en campo durante la realización de las actividades auxiliándose de un formato (anexo 1) donde engloban variables dasométricas, ambientales y ergonómicas. Los trabajos se realizaron con una selección de parejas de motosierristas completamente al azar en donde cada día se monitoreaban y calificaban las variables inmersas en el formato.

#### **3.3.1. Materiales**

- Formato (anexo 1).
- Un reloj SWISS ARMY BRAND.
- Un cronometro con vuelta a cero, STEREM modelo CLK-150.
- Un baumanómetro electrónico CITIZEN SYSTEMS JAPAN CO, LTD, modelo CH-432B.
- Un termómetro clínico STEREN modelo DT-01.
- Un termómetro ambiental.
- Una cinta diamétrica.
- Un clinómetro SUNTO
- Cámara fotográfica SONY, modelo DSC-W130.
- Geoposicionador global (GPS), Garmin etrex Euro.

#### **3.3.2. Variables a evaluar**

##### **3.3.2.1. Variables ergonómicas**

Las variables que se evaluaron fueron el ritmo cardiaco y presión arterial, con el baumanómetro se registraron el número de pulsaciones por minuto y la presión

arterial del motosierrista en turno, la cual constaba de dos medidas, la sistólica y diastólica, todos los métodos se tomo el ritmo cardiaco antes de comenzar la operación y cada vez que se concluía el apeo.

Temperatura corporal, se registró con el termómetro clínico, en todos los métodos a evaluar, se tomo la temperatura antes y después de apea un árbol.

Complexión física, se observo al operador que laboraba en turno, asignándole una categoría de acuerdo a su complexión física aparente (grueso, normal y delgado).

Tiempo productivo, la medición se realizó con el operador que funge el rol de motosierrista, con el cronometro tomándose el tiempo de planeación, de desplazamiento entre árboles, de remoción de obstáculos, de derribo y de tiempo de servicio a la motosierra; durante el apeo de un árbol.

Tiempo improductivo, la medición se realizó con el operador que funge el rol de motosierrista, con el cronometro registrándose el tiempo de atascamiento de la espada en el fuste, relleno de combustible y los descansos, entre otros, como desrame y troceo.

Además de las variables ya mencionadas, se registraron parámetros de alimentación antes y durante el trabajo, edad y actitud o estado de animo del operador; así como visualizar y preguntar al jefe de las brigadas los elementos que integran el botiquín de primeros auxilios y el uso de equipo de protección personal.

#### 3.3.2.2. Variables dasométricas

La temperatura ambiental, se registró con el termómetro ambiental, en el tiempo en que el operador desramaba y troceaba el árbol apeado.

La humedad relativa, la visibilidad y la rugosidad del terreno se registraron al momento en que el operador desramaba y troceaba el árbol, mediante la observación de una distancia aproximada a cien metros según lo permitiera la orografía.

Las coordenadas (UTM) y la altitud sobre el nivel del mar, se registraron en el lugar en que se realizó la corta, con el GPS, al momento en que el operador estaba apeando el árbol.

La pendiente, se registró con el clinómetro en el lugar donde se apeo el árbol, una vez que el operador terminó el apeo.

La exposición, se registró con la brújula en el lugar donde se derribo el árbol al momento en que el operador estaba apeando el árbol.

Tipo de inclinación del árbol, se registró visualizando la inclinación del árbol respecto a su perpendicularidad con la pendiente en el momento que se estaba apeando.

Diámetro a la altura del pecho (DAP), con la cinta diamétrica se midió el diámetro a 1.3 metros de altura, antes de que el operador apeara el árbol.

Altura total del árbol, se tomó con el clinómetro la altura total del árbol antes de que el operador procediera a apearlo.

Volumen apeado, con las tablas de volúmenes de doble entrada (diámetro y altura) proporcionadas por el encargado del aprovechamiento forestal de la comunidad, se obtuvo en gabinete el volumen que se derribo.

Especie, se identificó en el momento en que se estaba tomando la altura total del árbol.

### 3.4. Muestra

La muestra se tomo seleccionando al azar (muestreo simple aleatorio) a los trabajadores del turno correspondiente.

La información de campo de las variables ya mencionadas se colecto en los meses de Junio, Julio y agosto del 2013, en diversas áreas de corta de la CINSJP. El cuadro 3 muestra los diferentes lugares donde se obtuvo la información de campo; siendo La Alberca y Los Cañones donde se obtuvo la mayor cantidad de datos (figura 4), además que son las localidades que estuvieron presentes en los tres métodos que se evaluaron. Este mismo cuadro indica el número de personas evaluadas, el número de árboles apeados, y su proporción porcentual para cada una de las localidades.

Cuadro 3. Porcentajes de la cantidad de los ciclos de trabajo por cada predio.

Método	Lugar	Personas Evaluadas	No. de árboles apeados	Porcentaje de árboles derribados
<b>Tradicional</b>	La Alberca	4	59	45%
	Los Cañones	6	72	55%
<b>MAI</b>	La Alberca	4	47	61%
	Las Ayacatas	2	6	8%
	Los Cañones	4	23	30%
	Rancho Nuevo	1	1	1%
<b>MASI</b>	La Alberca	8	66	74%
	Los Cañones	4	23	26%

# Carta Topografica de las localidades donde se evaluarón los métodos

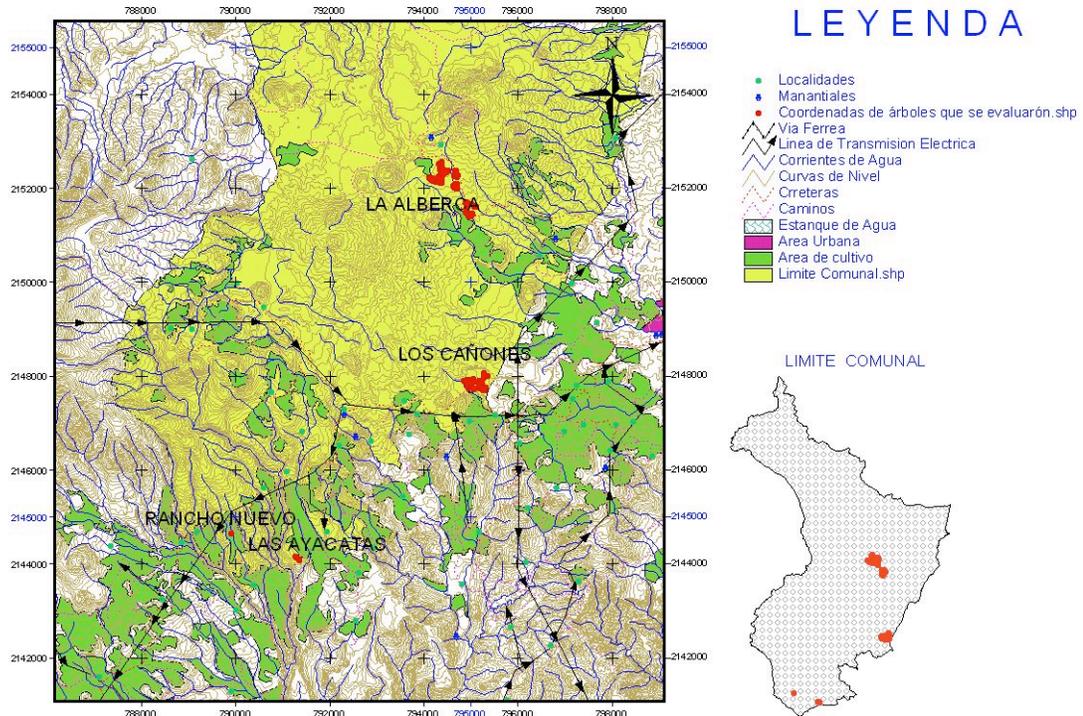


Figura 4. Mapa de los lugares de evaluación.

## 3.5. Procesamiento de datos

El procesamiento estadístico de los datos fue con el paquete de análisis estadístico SAS versión 8.1.

Mientras que las variables de tiempos y rendimientos, coeficiente de productividad y coeficientes de correlación se realizo con la hoja de calculo Excel 2011.

### 3.5.1. Tiempos y rendimientos

Para calcular los rendimientos se utilizó la siguiente ecuación, donde se estiman los metros cúbicos por hora de trabajo total (López E *et al.*, 2005).

$$R_{ht} = \frac{(3600)(V_{unitario})}{t_{trabajo}}$$

Donde:

R= Rendimiento expresado en metros cúbicos por hora de trabajo (m<sup>3</sup>/h).

V<sub>unitario</sub>= Volumen unitario del árbol (m<sup>3</sup>).

t<sub>trabajo</sub>= Tiempo total de trabajo (segundos).

### 3.5.2. Coeficiente de productividad

Para la obtención del coeficiente de productividad se utilizó la siguiente ecuación tomada de (López E *et al.*, 2005).

$$R_{hp} = \frac{R_{ht}}{\left( \frac{t_{productivo}}{t_{trabajo}} \right)}$$

Donde:

R<sub>hp</sub> = Coeficiente de productividad en (m<sup>3</sup>/h<sub>p</sub>).

R<sub>ht</sub> = Rendimiento por hora total de trabajo en (m<sup>3</sup>/h<sub>t</sub>).

T<sub>productivo</sub>= Tiempo productivo del trabajo (segundos).

t<sub>trabajo</sub>= Tiempo total de trabajo (segundos).

### 3.5.3. Evaluación de la caída del árbol

Para la evaluación de la caída de los árboles apeados, se tomo en cuenta el cuadro 4, tomado de (Montañes, J y Ríos F. 2008) por cada método evaluado y cada vez que se apeaba un árbol, cabe señalar que puede existir combinaciones en la forma de evaluar la caída de los árboles.

Cuadro 4. Evaluación de la caída del árbol. Adaptado de Montañes, J y Ríos F. 2008).

<b>Índices</b>	<b>Descripción</b>
<b>0</b>	No se corto árbol
<b>1</b>	Corte bien realizado y caída bien orientada.
<b>2</b>	Corte bien realizado y caída mal orientada.
<b>3</b>	Corte malo sin pérdida del producto
<b>4</b>	Fractura del fuste en la parte superior.
<b>5</b>	Astillamiento del fuste por cortes mal realizados.
<b>6</b>	Fractura del fuste en la parte inferior.
<b>1-4</b>	Corte bien realizado, caída bien orientada y fractura del fuste en la parte superior.
<b>1-5</b>	Corte bien realizado, caída bien orientada y astillamiento del fuste por cortes mal realizados.
<b>1-6</b>	Corte bien realizado, caída bien orientada y fractura del fuste en la parte inferior.
<b>2-4</b>	Corte bien realizado, caída mal orientada y fractura del fuste en la parte superior.
<b>4-5</b>	Fractura del fuste en la parte superior y astillamiento del fuste por cortes mal realizados.
<b>1-5-4</b>	Corte bien realizado, caída bien orientada, astillamiento del fuste por cortes mal realizados y fractura del fuste en la parte superior.
<b>1-4-6</b>	Corte bien realizado, caída bien orientada, fractura del fuste en la parte superior y fractura del fuste en la parte inferior.

### **3.6. Análisis estadístico**

Se compararon los diferentes métodos, mediante pruebas de “t” de dos colas; se calcularon los diferentes intervalos de confianza para cada método.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. El aprovechamiento forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), cuenta con un encargado en el área del abastecimiento forestal, el cual coordina a tres jefes de grupo y seis brigadas o cuadrillas formadas de la siguiente manera (figura 5):

- Hay tres jefes de grupo
- Cada jefe de grupo esta encargado de dos brigadas
- Cada brigada esta compuesta de 3 motosierristas 1 operador de motogrua, 3 gancheros y 1 estibador

Los cuales se trasladan al área de trabajo o frente de corta en camionetas.

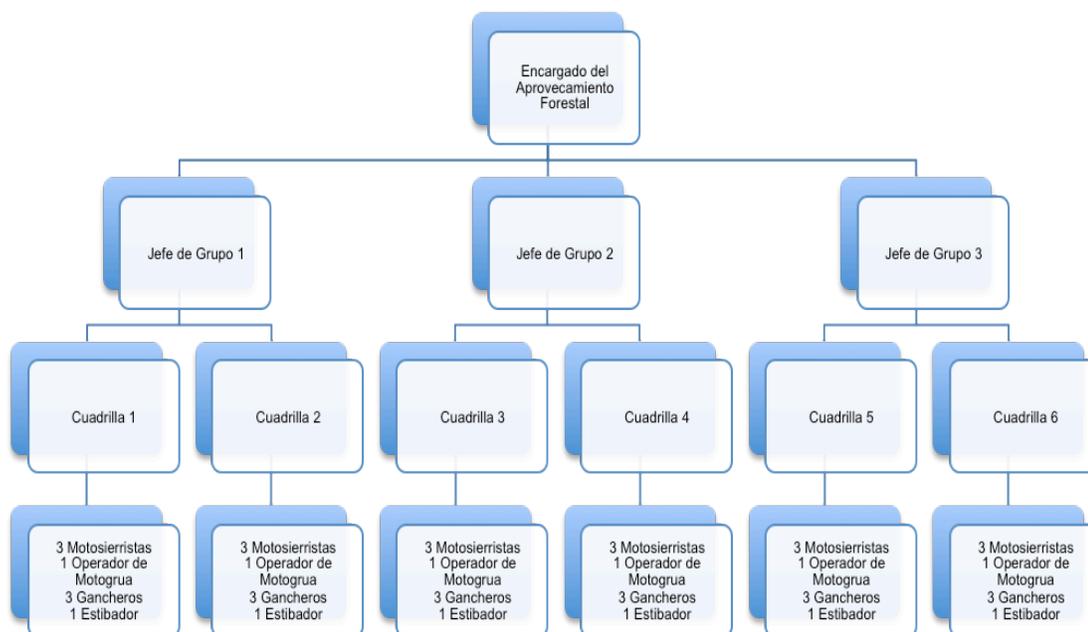


Figura 5. Organigrama de jerarquía del aprovechamiento forestal.

Dos motosierristas derriban los árboles que están marcados y localizados previamente, éstos mismos motosierristas del derribo dimensionan los productos primarios en rollo comercial de 8', 10' y 16', efectuándose inmediatamente después el desrame y pica de la copa. Por otro lado el tercer motosierrista dimensiona las trozas cortas, después de que la motogrúa arrima las puntas al camino.

Para que un persona llegue a ser motosierrista en la comunidad, primeramente debe de haber adquirido experiencia de 2 a 4 años en los siguientes puestos siguiendo el orden escalonado de estibador, ganchero, operador de motogrúa y finalmente lograra ser motosierrista, ya que en este ultimo puesto se perciben mayores ganancias económicas.

Los operarios que participaron en el presente estudio y en cada uno de los métodos se muestran en el cuadro 5. El grupo de trabajo fue de 17 personas en total, donde en el Método Tradicional participaron un total de 10 personas, al igual que en el Método de Alternancias Intervenidas y finalmente 12 personas en el Método de Alternancias Sin Intervenir.

Cuadro 5. Operadores que participaron en la evaluación.

Método	Lugar	Operadores												Total personas evaluadas					
		Atonato	Domingo E. R.	Esteban	Francisco	Francisco	Jesús A. B.	Juan Manuel	Juan T.	Luis Murillo	Manuel	Manuel A. B.	Nicolás		Porfirio A.	Rogelio	Salvador	Sebastián	Vicente
Tradicional	La Alberca	1	1							1	1								4
	Los Cañones		1		1	1	1	1									1	1	6
MAI	La Alberca				1					1			1		1				4
	Las Ayacatas							1						1					2
	Los Cañones		1				1										1	1	4
MASI	Rancho Nuevo													1					1
	La Alberca			1	1		1			1	1	1	1		1				8
	Los Cañones		1			1	1	1		1									4

\*Cuando este operador se le evaluó en la localidad Rancho Nuevo, y de acuerdo a lo visualizado en campo se decidió que no se evaluaría más dicha localidad, ya que sólo se apeo un sólo árbol. Cabe señalar que posteriormente en el estudio mostrara resultados aberrantes.

## 4.2. Variables descriptivas

### 4.2.1. Variables ambientales

El periodo para la toma de información para cada método fue de diez días hábiles, primero se registraron las variables del Método Tradicional, después el Método de Alternancias Intervenidas (MAI) y finalmente el Método de Alternancias Sin Intervenir (MASI) estas variables se midieron en las diferentes localidades donde se trabajo (ver cuadro 3). Los valores máximos, mínimos y los promedios se encuentran de manera resumida en el cuadro 6, presentándose solo las más representativas, mientras que en el cuadro 7 la información es puntualizada para las diferentes localidades donde se trabajó.

Cuadro 6. Variables ambientales que se registraron en los diferentes periodos de trabajo.

Método	Periodo de evaluación	Temperatura Ambiental (°C)			Humedad Relativa	Altitud (msnm)			Pendiente			Exposición predominante
		Promedio	Máx.	Mín.	Promedio (%)	Promedio	Máx.	Mín.	Promedio	Máx	Mín.	
Tradicional	26/jun/13											Este
	al 09/jul/13	19.5	31.0	12.0	28	2315	2552	1680	6.0	90.0	0.0	
MAI	10/jul/13											Sureste
	al 23/jul/13	16.9	29.0	13.0	20	2337	2543	2021	38.0	100.0	0.0	
MASI	24/jul/13											Este
	al 03/ago/13	18.9	28.0	13.0	6	2416	2580	2191	15.1	100.0	0.0	

Cuadro 7. Variables ambientales que se registraron en las diferentes localidades que se trabajaron.

<b>Método Tradicional</b>					
<b>Lugar</b>	<b>Variable ambiental</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Los Cañones</b>	Temperatura	31	12	21	4.9561
	Humedad Relativa	90%	0%	20%	28.9616
	Altitud	2247	2092	2187	24.1135
	Pendiente	90%	0%	6%	11.1709
	Exposición	NO		SE	2.9551
<b>La Alberca</b>	Temperatura	24	13	17	3.7027
	Humedad Relativa	100%	0%	38%	33.7891
	Altitud	2552	1860	2472	134.1030
	Pendiente	30%	0%	5%	8.0134
	Exposición	NO		NE	2.0951
<b>Método MAI</b>					
<b>La Alberca</b>	Temperatura	22	13	16	2.9262
	Humedad Relativa	40%	0%	9%	12.4377
	Altitud	2543	2273	2451	61.5301
	Pendiente	80%	0	26%	25.0648
	Exposición	SO	0	SE	1.7620
<b>Las Ayacatas</b>	Temperatura	16	13	14	1.1690
	Humedad Relativa	10%	0%	8%	3.8816
	Altitud	2051	2021	2038	13.4722
	Pendiente	90%	30%	70%	30.9839
	Exposición	S	E	S	0.8165
<b>Los Cañones</b>	Temperatura	29	15	19	4.7702
	Humedad Relativa	100%	0%	45%	45.1491
	Altitud	2215	2065	2177	29.9101
	Pendiente	100%	0%	51%	38.5303
	Exposición	NO		S	2.9056
<b>Rancho Nuevo</b>	Temperatura	13	13	13	No Aplica
	Humedad Relativa	10%	10%	10%	No Aplica
	Altitud	2507	2507	2507	No Aplica
	Pendiente	95%	95%	95%	No Aplica
	Exposición	S	S	S	No Aplica
<b>Método MASI</b>					
<b>La Alberca</b>	Temperatura	28	13	19	4.3989
	Humedad Relativa	90%	0%	7%	18.1306
	Altitud	2580	2387	2486	44.8627
	Pendiente	50%	0%	9%	10.5673
	Exposición	SO		E	1.8341
<b>Los Cañones</b>	Temperatura	26	13	18	4.8487
	Humedad Relativa	15%	0%	3%	4.9103
	Altitud	2233	2191	2216	12.2400
	Pendiente	34.04%	32%	32%	0%
	Exposición	S	3.5968	NO	

### Temperatura ambiental promedio

La temperatura ambiental fue registrada en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), el registró de esta variable no se realizó a una hora específica, se tomaba en el momento en que el motosierrista iniciaba el apeo, por lo que dichas lecturas nunca pudieron coincidir en los mismos horarios ya que los operadores tenían diferentes ritmos de trabajo, además de la incidencia de la topografía y otras variables ambientales, por lo anterior, se realizaron grupos de frecuencias cada 20 minutos para cada método evaluado, con el fin de distinguir el comportamiento de la temperatura ambiental promedio a lo largo de la jornada de trabajo (ver figura 6).

De acuerdo al cuadro 6 la temperatura máxima registrada durante el método Tradicional fue de  $31^{\circ}\text{C}$  y de  $12^{\circ}\text{C}$  la mínima, con un promedio de  $20^{\circ}\text{C}$ . Durante el periodo de trabajo en el MAI se registró una temperatura máxima de  $29^{\circ}\text{C}$  y una mínima de  $13^{\circ}\text{C}$ , con un promedio de  $17^{\circ}\text{C}$  y finalmente en el MASI se registró una temperatura máxima de  $28^{\circ}\text{C}$  y una mínima de  $13^{\circ}\text{C}$ , con un promedio de  $19^{\circ}\text{C}$ .

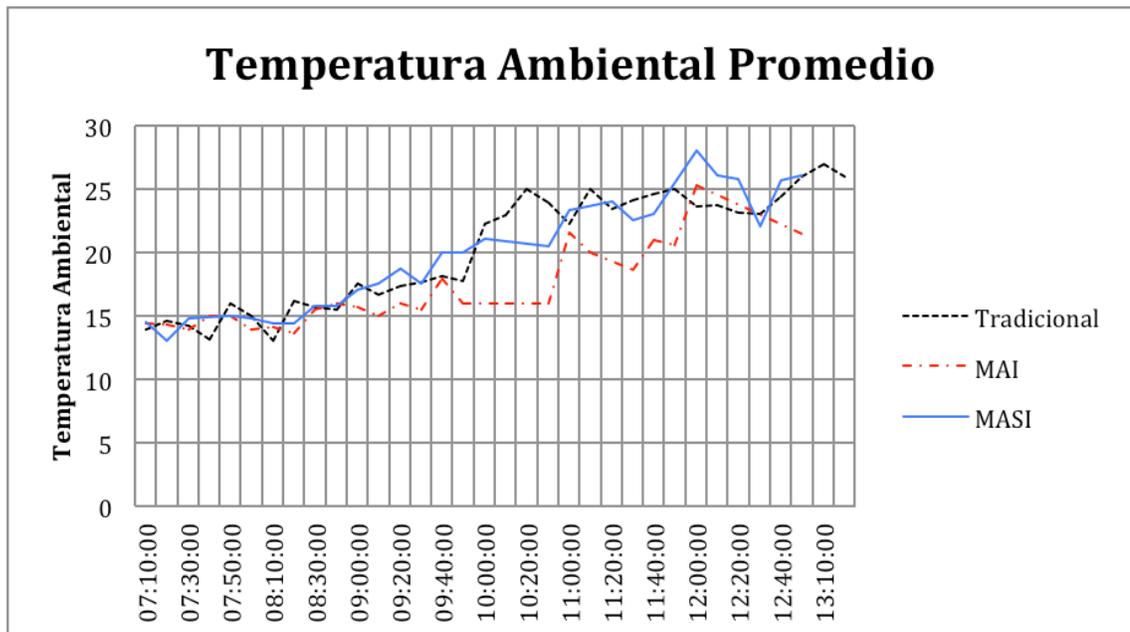


Figura 6. Temperatura ambiental promedio para cada método de trabajo, configurada en intervalos de 20 minutos.

En la figura 7 se visualiza la temperatura ambiental promedio para cada uno de los métodos y sus respectivos predios en los que se trabajó; esta variable ambiental no presenta una correlación significativa con la productividad, ya que de acuerdo al cuadro de correlaciones (anexo 22) presenta un coeficiente de correlación promedio total bajo; el método MAI en el predio La Alberca se registró una temperatura ambiental promedio de 16°C registrándose en ese momento la mayor productividad de los tres métodos evaluados indicando que estos rangos de temperatura de entre 13°C y 21°C no interfieren en el equilibrio de la temperatura corporal del operador, durante la jornada de trabajo (figura 7).

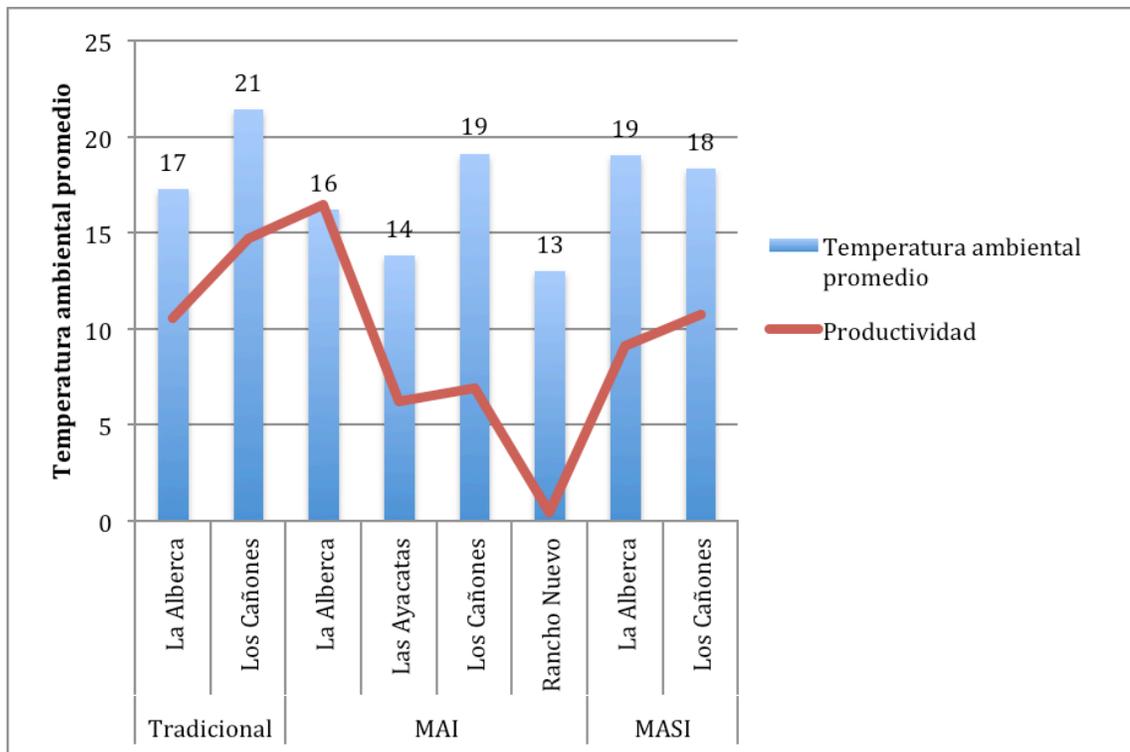


Figura 7. Temperatura ambiental promedio y productividad las localidades evaluadas.

### *Humedad relativa*

Respecto al cuadro 7 donde la mayor humedad relativa se presentó en el método MAI con un 45% en la localidad Los Cañones con un coeficiente de correlación de 0.5207 (anexo 22) y un coeficiente de correlación promedio total muy bajo entre esta variable ambiental y la productividad; lo cual se puede

observar en las figuras 8 y 9. En esta misma figura se puede observar la tendencia directa respecto de la humedad relativa y la temperatura ambiental observando su relación con la productividad en los diferentes métodos evaluados y las localidades donde se recopiló información. Esto indica que al haber baja humedad relativa, el desarrollo de las operaciones de corta puede realizarse de manera más ágil por parte de los operadores, ya que las molestias por sudoración y pérdida de humedad corporal son mínimas.

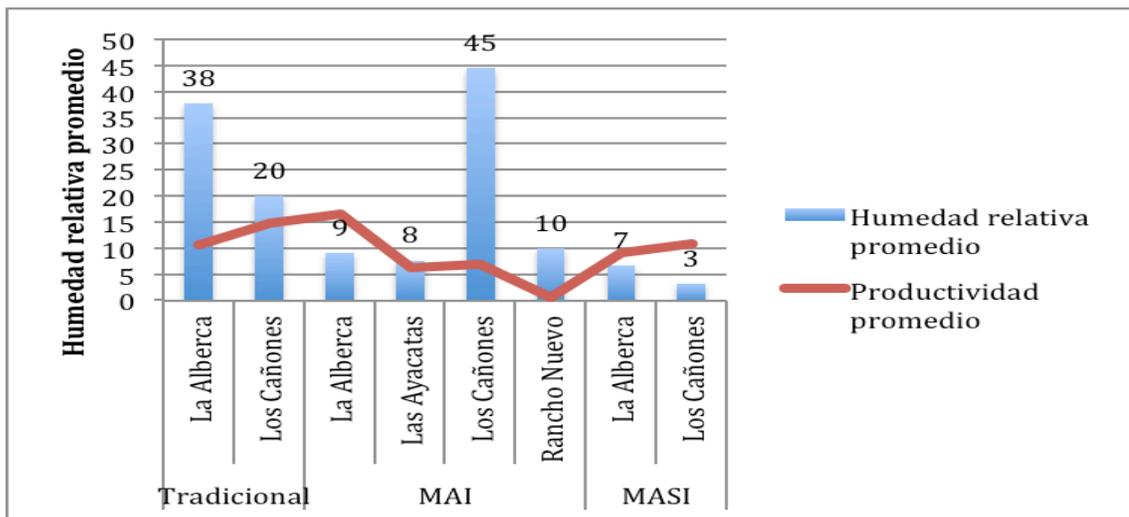


Figura 8. Humedad relativa promedio por método y localidad.

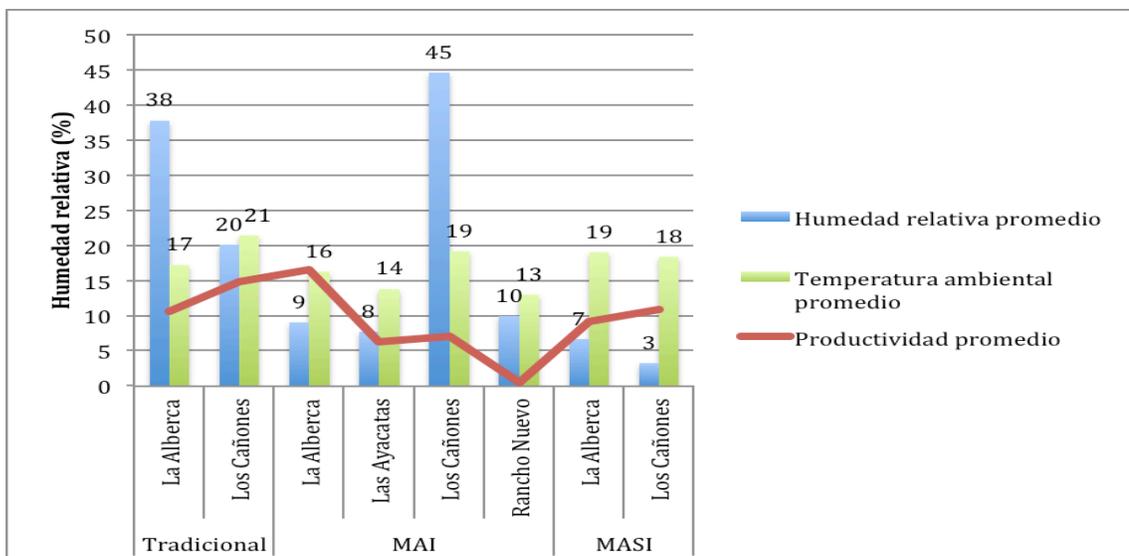


Figura 9. Humedad relativa promedio, temperatura ambiental promedio y productividad promedio en las localidades evaluadas.

### *Altitud sobre el nivel del mar*

De acuerdo al cuadro 7 la mayor altitud promedio es de 2507 msnm en la localidad Rancho Nuevo con el método MAI, de igual manera en la localidad Las Ayacatas para este mismo método se presenta la menor altitud promedio la cual fue de 2038 msnm (figura 10). Para ésta variable y su relación con la productividad, resultó un coeficiente de correlación promedio total muy bajo (0.1691) por los que se puede concluir, que no hay relación entre éstas variables. Como ya se indico, que un operador al estar a una mayor altitud su esfuerzo se ve limitado por la cantidad de oxígeno presente en el ambiente, esto, causa un aumento de la presión arterial y fatiga física, así como, fatiga mental del individuo.

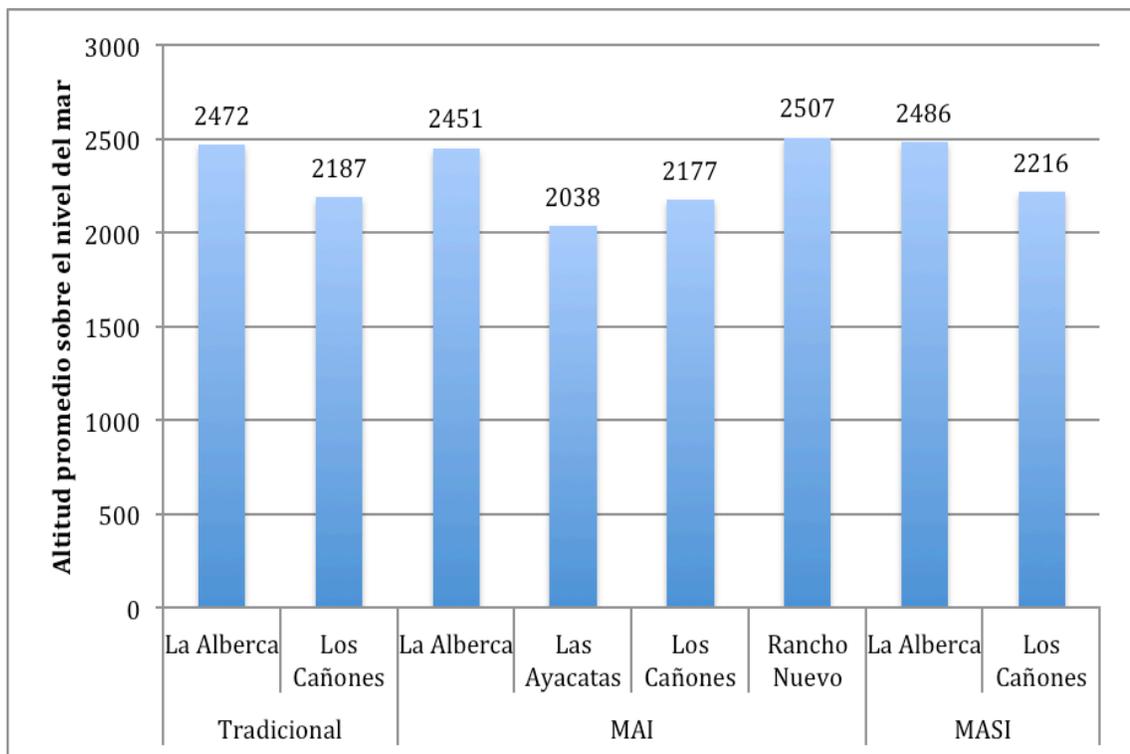


Figura 10. Metros sobre el nivel del mar promedio para cada método y localidad.

### Pendiente y exposición

Las exposiciones que predominaron fueron Sur y Sureste (cuadro 7) considerando a los ocho tipos diferentes de exposición considerados, de acuerdo a la evaluación de cada método figura 11, donde se aprecia la pendiente promedio máxima de un 95% en los tres métodos evaluados, en una exposición Sur franco. Por lo anterior y en base al cuadro 7 las exposiciones predominantes de las localidades se basa en la que región forma parte del Sistema Volcánico Transversal, y específicamente del extremo suroccidental de la Meseta tarasca dentro de la subprovincia volcánica tarasca por lo que las localidades tienen una orientación predominante al sureste.

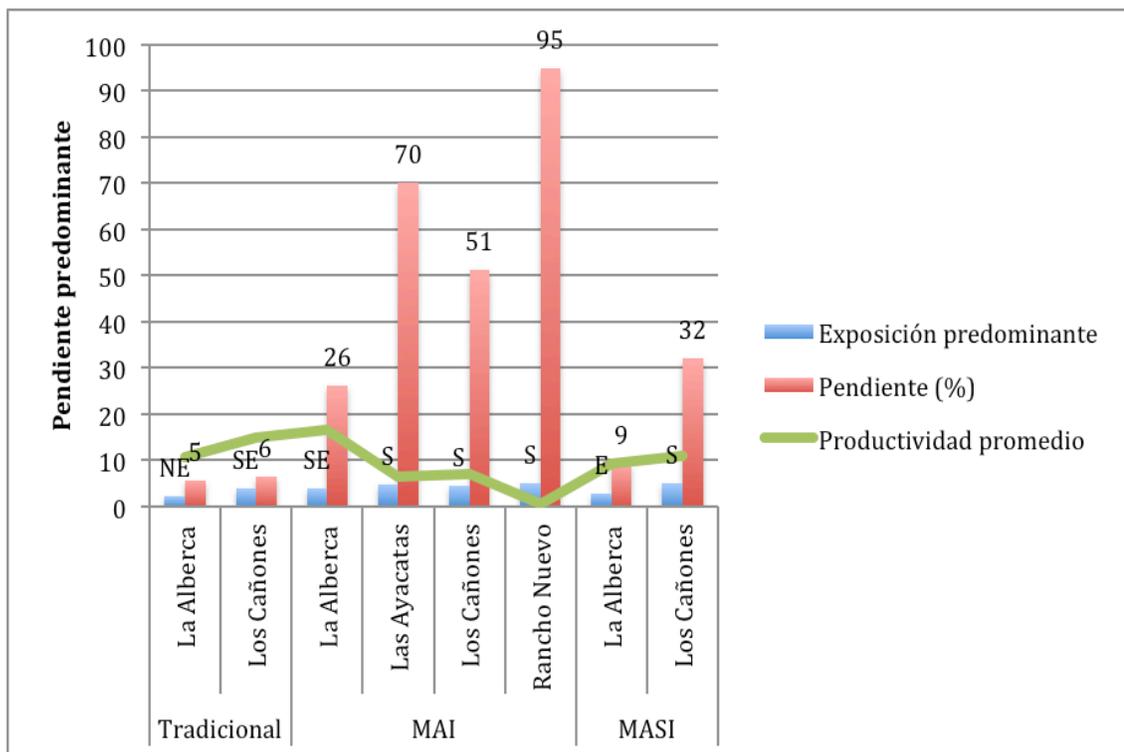


Figura 11. Pendientes promedio por cada tipo de exposición en los tres métodos evaluados.

### 4.2.2. Variables ligadas a los operadores

#### Edad

De acuerdo al cuadro 9 la edad promedio de los operadores es de 40.53 años, destacando la localidad de Rancho Nuevo donde se registró la edad mínima (29

años), dicho operador tenía poco tiempo como motosierrista y por ende poca experiencia; por consecuencia puede decirse, como lo muestra la figura 12 que el rendimiento fue mínimo en esa localidad. Por el contrario en el cuadro 8, en el Método Tradicional, en localidad La Alberca se registró la edad promedio máxima (45.56 años). De acuerdo a esta misma figura la mayor productividad (16.49 m<sup>3</sup>/h) se presentó en el método MAI en la localidad de La Alberca y una edad promedio de 41.85 años. El coeficiente de correlación obtenido fue bajo (0.22844) (anexo 22).

Cuadro 8. Edad promedio de los operadores por método evaluado.

Método	Lugar	Edad Promedio
Tradicional	La Alberca	45.56
	Los Cañones	38.49
MAI	La Alberca	41.85
	Las Ayacatas	32.67
	Los Cañones	36.65
MASI	Rancho Nuevo	29.00
	La Alberca	43.09
	Los Cañones	37.26

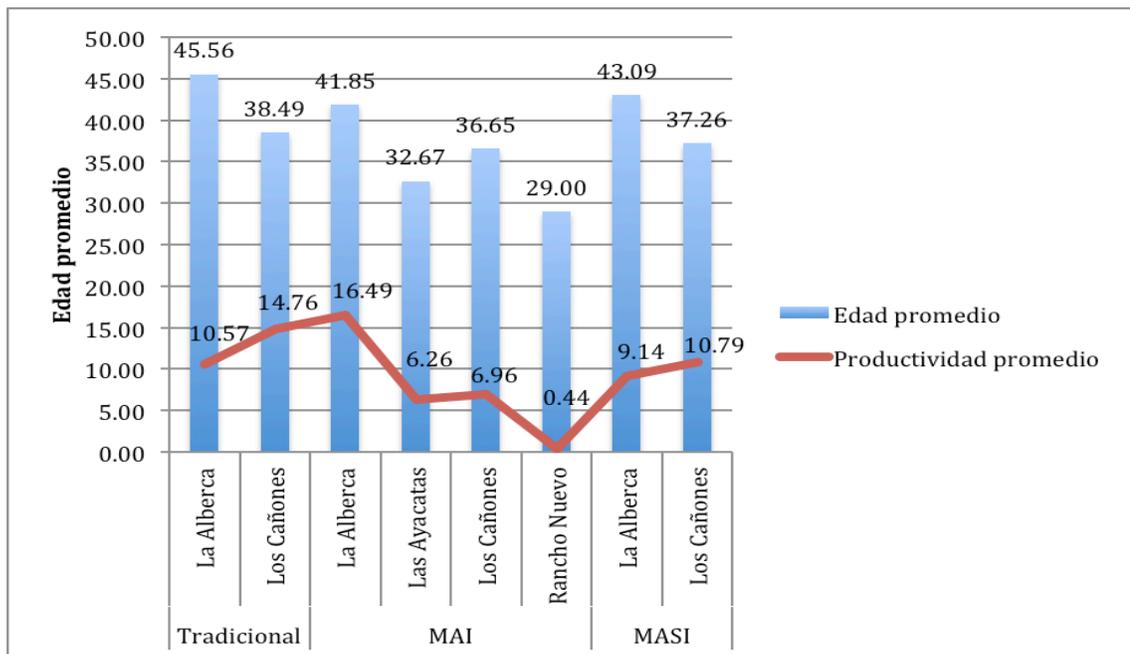


Figura 12. Edades promedio por localidad.

Cuadro 9. Edades de los motosierristas que participaron en la evaluación.

	<b>Operador</b>	<b>Edad</b>
<b>1</b>	Atonato Rodríguez C.	50
<b>2</b>	Domingo E. R.	37
<b>3</b>	Esteban Contreras	42
<b>4</b>	Francisco (cincote)	38
<b>5</b>	Francisco Echeverría	42
<b>6</b>	Jesus A. B.	36
<b>7</b>	Juan Manuel	33
<b>8</b>	Juan T.	40
<b>9</b>	Luis Murillo	35
<b>10</b>	Manuel	45
<b>11</b>	Manuel A. B.	46
<b>12</b>	Nicolás Rodríguez	46
<b>13</b>	Porfirio A.	42
<b>14</b>	Rogelio Campoverde	29
<b>15</b>	Salvador Martínez	43
<b>16</b>	Sebastián	44
<b>17</b>	Vicente Rodríguez	41
	<b>Promedio general</b>	40.53

### *Actitud*

Ya que la percepción de la actitud suele ser subjetiva; para fines de este estudio su evaluación se realizó por medio de la asignación de un número (1: Normal; 2: Triste; 3: Serio; 4: Enojado). En el cuadro 10 se visualizan los porcentajes de los tipos de actitud evaluados, resultando la actitud Normal la predominante en los motosierristas. Cabe señalar que cuando se empezó a trabajar con los operadores estos se mostraban serios o probablemente hasta enojados por ver que se les estaba evaluando; es por ello que en el método Tradicional y parte de método MAI (métodos con los que se inicio) se evaluaron tipos de actitud de esa índole. Pues puede considerarse que aún no tenían trato con la persona que los estaba evaluando (figura 13).

Cuadro 10. Tipos de actitud y sus porcentajes.

Método	Localidad	Normal (%)	Triste (%)	Serio (%)	Enojado (%)
Tradicional	La Alberca	71	17	7	5
	Los Cañones	75	7	18	0
MAI	La Alberca	87	0	13	0
	Las Ayacatas	100	0	0	0
	Los Cañones	100	0	0	0
	Rancho Nuevo	100	0	0	0
MASI	La Alberca	74	0	26	0
	Los Cañones	100	0	0	0
<b>Porcentaje general</b>		<b>88.24</b>	<b>3.0</b>	<b>8.0</b>	<b>0.6</b>

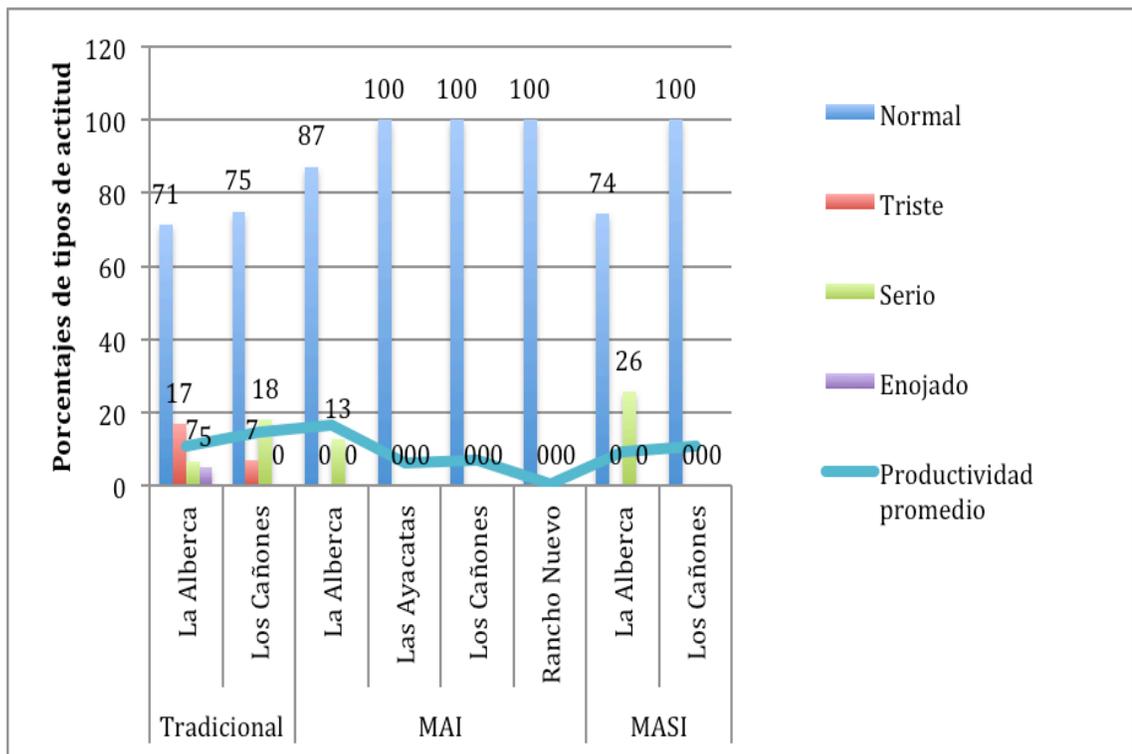


Figura 13. Tipos de actitud y sus porcentajes.

### Complejión

La complejión predominante en las localidades en que trabajo fue de tipo Normal. Lo cual se puede observar en la figura 14 y al mismo tiempo se puede visualizar que en la localidad Rancho Nuevo con el método MAI la complejión

de los operadores fue delgada y por ende la productividad más baja, lo cual, puede indicar que la complexión delgada y/o grande no es precisamente la más adecuada, ya que este tipo de actividades laborales necesitan una gran ingesta de proteínas para el desempeño de sus funciones por que se demanda una alta cantidad de energía o quema de calorías de manera sostenida para el organismo.

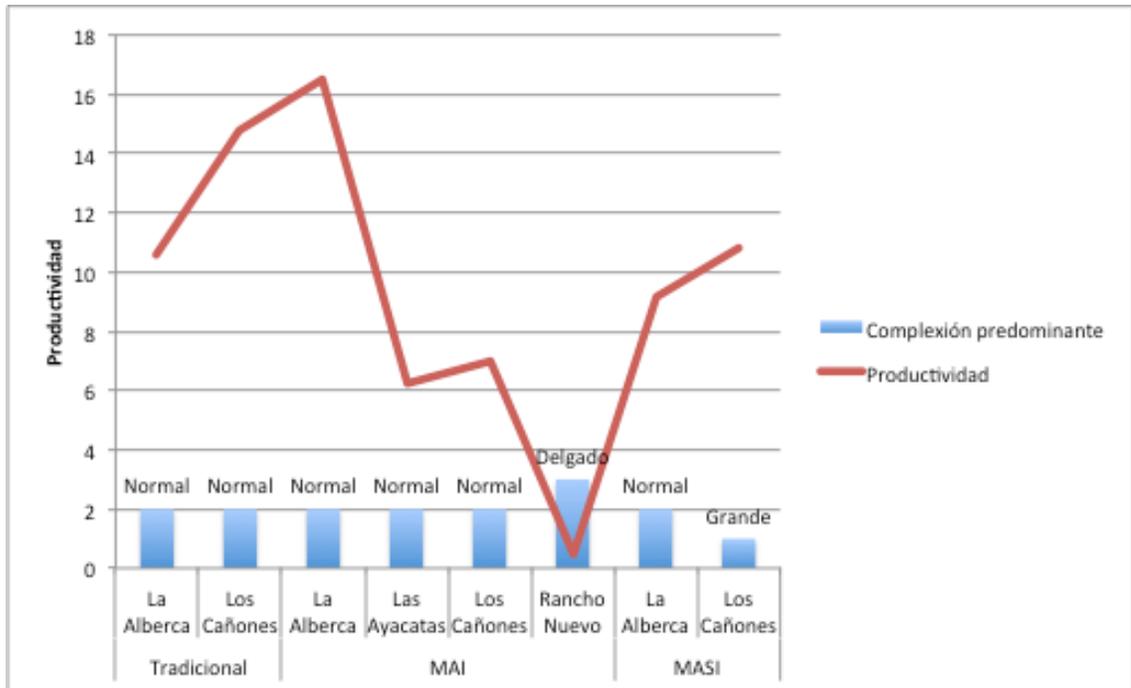


Figura 14. Complexión promedio.

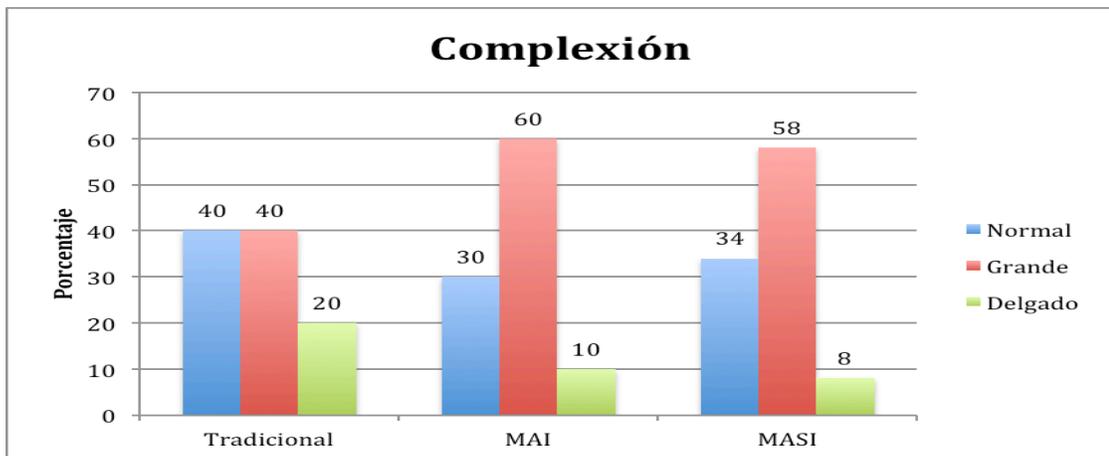


Figura 15. Gráficas de complexión física por método y sus porcentajes.

### 4.3. Evaluación de la caída del árbol

En el cuadro 11 se muestran los índices para la evaluación de la caída de los árboles para los tres métodos evaluados, sin tomar en cuenta la localidad donde se estuvo trabajando; los resultados indican en el método Tradicional que 86 de 131 árboles (65.65%) cayeron en el índice 1 (corte bien realizado y caída bien orientada) y que 35 de los 131 árboles (26.72%) indicaron los índices 1 (corte bien realizado y caída bien orientada) y 4 (fractura del fuste en la parte superior) de los árboles evaluados, (cuadro 4). Mientras que para el método MAI 31 árboles de 77 árboles (40.26%) cayeron en el índice 1 (corte bien realizado y caída bien orientada) y que 30 de los 77 árboles (38.96%) cayeron en los índices 1 (corte bien realizado y caída bien orientada) y 4 (fractura del fuste en la parte superior) de los árboles evaluados y finalmente, para el MASI 38 árboles de 89 (42.70%) cayeron en los índices 1-4 (corte bien realizado y caída bien orientada; y fractura del fuste en la parte superior) y que 27 de 89 árboles cayeron en el índice 1 ver figura 16. En donde este último método la fractura del fuste en la parte superior pudo deberse a errores humanos y/o factores ambientales.

Cuadro 11. Número de árboles y porcentajes de la evaluación de la caída del árbol.

Índices de la evaluación en la caída del árbol	Tradicional		MAI		MASI	
	No. de árboles	Porcentaje	No. de árboles	Porcentaje	No. de árboles	Porcentaje
0	0	0.00%	9	11.69%	3	3.37%
1	86	65.65%	31	40.26%	27	30.34%
2	3	2.29%	2	2.60%	11	12.36%
3	1	0.76%	0	0.00%	0	0.00%
5	0	0.00%	0	0.00%	1	1.12%
1-4	35	26.72%	30	38.96%	38	42.70%
1-5	2	1.53%	0	0.00%	0	0.00%
1-6	0	0.00%	0	0.00%	2	2.25%
2-4	2	1.53%	3	3.90%	7	7.87%
4-5	0	0.00%	1	1.30%	0	0.00%
1-4-6	0	0.00%	1	1.30%	0	0.00%
1-5-4	2	1.53%	0	0.00%	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>100.00%</b>	<b>77</b>	<b>100.00%</b>	<b>89</b>	<b>100.00%</b>

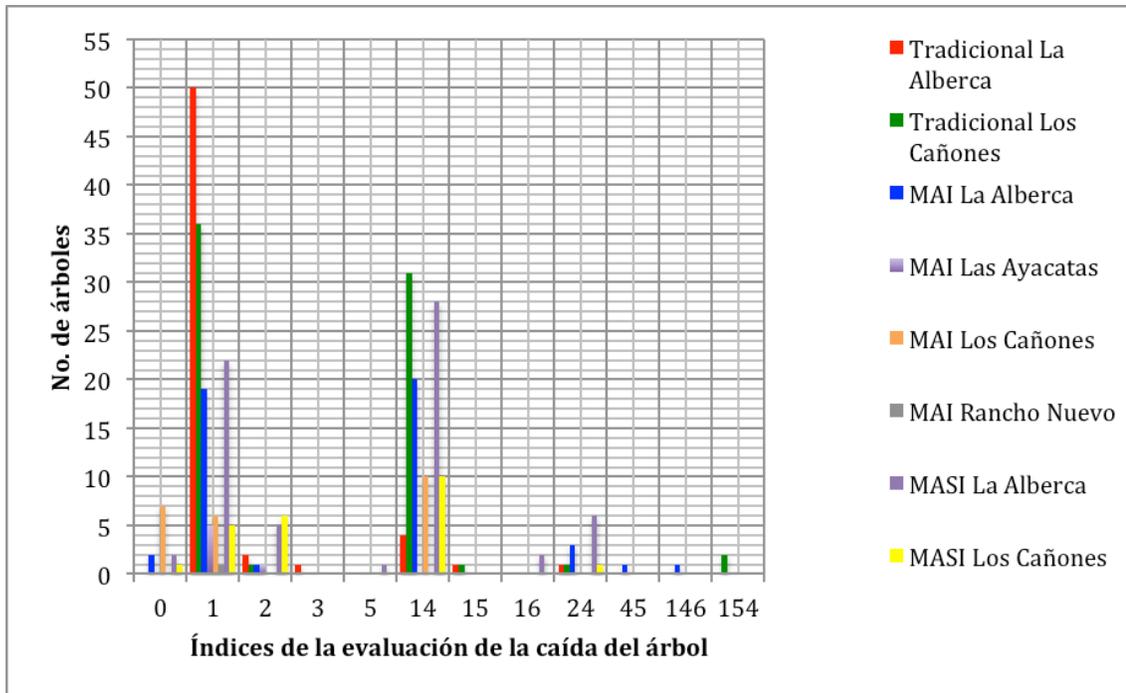


Figura 16. Evaluación por localidad de la caída del árbol.

Por otro lado, en el cuadro 12 se muestran los índices de la evaluación de la caída del árbol con el método Tradicional en la localidad La Alberca donde 50 de 59 árboles (84.7%) cayeron en el índice 1; en la localidad Los Cañones se evaluaron 72 árboles, de los cuales 36 cayeron en el índice 1, lo cual representa un 50%, pudiendo atribuir los buenos resultados a la experiencia del operador así como, las condiciones ambientales y topográficas del lugar. Además se pudo apreciar en campo que hubo más errores en la caída de los árboles en los métodos MAI y MASI (en el cual se encontraron más árboles en el índice 1-4, la cual es de 42.42% en el predio La Alberca y 43.48% en el predio Los Cañones lo cual denota que en este método ocurrió una mayor incidencia de errores; como se indica en el cuadro 4 donde se describen estos índices) repercutiendo en una baja productividad y una mala calidad de los productos a obtener, por lo que se puede atribuir que la implementación de las alternancias desconcentraban al operador al estar acompañado de otro motosierrista en turno, por otro lado, en los métodos MAI y MASI se encontraron personas de un tipo de complexión delgada y grande, las cuales

como se menciono tienden a presentar un agotamiento rápido en este tipo de actividades, así como, problemas de salud.

Cabe señalar que existieron ocasiones en que el operador no derribaba árboles, sólo concentraba su tiempo en desramar y/o trocear arbolado que se encontraba apeado, ya con anterioridad por la pareja que hacía la alternancia, es por ello, que en los métodos MAI y MASI son los únicos en los que se presentan árboles con un índice igual a cero en el que no se pudo evaluar su caída.

Cuadro 12. Número de árboles y porcentaje de los índices de la evaluación de la caída del árbol en las localidades evaluadas.

Método	Lugar	Índices de la evaluación en la caída del árbol	No. de árboles	Porcentaje (%)
Tradicional	La Alberca	0	0	0.0
		1	50	84.7
		2	2	3.4
		3	1	1.7
		5	0	0.0
		14	4	6.8
		15	1	1.7
		16	0	0.0
		24	1	1.7
		45	0	0.0
	146	0	0.0	
	154	0	0.0	
	Los Cañones	0	0	0.0
		1	36	50.0
		2	1	1.4
		3	0	0.0
		5	0	0.0
		14	31	43.1
		15	1	1.4
		16	0	0.0
24		1	1.4	
45		0	0.0	
146	0	0.0		
154	2	2.8		
MAI	La Alberca	0	2	4.3
		1	19	40.4
		2	1	2.1
		3	0	0.0
		5	0	0.0
		14	20	42.6
		15	0	0.0
		16	0	0.0
		24	3	6.4
		45	1	2.1
146	1	2.1		
154	0	0.0		

Método	Lugar	Índices de la evaluación en la caída del árbol	No. de árboles	Porcentaje (%)
MASI	Las Ayacatas	0	0	0.0
		1	5	83.3
		2	1	16.7
		3	0	0.0
		5	0	0.0
		14	0	0.0
		15	0	0.0
		16	0	0.0
		24	0	0.0
		45	0	0.0
	146	0	0.0	
	154	0	0.0	
	Los Cañones	0	7	30.4
		1	6	26.1
		2	0	0.0
		3	0	0.0
		5	0	0.0
		14	10	43.5
		15	0	0.0
		16	0	0.0
		24	0	0.0
		45	0	0.0
	146	0	0.0	
	154	0	0.0	
	Rancho Nuevo	0	0	0.0
		1	1	100.0
		2	0	0.0
		3	0	0.0
		5	0	0.0
		14	0	0.0
		15	0	0.0
		16	0	0.0
		24	0	0.0
		45	0	0.0
	146	0	0.0	
	154	0	0.0	
La Alberca	0	2	3.0	
	1	22	33.3	
	2	5	7.6	
	3	0	0.0	
	5	1	1.5	
	14	28	42.4	
	15	0	0.0	
	16	2	3.0	
	24	6	9.1	
	45	0	0.0	
146	0	0.0		
154	0	0.0		
Los Cañones	0	1	4.3	
	1	5	21.7	
	2	6	26.1	
	3	0	0.0	
	5	0	0.0	
	14	10	43.5	
	15	0	0.0	
	16	0	0.0	
	24	1	4.3	
	45	0	0.0	
146	0	0.0		
154	0	0.0		

#### **4.4. Variables inferidas**

##### **4.4.1. Salud**

De acuerdo a la NOM-030-SSA2 y la clasificación que ésta hace sobre la presión arterial de las personas (cuadro 2). Se considero dicha clasificación en el análisis de los diferentes operadores y las localidades donde se trabajó; la mayoría de los operadores evaluados, registraron un estado de presión arterial normal alta (cuadro 13), por otro lado los resultados indican que en la localidad La Alberca en donde se evaluó el método MAI se tuvieron los siguientes indicadores; presión arterial promedio fue de 141-89 (hipertensión arterial etapa 1), una frecuencia cardiaca promedio de 91 pulsaciones por minuto y una temperatura promedio corporal de 35°C, siendo esta localidad la que presento la mayor productividad promedio. Colateralmente con este mismo método de trabajo en la localidad de Rancho Nuevo la presión arterial promedio fue de 135-86 (presión arterial normal alta), una frecuencia cardiaca promedio de 154 pulsaciones por minuto, y una temperatura promedio corporal de 37°C, presentando esta localidad la menor productividad promedio figura 17. El coeficiente de correlación entre la presión arterial sistólica y la productividad resulto ser muy bajo (0.10943); mientras que el coeficiente de correlación entre el ritmo cardiaco promedio y la productividad obtuvo un coeficiente bajo (0.25581), por otro lado el coeficiente de correlación entre la temperatura corporal después de apear y la productividad demostró ser de un tipo muy baja (0.18523). Se puede deducir que el estado medico no es tan significativo en la productividad, permitiendo señalar que no se deben de excluir dichas variables para un mejor rendimiento.

Cuadro 13. Estado medico general.

Método	Lugar	Presión arterial	
		Promedio	Estado medico predominante
Tradicional	La Alberca	136-87	Presión arterial normal-alta
	Los Cañones	142-90	Hipertensión arterial etapa 1
MAI	La Alberca	141-89	Hipertensión arterial etapa 1
	Las Ayacatas	151-105	Hipertensión arterial etapa 2
	Los Cañones	135-85	Presión arterial normal-alta
	Rancho Nuevo	135-86	Presión arterial normal-alta
MASI	La Alberca	131-87	Presión arterial normal-alta
	Los Cañones	139-86	Presión arterial normal-alta

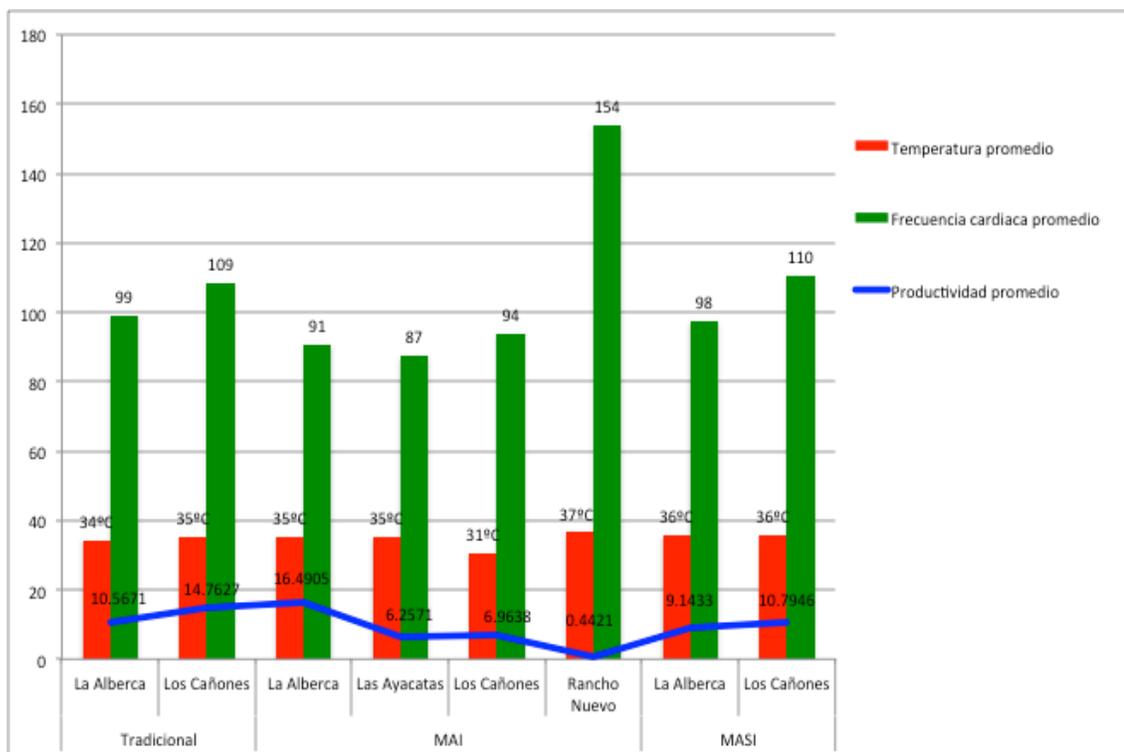


Figura 17. Principales signos vitales y productividad.

#### 4.4.2. Alimentación

Las variables que se evaluaron respecto a la alimentación fueron: que comió antes del trabajo y que comió durante el trabajo (sólidos y/o líquidos ingeridos) (cuadro 14 y figura 18). La alimentación antes de comenzar la jornada de

trabajo es en la mayoría de las veces café (5 kcal), pan de dulce (223 kcal) y atole de arroz (284 kcal). Mientras que a la hora del almuerzo, es cuando se hace el mayor aporte de kilocalorías al organismo de los operadores, mediante la ingesta de alimentos típicos como lo son conejo estofado (173 kcal), carne de pollo (153 kcal), papas con carne (207 kcal), frijol cocido (382 kcal), frijol con chile (287 kcal), arroz (199 kcal), aguacate (322 kcal), etc; los cuales aportan en promedio 246 kcal a cada motosierrista; además acompañando la ingesta con 15 tortillas (375 kcal) aproximadamente por individuo. Por lo anterior, se deduce que la ingesta promedio de kilocalorías antes del trabajo oscila entre las 5 y 507 kcal, de acuerdo a los hábitos de cada operador y para el caso del almuerzo la ingesta promedio es de 528 a 757 kcal.

En el cuadro 14 se muestra información predominante sobre la alimentación de los operadores, así como, la cantidad total de agua ingerida durante la jornada de trabajo. La figura 18 nos muestra coincidentemente que en la localidad Rancho Nuevo es nulo el consumo de agua, por el operador que en esta localidad se evaluó.

Cuadro 14. Aspectos de la ingesta de alimentos antes y durante, así como, del agua total consumida durante la jornada de trabajo.

Método	Lugar	Alimentación antes del trabajo	Hora del almuerzo	Agua total ingerida (L)	Complejión promedio	Productividad promedio (m <sup>3</sup> /h)
<b>Tradicional</b>	La Alberca	Café	09:54	0.5	Normal	10.567
	Los Cañones	Café	10:03	1.75	Normal	14.762
	La Alberca	Café	09:24	0.75	Normal	16.490
	Las Ayacatas	Atole de arroz	10:10	0.25	Normal	6.257
<b>MAI</b>	Los Cañones	Café	09:46	1.1	Normal	6.963
	Rancho Nuevo	Atole de arroz y pan		0	Delgado	0.442
<b>MASI</b>	La Alberca	Café	09:55	3	Normal	9.143
	Los Cañones	Café	09:35	0.75	Grueso	10.794

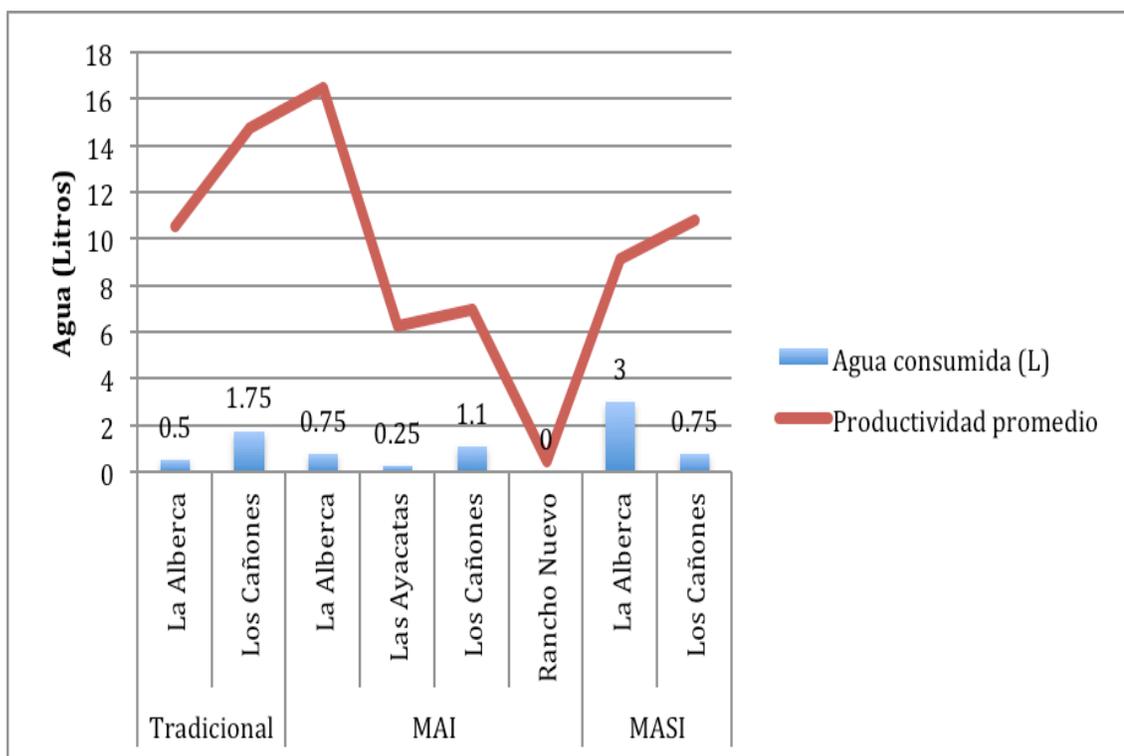


Figura 18. Agua consumida total por método.

#### 4.4.3. Ergonomía

En el cuadro 15 se muestran las variables evaluadas concernientes a la ergonomía, donde las cuatro primeras ya han sido mencionadas de manera individual, por lo que en este punto nos abocaremos a las tres últimas variables, siendo estas la temperatura ambiental, temperatura corporal, ritmo cardiaco, presión arterial, tiempo y distancia de desplazamiento en el bosque y; tiempo productivo e improductivo; todas éstas correlacionadas con la productividad (anexo 22). En cuanto al tiempo total de trabajo (tiempos improductivos+ tiempos productivos) en el registro de los tiempos improductivos los tiempos de desrame y troceo son las actividades en las que el operador invirtió más tiempo. Cabe aclarar que para este estudio solo se pretendió evaluar el apeo, no así el desrame y troceo, por lo que estas actividades, se anexaron a los tiempos improductivos, aunque no precisamente así lo sea. Mientras que para los

tiempos productivos la operación que más consumió tiempo fue, el tiempo de apeo.

En base al cuadro de correlaciones (anexo 22) con respecto a los tiempos productivos e improductivos se tiene lo siguiente (figuras 20 y 21):

- En lo concerniente al tiempo de planeación del apeo en el método MAI para la localidad Las Ayacatas se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.64552), mientras que la localidad Los Cañones con el método Tradicional se obtuvo el coeficiente más bajo (0.01956), mientras que el promedio global presentó un coeficiente bajo (0.24549).
- En lo referente al tiempo de desplazamiento al próximo árbol para el método MAI en la localidad Las Ayacatas se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.37038), mientras que la localidad La Alberca con el método Tradicional se obtuvo el coeficiente más bajo (0.01307), mientras que en el promedio global se presentó muy bajo (0.14574).
- En lo que respecta al tiempo de remoción de obstáculos en el método MAI para la localidad Las Ayacatas se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.28247), mientras que la localidad Los Cañones con éste mismo método se obtuvo el coeficiente más bajo (0.08259), mientras que el promedio global se presentó un coeficiente muy bajo (0.14142).
- En lo relativo al tiempo de apeo en el método MAI en la localidad Las Ayacatas se alcanzó el coeficiente de correlación más alto (0.50309), mientras que para la localidad Los Cañones con el método MASI se obtuvo un coeficiente más bajo (0.13789), mientras que el promedio global presentó un coeficiente bajo (0.30105).
- En lo concerniente al tiempo de servicio a la motosierra en el método MAI en la localidad Las Ayacatas se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.30801), mientras que en la localidad Los Cañones con el método Tradicional resultó el coeficiente más bajo (0.00654), mientras que en el promedio global se presentó muy bajo (0.17338).

Por otro lado para los tiempos improductivos, se tiene lo siguiente:

- En lo concerniente al tiempo de atascamiento de la motosierra en el método MAI la localidad Los Cañones se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.86622), mientras que la localidad La Alberca con el método Tradicional se obtuvo un coeficiente más bajo (0.02639), mientras que el promedio global presentó un coeficiente bajo (0.30030).
- En lo concerniente al tiempo de combustible y aceite en el método MAI la localidad Los Cañones se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.37576), mientras que la localidad La Alberca con el método Tradicional se obtuvo un coeficiente más bajo (0.03349), mientras que el promedio global se presentó un coeficiente de correlación muy bajo (0.18890).
- En lo concerniente al tiempo de descansos en el método MAI la localidad La Alberca se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.25105), mientras que la localidad Las Ayacatas con el mismo método se obtuvo un coeficiente más bajo (0.11233), mientras que el promedio global presentó un coeficiente muy bajo (0.17304).
- Finalmente en lo concerniente al tiempo de desrame y troceo en el método MAI la localidad La Alberca se obtuvo el coeficiente de correlación más alto (0.49061), mientras que la localidad Las Ayacatas con el mismo método se obtuvo un coeficiente más bajo (0.08049), mientras que el promedio global se presentó bajo (0.34620).

Por lo anterior los tiempos de desplazamiento al próximo árbol, remoción de obstáculos, servicio a la motosierra, combustible y aceite, descansos y, otros (desrame y troceo) no se encontró ningún coeficiente de correlación superior a 0.5 en ninguna localidad, por lo que dichas variables no tienen una correlación significativa visto desde este punto de vista, deduciendo así, que no tienen una influencia directa con la productividad. Por lo que, se puede deducir que

solamente en las variables que anteriormente presentaron un coeficiente de correlación superior a 0.5, se pueden influir para tener una repercusión directamente en el rendimiento.

En lo que respecta a la variable distancia promedio recorrida, la localidad Las Ayacatas durante la evaluación del método MAI se presentó un coeficiente de correlación de 0.55925, siendo ésta la única localidad, pues promediando globalmente las demás se obtiene un coeficiente muy bajo (0.19461). De acuerdo al cuadro 15 se puede observar durante la evaluación del método MAI en la localidad La Alberca se presentó una distancia máxima de recorrido de 37.23 metros, de acuerdo a la figura 19 es donde se presentó la mayor productividad promedio; por otro lado la distancia mínima de recorrido se presentó en la localidad Los Cañones de 19.15 metros durante la evaluación el método MASI, en donde se vuelve a presentar un incremento de la productividad después de la localidad Rancho Nuevo (figura 19).

Cuadro 15. Variables ergonómicas evaluadas.

Variables	Metodo y Localidad									
	Tradicional		MAI				MASI			
	La Alberca	Los Cañones	La Alberca	Las Ayacatás	Los Cañones	Rancho Nuevo	La Alberca	Los Cañones	La Alberca	Los Cañones
Planeación de apeo*	00:00:20	00:00:27	00:00:27	00:00:48	00:00:12	00:00:18	00:00:27	00:00:38	00:00:52	00:00:38
Planeación de apeo**	00:00:23		00:00:26				00:00:45			
Desplazamiento al próximo árbol*	00:01:17	00:01:34	00:01:10	00:00:20	00:05:32	00:01:23	00:01:48	00:01:20		
Desplazamiento al próximo árbol**	00:01:26		00:02:06				00:01:34			
Remoción de obstáculos*	00:00:18	00:00:37	00:00:08	00:00:13	00:00:05	00:00:00	00:00:03	00:00:05	00:00:04	00:00:04
Remoción de obstáculos**	00:00:27		00:00:06							
Apeo*	00:01:47	00:01:36	00:01:51	00:03:36	00:00:43	00:01:37	00:02:15	00:01:45		
Apeo**	00:01:42		00:01:57				00:02:00			
Servicio a la motosierra*	00:00:34	00:00:58	00:00:46	00:01:03	00:01:27	00:00:00	00:00:51	00:01:06		
Servicio a la motosierra**	00:00:46		00:00:49				00:00:59			
<b>Tiempo total productivo*</b>	<b>00:04:16</b>	<b>00:05:12</b>	<b>00:04:22</b>	<b>00:06:00</b>	<b>00:07:59</b>	<b>00:03:18</b>	<b>00:05:51</b>	<b>00:04:55</b>		
<b>Tiempo total productivo**</b>	<b>00:04:44</b>		<b>00:05:25</b>				<b>00:05:23</b>			
Atascamiento*	00:00:00	00:00:01	00:00:01	00:01:03	00:00:03	00:00:00	00:00:10	00:00:04		
Atascamiento**	00:00:00		00:00:17				00:00:07			
Combustible y aceite*	00:00:18	00:00:26	00:00:48	00:00:42	00:01:21	00:01:32	00:00:53	00:01:33		
Combustible y aceite**	00:00:22		00:01:06				00:01:13			
Descansos*	00:04:05	00:04:36	00:08:46	00:07:40	00:07:51	00:01:41	00:08:28	00:08:07		
Descansos**	00:04:20		00:06:29				00:08:18			
Otros (desrame y troceo)*	00:12:11	00:11:10	00:13:35	00:12:17	00:24:24	05:33:29	00:17:10	00:16:15		
Otros (desrame y troceo)**	00:11:40		01:35:56				00:16:43			
<b>Tiempo total improductivo*</b>	<b>00:16:34</b>	<b>00:16:13</b>	<b>00:23:09</b>	<b>00:21:43</b>	<b>00:33:39</b>	<b>05:36:42</b>	<b>00:26:42</b>	<b>00:26:00</b>		
<b>Tiempo total improductivo**</b>	<b>00:16:24</b>		<b>01:43:48</b>				<b>00:26:21</b>			
Tiempo total de trabajo*	00:20:50	00:21:24	00:27:31	00:27:43	00:41:37	05:40:00	00:32:33	00:30:54		
Tiempo total de trabajo**	00:21:07		01:49:13				00:31:44			
<b>Distancia recorrida promedio (m)*</b>	<b>26.91</b>	<b>21.76</b>	<b>37.23</b>	<b>29.46</b>	<b>35.51</b>	<b>0</b>	<b>29.12</b>	<b>19.15</b>		
<b>Distancia recorrida promedio (m)**</b>	<b>24.34</b>		<b>25.55</b>				<b>24.14</b>			

\*Promedios por localidad.

\*\*Promedios por método evaluado.

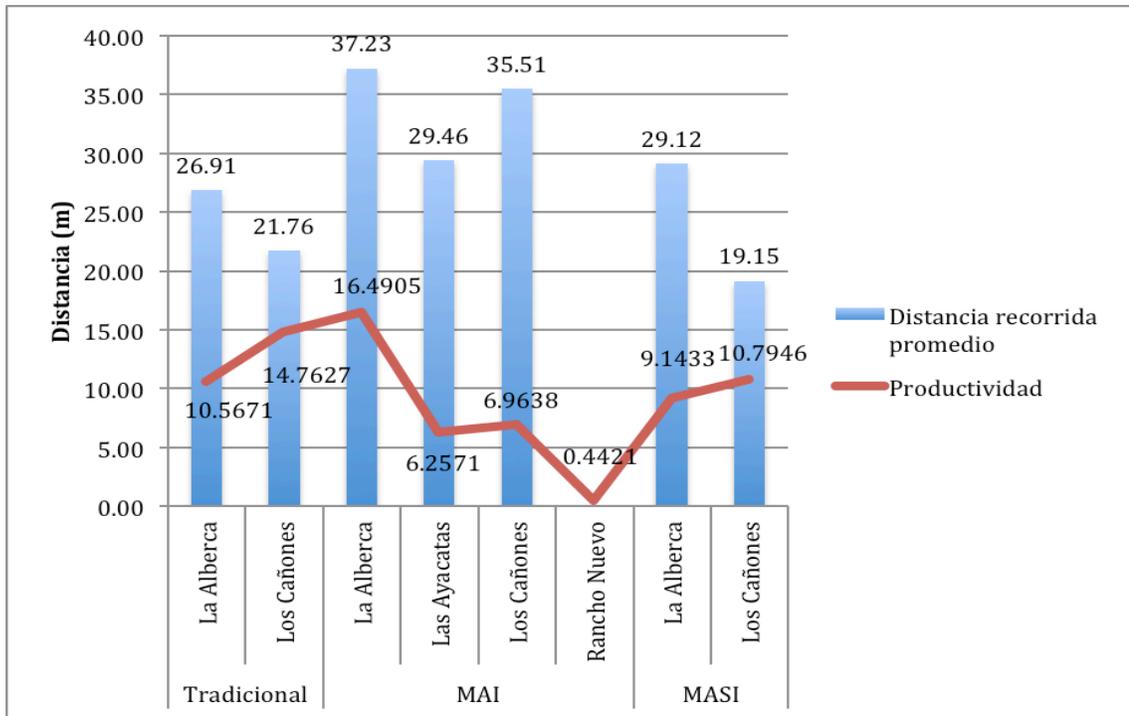


Figura 19. Distancia recorrida promedio.

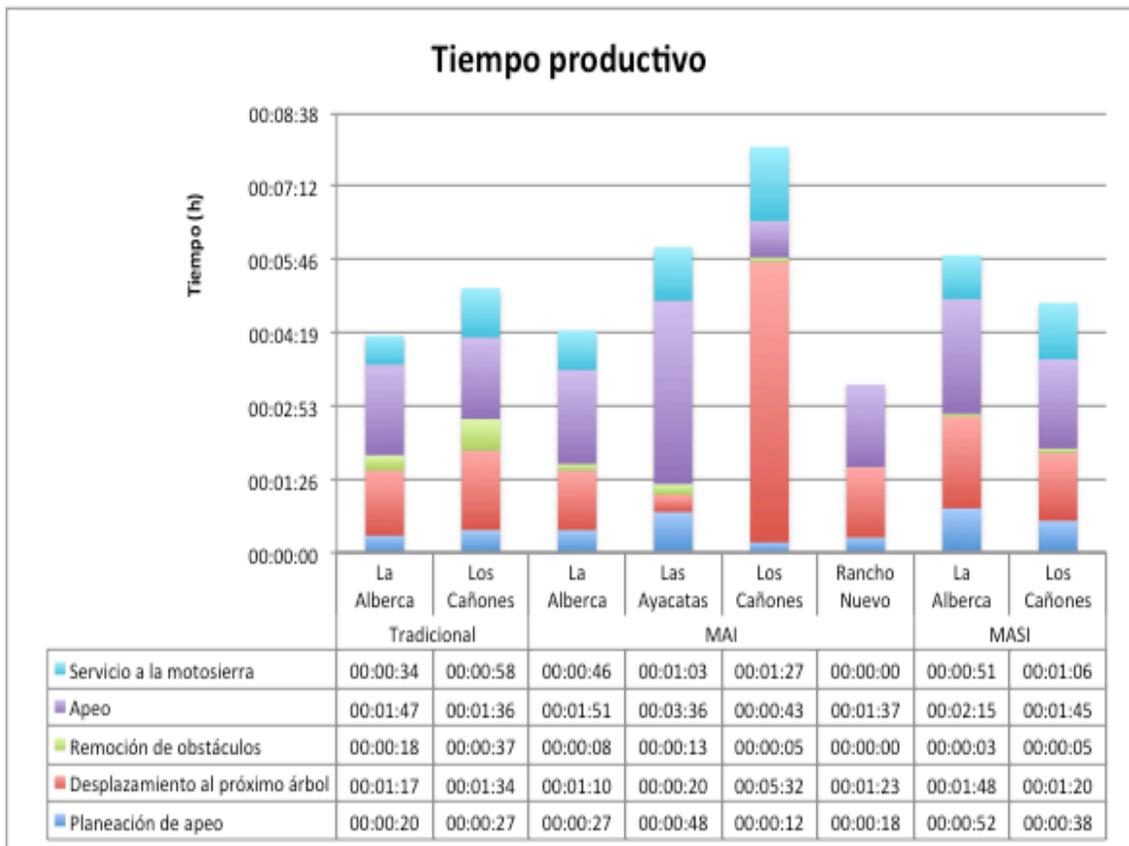


Figura 20. Tiempo productivo promedio por localidad.

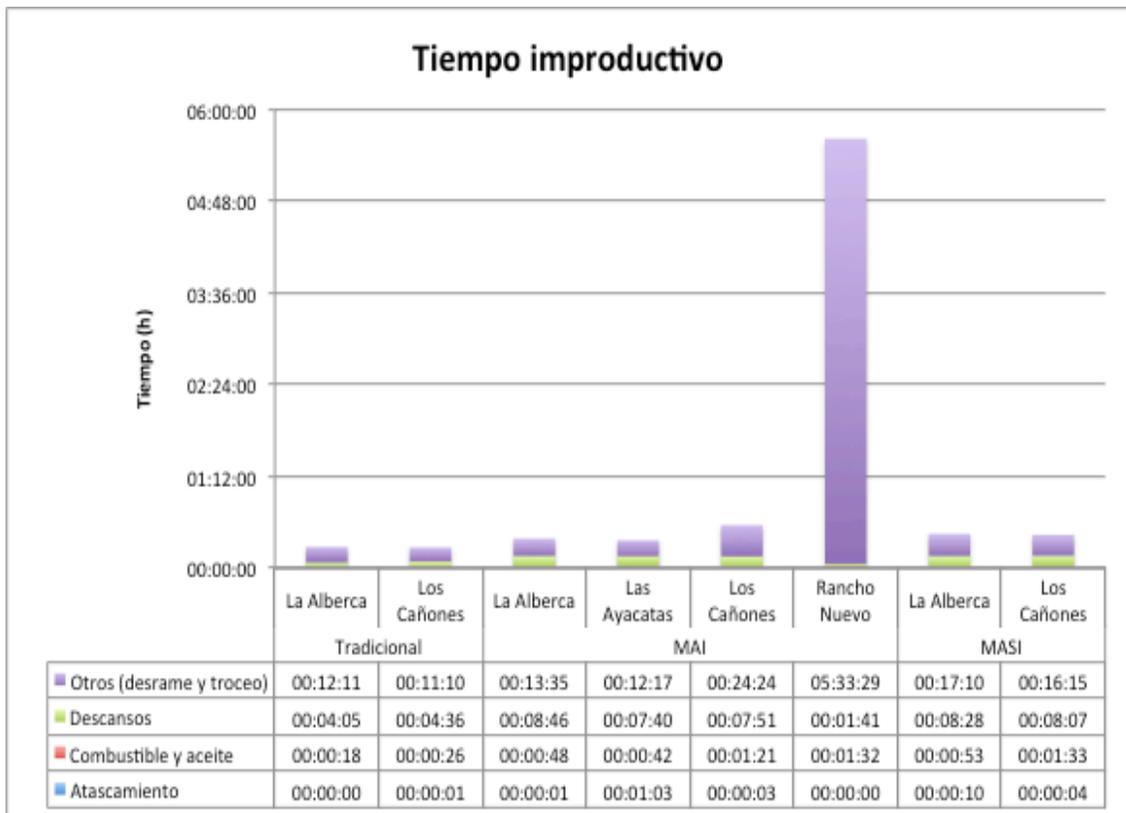


Figura 21. Tiempo improductivo promedio.

#### 4.4.4. Seguridad

Los operarios de las motosierras, antes de iniciar el trabajo, se ponen de manera incompleta el equipo de seguridad personal pudiéndose observar en la figura 22, donde el casco y las chaparreras son los elementos que generalmente usan, dejando al descubierto las deficiencias que tienen respecto a los otros elementos del equipo de protección ya que, los guantes, las botas de casquillo y la camisola, son los elementos del equipo de protección personal que es menos usado por estos operadores.

En cuanto al botiquín de primeros auxilios, todas las brigadas de los tres métodos evaluados contaban con el, conteniendo en su interior alcohol, gasas y vendas; cuando se estuvieron haciendo las evaluaciones de los diferentes métodos de trabajo, sólo en el método Tradicional el botiquín prácticamente estuvo completo, al considerar el antiséptico dentro de éste, con los porcentajes

de 59.32% y 25% en las localidades La Alberca y Los Cañones respectivamente.

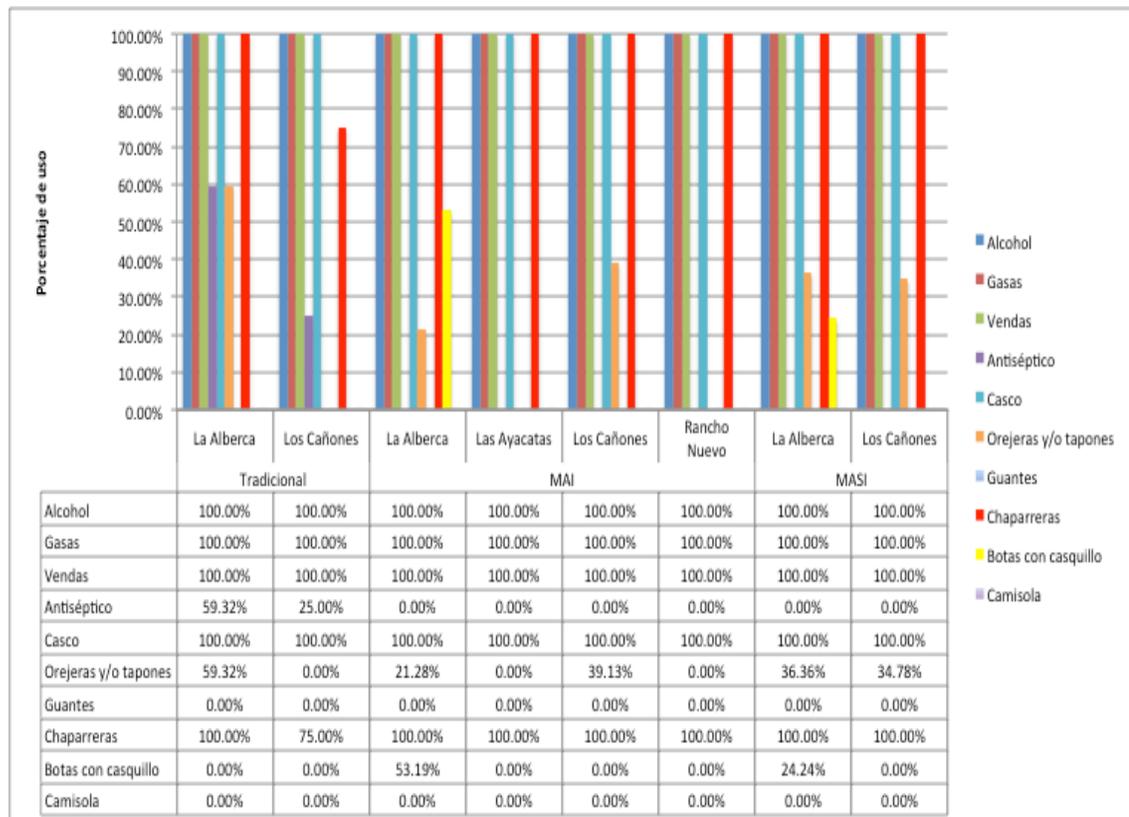


Figura 22. Porcentaje de cumplimiento del equipo seguridad y del botiquín de primeros auxilios.

#### 4.4.5. Productividad en la operación de corte

De acuerdo con la figura 23 al distribuirse la productividad en frecuencias, resulto que en el índice de 0 a 14 m<sup>3</sup>/h se encuentre la mayor frecuencia en la productividad. Paralelamente con el análisis por localidades para los diferentes métodos evaluados, la mayor productividad promedio resultó ser en el predio La Alberca con método MAI, donde simultáneamente se registró la máxima productividad de 100.2662 m<sup>3</sup>/h (figura 24); cabe mencionar que en la localidad Rancho Nuevo sólo se apeo un sólo árbol, es por ello que en ésta figura se mantiene constante la productividad.

El coeficiente de productividad está referido al rendimiento del tiempo productivo sin la influencia del improductivo, lo cual aumenta la productividad del trabajo realizado; en éste caso, el coeficiente de productividad máximo se

registró en el predio Los Cañones con el Método Tradicional con 67.62 m<sup>3</sup>/h de tiempo productivo mostrando un coeficiente de correlación de 0.49630, mientras que la misma localidad en los métodos MAI y MASI resultaron los coeficientes de correlación de 0.89373 y de 0.54249 respectivamente para cada método evaluado.

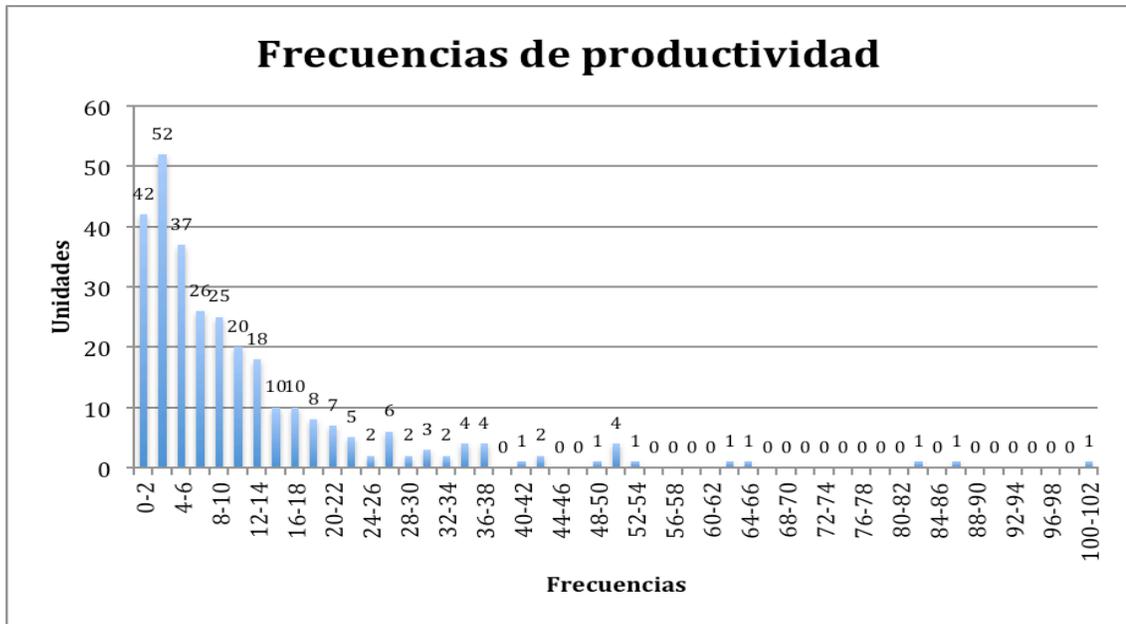


Figura 23. Frecuencias de productividad.



Figura 24. Productividad máxima, mínima y promedio.

En el cuadro 16 se muestra el rendimiento promedio máximo obtenido en el presente estudio el cual es de 16.49 m<sup>3</sup>/h, comparándolo con el obtenido en la CINSJP, Michoacán por Aguilar, J. (2013) donde se obtuvo un rendimiento en la operación de derribo de 20.18 m<sup>3</sup>/h. De igual forma Najera, J. (2010) dedujo un rendimiento en el ciclo de derribo de 28.67 m<sup>3</sup>/h en El Salto, Durango. Mientras que Campo Vega (2008) evaluó un rendimiento en el ciclo de derribo de 31.52 m<sup>3</sup>/h en La Campana, Durango. Montañes, J y Ríos F. (2008) reportaron un rendimiento en el ciclo de derribo de 35.90 m<sup>3</sup>/h en La Victoria, Durango. Finalmente en El Brillante, Durango el rendimiento que se reporta es de 22.0 m<sup>3</sup>/h. Por lo anterior se deduce que el rendimiento encontrado en el presente estudio indican que el rendimiento de la CINSJP ha disminuido, lo que indica un problema en el aprovechamiento forestal maderable y que repercute directamente sobre las otras operaciones del abastecimiento.

Cuadro 16. Comparación del rendimiento (m<sup>3</sup>/h) en diferentes lugares de México.

Lugar	Autor	Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)
<b>CINSJP, Michoacán</b>	Aguilar, J. (2013)	20.18
<b>El Salto, Durango</b>	Najera, J. (2010)	28.67
<b>La Campana, Durango</b>	Campo Vega. (2008)	31.52
<b>La Victoria, Durango</b>	Montañes, J y Ríos F. (2008)	35.90
<b>El Brillante, Durango</b>	Aguirre, M y Villanueva, G. (2008)	22.00
<b>CINSJP, Michoacán</b>	Eguiluz, P. (2014) inédito	16.49

Se realizaron intervalos de confianza con pruebas de T donde en base a los resultados obtenidos de la productividad promedio, al comparar el método Tradicional con el MAI resultado no significativo (0.9253), excepcionalmente al compáralo con el MASI resultado poco significativo (0.0368) y, al comparar el MAI y el MASI resultado no significativo (0.2230); concluyendo que ninguno resultó significativamente diferente, aunque se distingue un poco el MASI, como se muestra en los ANOVAs (cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados de las pruebas de T.

### MAI Vs. Tradicional

Variable	Método	N	Media inferior	Media	Media superior	Dev. Std. inferior	Dev. Std.	Dev. Std. Superior	Error estándar
m <sup>3</sup> /h	MAI	77	8.1521	12.639	17.126	17.064	19.769	23.5	2.2529
m <sup>3</sup> /h	Tradicional	131	10.772	12.873	14.974	10.839	12.154	13.834	1.0619
m <sup>3</sup> /h	Diff (1-2)		-4.596	-0.234	4.128	14.053	15.408	17.054	2.2125

'''					
Variable	Método	Varianzas	DF	T-valor	Pr >  t
m <sup>3</sup> /h	Agrupado	Iguals	206	-0.11	0.9159
m <sup>3</sup> /h	Satterthwaite	Desiguales	110	-0.09	0.9253

### MASI Vs. Tradicional

Variable	Método	N	Media inferior	Media	Media superior	Dev. Std. inferior	Dev. Std.	Dev. Std. Superior	Error estándar
m <sup>3</sup> /h	MASI	89	7.3966	9.5701	11.743	8.9926	10.318	12.104	1.0937
m <sup>3</sup> /h	Tradicional	131	10.772	12.873	14.974	10.839	12.154	13.834	1.0619
m <sup>3</sup> /h	Diff (1-2)		-6.402	-3.303	-0.204	10.467	11.448	12.634	1.5726

T-Test					
Variable	Método	Varianzas	DF	T-valor	Pr >  t
m <sup>3</sup> /h	Agrupado	Iguals	218	-2.10	0.0368
m <sup>3</sup> /h	Satterthwaite	Desiguales	207	-2.17	0.0314

### MAI Vs. MASl

Variable	Método	N	Media inferior	Media	Media superior	Dev. Std. inferior	Dev. Std.	Dev. Std. Superior	Error estándar
m <sup>3</sup> /h	MAI	77	8.1521	12.639	17.126	17.064	19.769	23.5	2.2529
m <sup>3</sup> /h	MASI	89	7.3966	9.5701	11.743	8.9926	10.318	12.104	1.0937
m <sup>3</sup> /h	Diff (1-2)		-1.674	3.069	7.8122	13.93	15.435	17.307	2.4022

T-Test					
Variable	Método	Varianzas	DF	T-valor	Pr >  t
m <sup>3</sup> /h	Agrupado	Iguals	164	1.28	0.2032
m <sup>3</sup> /h	Satterthwaite	Desiguales	111	1.23	0.2230

## 5. CONCLUSIONES

Se analizaron las diferentes variables y su relación entre algunas de ellas, contrastándose los diferentes métodos de trabajo y sus localidades, donde resultó la evaluación de los tres métodos de trabajo en las operaciones de corte en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro CINSJP, Michoacán, en donde se evaluaron las alternancias en motosierristas, ningún método resultó ser mucho mejor que otro, con excepción de que el MASI tiene muy poca significancia (0.0368), por consiguiente no es de gran importancia que método se aplique en la comunidad. Además se recopiló, estimó y generó información detallada, así como, actualizada relacionada con la productividad y su relación con las diferentes variables (dasométricas, ambientales, ergonómicas y de salud, entre otras así como, de voluntad y actitud de los individuos) en las operaciones de corte y finalmente se identificaron algunas de las deficiencias en las operaciones de corte.

## 6. RECOMENDACIONES

Los indicadores de productividad ( $m^3/h$ ), parámetros de ergonomía, salud y seguridad que se estimaron en el presente estudio representan una herramienta para mejorar la planeación de mano de obra necesaria en la actividad del derribo de árboles (apeo) dentro del aprovechamiento forestal maderable, con que se busca contribuir en la calidad y competitividad en dicha actividad.

Se recomienda utilizar la información generada como soporte, en la toma de decisiones en la planeación de los aprovechamientos forestales en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP).

Es necesario fomentar y mejorar las técnicas de derribo, ya que un gran porcentaje cometió errores en la evaluación de la caída del árbol, principalmente en los índices de evaluación 2, 4, 5 y 6.

Las personas con un tipo de complexión delgada y grande no es la más óptima; en cuanto a la salud se observó que la mayoría no tienen una ingesta grande de kilocalorías antes del trabajo, por lo que se recomienda que se les fomente la importancia de la alimentación sana y balanceada de acuerdo a cada actividad forestal. Así como, realizar estudios más enfocados a la alimentación de los trabajadores forestales y su relación con la productividad.

A aquellas personas que se tengan identificadas con problemas de salud críticas, se recomienda que se les reubique de lugar y labor, por su seguridad y por la de otras personas.

Se recomienda a los jefes y/o coordinadores del aprovechamiento forestal maderable, que insistan a los operadores de motosierra que usen debidamente el equipo de protección personal para, reducir los accidentes en la operación de corte.

De acuerdo a lo observado en campo durante la evaluación del estudio, se requiere que en la comunidad se implemente más maquinaria forestal semiautomática, así como, automática; en las operaciones del aprovechamiento forestal, para aumentar la productividad y reducir los costos de operación.

## 7. LITERATURA CITADA

- Acosta, F.C; Cuevas, A; Pinto, A; Cardoso, C; Olivera, R. (2004). Evaluación de los efectos de la rotación en operadores de motosierras. Sociedade de Investigações Florestais. *Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 367-372, 2004.
- Aguilar, J. (2013). Diagnóstico del proceso de aprovechamiento forestal en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Tesis maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 143 p
- Aguirre, M y Villanueva, G. (2008). Evaluación operacional y ambiental del abastecimiento forestal en el Ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de el Salto. Durango. p 79.
- Álvarez, D. (2011). Propuesta de un método para la tala con motosierra basado en principios ergonómicos. 5to. Congreso Forestal de Cuba.
- Anaya, H y Christiansen. (1986). Aprovechamiento forestal; análisis de apeo y transporte. ICA. San José, Costa Rica. 235 p. disponible en [http://books.google.com.mx/books?id=NegNAQAIAAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=NegNAQAIAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) Consultado el día 14 de febrero de 2013.
- Apud, E y Valdés, S. (1999). Manual de ergonomía forestal. Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción, Fundación Chile. Chile. p 456.
- Bardomas, S. (2007). Calidad de vida y condiciones laborales en la actividad forestal en la Argentina. I Seminario de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos, Sostenibilidad e Indicadores. Almería, Argentina. 1-13 p.
- Chavarría, R. (S/A). NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Barcelona.
- CNF (Sistema Nacional de Información Forestal). (2012). Anuarios estadísticos de la producción forestal. México, DF. Disponible en

- <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/economica/anuarios-estadisticos-de-la-produccion-forestal>. Consultado el día 04 de mayo de 2013.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la de Biodiversidad), (2010). Subdirección de Sistemas de Información Geográfica. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Consultado el día 23 de mayo de 2014.
- CORMA (Corporación Chilena de la madera A.G.). (2011). Documento del proceso de certificación de competencias laborales. Departamento de Producción Forestal Código: DT-001. Chile. 1-16 p.
- Delgado, A y Vallejo, D. (1977). El aprovechamiento forestal en Colombia. Serie Técnica - Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Colombia). No. 4. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=ORTON.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018531>. Consultado el día 04 de mayo de 2013.
- Dirección de Trabajo .(2001). Cartilla elementos de protección personal en el trabajo forestal. Disponible en: [http://www.dt.gob.cl/1601/articles-97926\\_recurso\\_3.pdf](http://www.dt.gob.cl/1601/articles-97926_recurso_3.pdf). Consultado 15 de febrero de 2014.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1993). Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo. Roma. p 190.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Estudio FAO montes 163. Pp 104.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2012). El estado de los bosques del mundo. Roma. p 64.
- FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). (2004). Meteorología y climatología semana de la ciencia y la tecnología.. España. p 170.
- Fernández, A. (2003). Importancia de la nutrición en el atleta de tercera Generación veterano. Lecturas Ef y Deportes. 8.58. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd58/nutri.html>. Consultado 15 de febrero de 2014.

- Fregoso, A; Velázquez, A; Bocco, G; Cortéz, G. (2001). El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.
- Heikkilä, T. (S/A). Transporte de madera. Proyecto CEMAPIF. Honduras. p 100.
- Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 46, 2001, pp. 58-77.
- Larsen, R. y Buss, D. (2005). Psicología de la Personalidad. Mc Graw Hill. México
- Lebedys, A. (2004). Tendencias y situación actual de la contribución del sector forestal a las economías nacionales. FAO. Dirección de Productos y Economía Forestales, Roma. p 164.
- Leckoundzou, A; Álvarez, D; Acosta, F; Alaejos, J; Torres, E. (2010). Evaluación de las operaciones de aprovechamiento forestal en la empresa forestal integral (EFI) Baracoa, Cuba. VI Simposio Internacional Sobre Manejo Sostenible de Recursos Forestales. Guantánamo, Cuba.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). (2003). SEMARNAT. Publicadas en el DOF 07-06-2013. México.
- Lopez, E; Ambrosio, Y; Vignote, S. (2005). Tiempos y rendimientos de dos sistemas de aprovechamiento de madera de *Populus sp.* en Castilla Leon, España. Revista Ciencia Forestal en México. 31(99): 73-91.
- Lustrum, S. (1993). Circular sawmills and their efficient operation. USDA Forest Service State and Private Forestry. 93 p.
- Mager, J. (1998). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Oficina internacional del trabajo (OIT). Ginebra.
- Márquez, L. (2003). Las vibraciones en las motosierras. Su influencia sobre la salud de los trabajadores. Agrotecnica. Italia. 27-31 p.
- Meneses, M. y Guzman, S. (2000). Productividad y eficiencia en la producción forestal basada en las plantaciones de *pino radiata*. *Bosque* (Valdivia). vol.21, no.2, p.3-11. ISSN 0717-9200. Chile.
- Mondelo, P; Gregori, E; Blasco, J; Barrau, P. (1999). Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España. 123-239 p.

- Montañes, J y Ríos F. (2008). Evaluación operacional y ambiental del abastecimiento forestal en el Ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis licenciatura. El Salto, Durango. 66 p.
- Nájera, J. (2010). Evaluación del proceso productivo maderable en la región de el Salto, Durango, México. Tesis doctoral. El Salto, Durango. 198 p.
- Návar, H. R. 1979. Aspectos de abastecimientos de productos forestales en el Ejido Santa María de Ocotán y Xoconoxtle, municipio de El Mezquital, Durango. *Revista Ciencia Forestal en México*. 55 (10): 50-64.
- OIT (Oficina internacional del trabajo). (1996). Introducción al estudio de trabajo. Ginebra, Suiza. p 521.
- OIT (Oficina internacional del trabajo). (1998). Seguridad y salud en el trabajo forestal. Ginebra, Suiza . p 136 .
- OMS (Organización mundial de la salud). (1978). Hipertencion arterial. Informe de un comité de expertos de la OMS. Serie de informes técnicos 628. Ginebra. p 64.
- Ortega A; Fernández, C; Linari, F. (2005). Manual del motosierrista profesional. Ediciones AIFEMA. España.
- Pantaenius P. (2013). Aprovechamiento forestal: Las operaciones de corta. Estación Experimental Agroforestal Esquel (Chubut). Argentina.
- Pantoja, M; Barrera, J; Insfrán, M. (2002). Instrumento para evaluar aptitud clínica en anestesiología. Instituto Mexicano del Seguro Social. México. p 8.
- PEF (Plan Estratégico Forestal) -2025. (2001). Informe final. México. Dykstra, C y Heinrich, R. (1996). Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO. Roma Italia. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/V6530S/V6530S00.htm>. Consultado el día 15 de febrero de 2013.
- Pérez de Larraya. (2003). La motosierra manual del usuario. Gobierno de Navarra. Instituto Navaro de Salud Laboral. Gobierno de Navarra. 67 p.
- RAE (Real Academia Española). (2001). Diccionario. Disponible en <http://www.rae.es>. Consultado el día 21 de febrero de 2014.
- Sastre, Riba. (2012). Alta capacidad intelectual: perfeccionismo y regulación metacognitiva. *Rev Neurol* 2012; 54 (Supl 1): S21-9. La Habana, Cuba.

- Secretaría de Servicios Parlamentarios. (2014). Constitución política de los estados unidos mexicanos. Publicada DOF 10-02-2014.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida. México.
- SPURR, S.H.; BARNES, B.W. (1982). Ecología Forestal. AGT Editor. S.A. México.
- Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado. BOLDEFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Torres, E; Hildebrandt, R; Ackerknecht, C; Concha, J; Kahler, A. (S/A). Motosierras en faenas forestales. Asociación chilena de seguridad. Chile.
- Torres, G. A. (1999). Efecto de la fragmentación de los hábitats forestales en las comunidades de mamíferos de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Tesis de Maestría, UNAM, México. 70 pp.
- Torres, J. (2004). Informe nacional México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. p 104.
- Velázquez, A; Torres, A; Bocco, G. (2003). Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales. INE-SEMARNAT, México.
- Villagómez, A. (2011). Elección de maquinaria para la operación de derribo en bosques de coníferas. Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 2 Núm. 5.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Formato para la toma de datos de Evaluación de Tres Métodos de Alternancia de Motosierristas en la Operación de Corta en el Abastecimiento Forestal.



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
División de Agronomía  
Departamento Forestal

Formato para la toma de datos de Evaluación de Dos Métodos de Alternancia de Motosierristas en la Operación de Corta en el Abastecimiento Forestal										
Operador 1:		Fecha:					Lugar:			
Operador 2:		Método:								
		Hora:								
		Operador que esta laborando:								
	1-	Presión arterial antes								
	2-	Presión arterial después								
	3-	Ritmo cardiaco antes								
	4-	Ritmo cardiaco después								
	5-	Temperatura corporal antes								
	6-	Temperatura corporal después								
	7-	Edad								
	8-	Actitud								
	9-	Compleción (G: gruesa; N: normal, D: delgado)								
VARIABLES ERGONOMICAS	TIEMPO P	10-	Planeación de apeo							
		11-	Desplazamiento al próximo árbol							
		12-	Remoción de obstáculos							
		13-	Apeo							
		14-	Servicio a motosierra							
		15-	Atascamiento							
	TIEMPO I	16-	Combustible							
		17-	Descansos							
		18-	Otros							
	ALIMENTACION	19-	Evaluación de la caída del árbol*							
		20-	Antes del trabajo							
		21-	Que fue							
		22-	Durante el trabajo							
		23-	Solidos							
		24-	Líquidos							
		25-	Botiquín de primeros auxilios							
		26-	Alcohol							
	VAR. DASIOMETRICAS Y AMBIENTALES	27-	Gasas							
28-		Vendas								
29-		Antiséptico								
30-		Uso de equipo de protección								
31-		Casco								
32-		Orejeras y/o tapones								
33-		Guantes								
34-		Chaparreras y/o pantalón anticorte								
35-		Botas con casquillo								
36-		Camisola								
37-		Temperatura ambiental								
38-	Humedad relativa									
39-	Visibilidad									
40-	Altitud sobre el nivel del mar									
41-	Coordenadas (UTM)									
42-	Pendiente									
43-	Exposición									
44-	Rugosidad del terreno									
45-	Tipo de inclinación del árbol **									
46-	Diámetro normal (cm)									
46-	Altura total (m)									
48-	Volumen apeado (m3)									
49-	Especie***									

Hubo algún incidente?

\* A: Corte bien realizado y caída bien orientada. B: Corte bien realizado y caída mal orientada. C: Corte malo sin pérdida del producto D: Fractura del fuste en la parte superior. E: Astillamiento del fuste por cortes mal realizados. F: Fractura del fuste en la parte inferior.

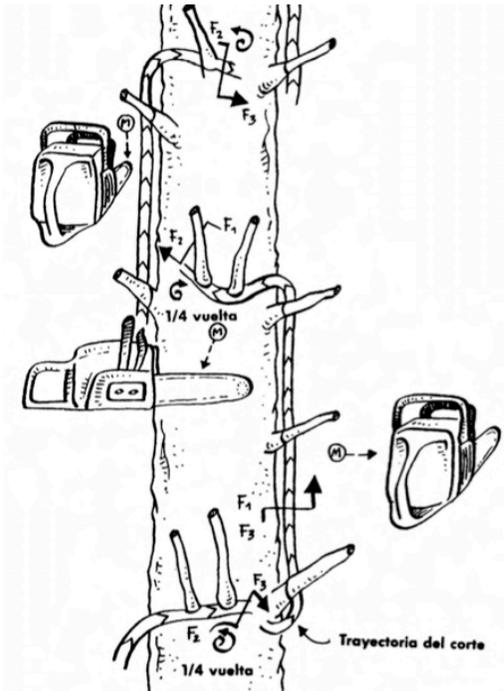
\*\* Se usan caracteres combinados de pendiente e inclinación |: el árbol se encuentra verticalmente; /; el árbol esta inclinado a la derecha; \; el árbol esta inclinado a la izquierda.

\*\*\* P\_mh: *Pinus michoacana*; P\_ly: *Pinus leiophylla*; P\_dg: *Pinus douglasiana*.

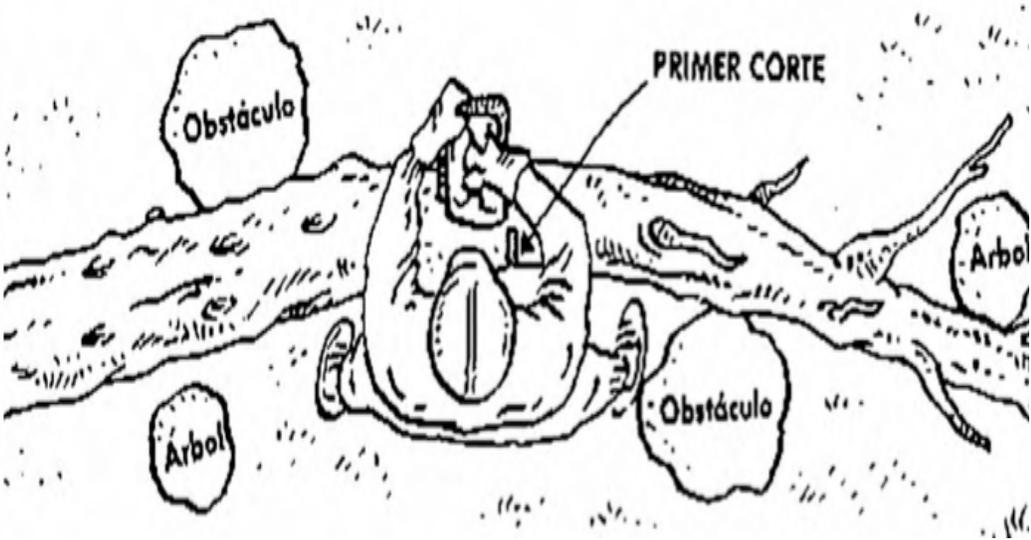
**Anexo 2.** Figura de derribo, fuente: Pérez de Larraya (2003). La Motosierra Manual del Usuario.



**Anexo 3.** Figura de desrame. Fuente: Pérez de Larraya (2003). La Motosierra Manual del Usuario.



**Anexo 4.** Figura de troceo. Fuente: Pérez de Larraya (2003). La Motosierra Manual del Usuario.



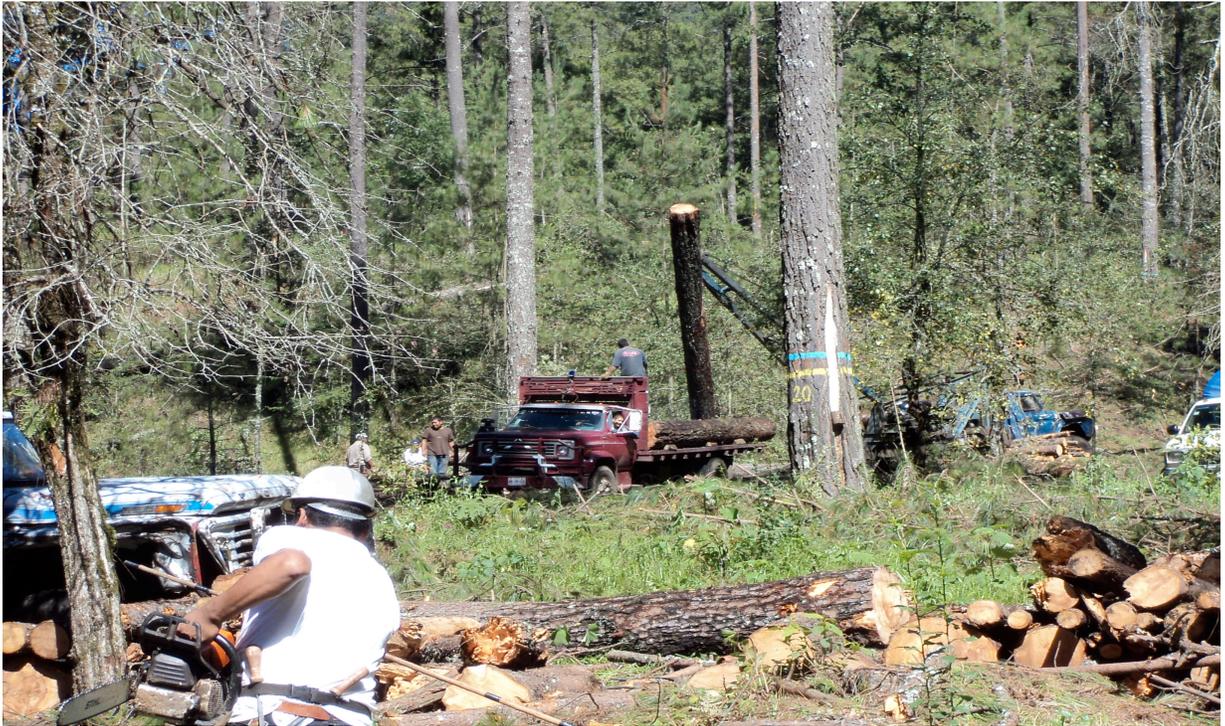
**Anexo 5.** Figura de arrastre con skidder. Fuente: Manzanero A. (2003). Modulo III curso aprovechamiento forestal.



**Anexo 6.** Foto de arrastre con motogrúa en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.



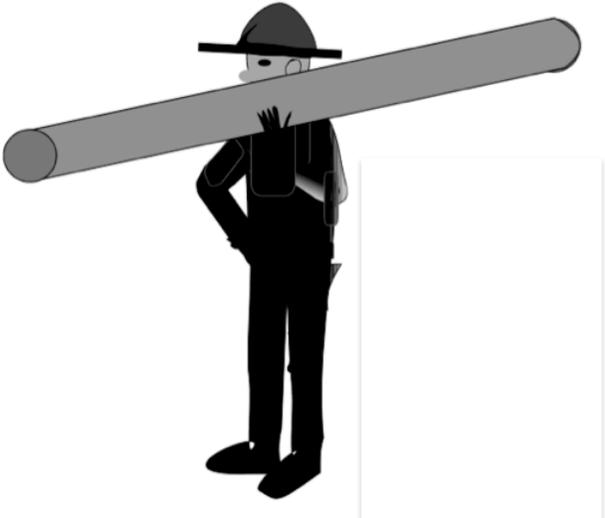
**Anexo 7.** Foto de carga con motogrúa en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.



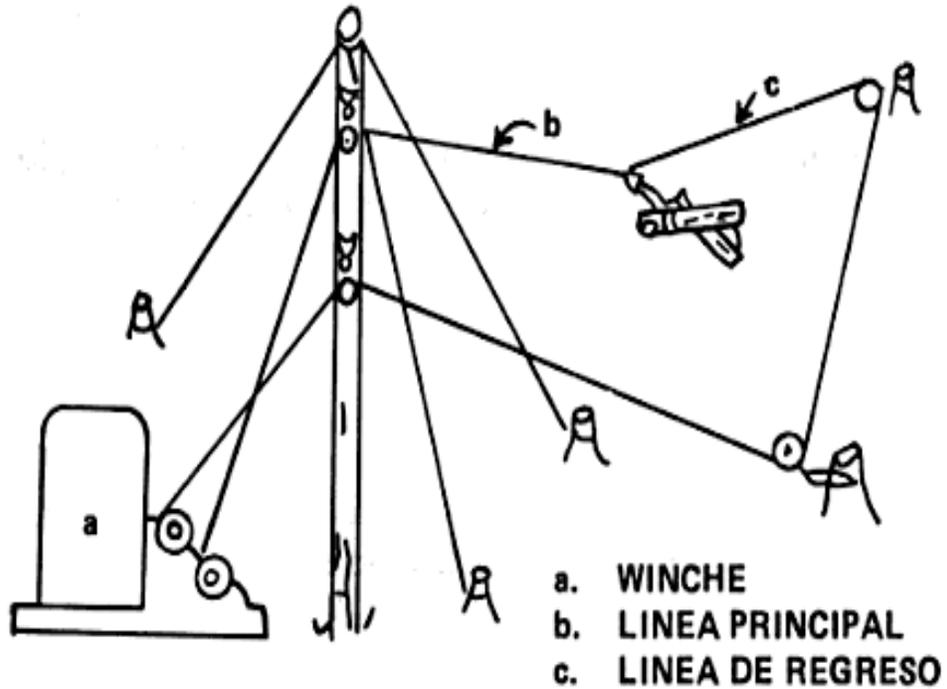
**Anexo 8.** Foto de carga manual. Fuente: Montañas J. y Ríos F. (2008). Evaluación operacional y ambiental del abastecimiento forestal en el Ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango.



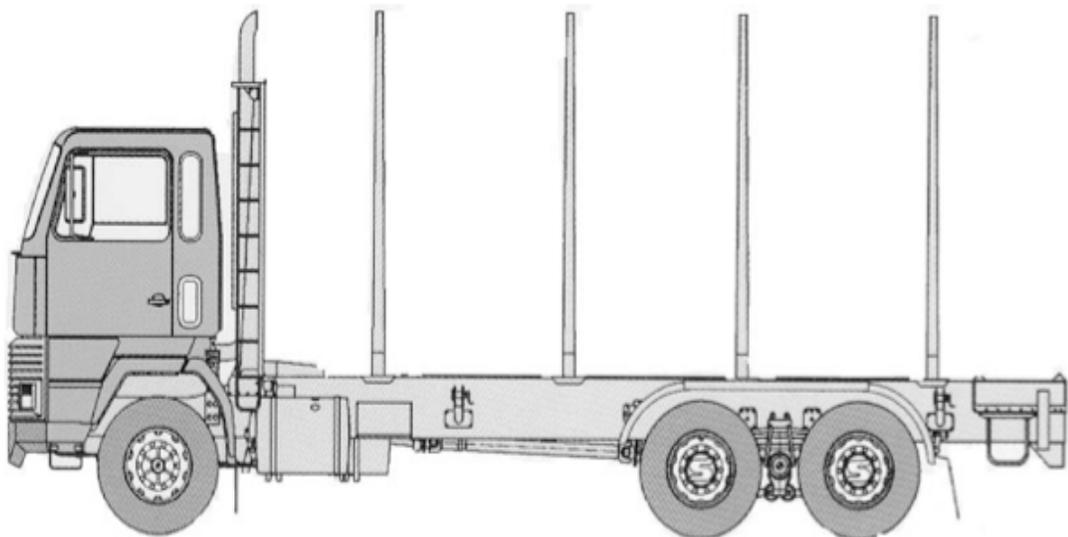
**Anexo 9.** Figura de transporte manual. Fuente: Heikkilä, T. (S/A). Transporte de madera.



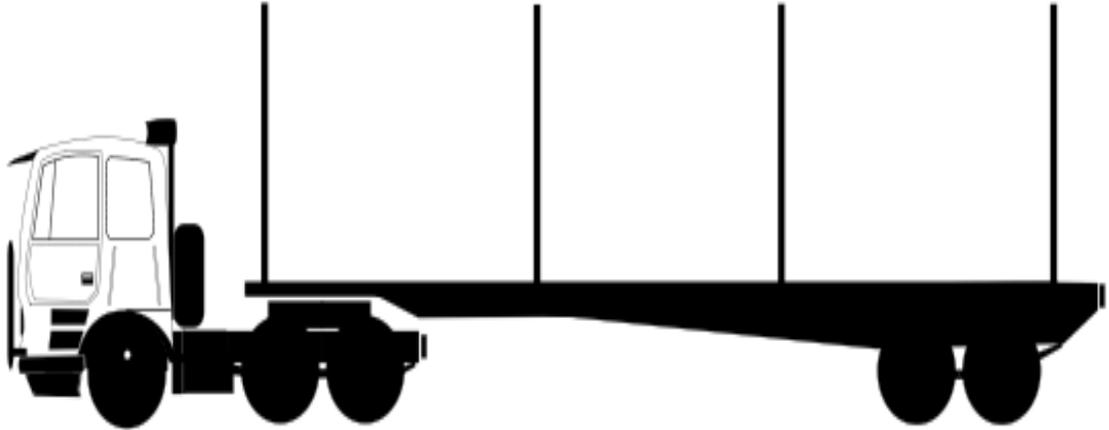
**Anexo 10.** Figura de transporte por cable. Fuente: Anaya, H y Christiansen. (1986). Aprovechamiento forestal, análisis de apeo y transporte.



**Anexo 11.** Figura de transporte con camión de tres ejes. Fuente: Heikkilä, T. (S/A). Transporte de madera.



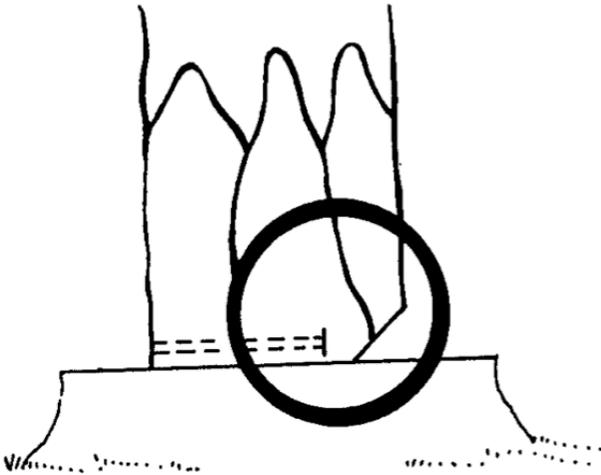
**Anexo 12.** Figura de transporte con un semi-remolque. Fuente: Heikkilä, T. (S/A).  
Transporte de madera.



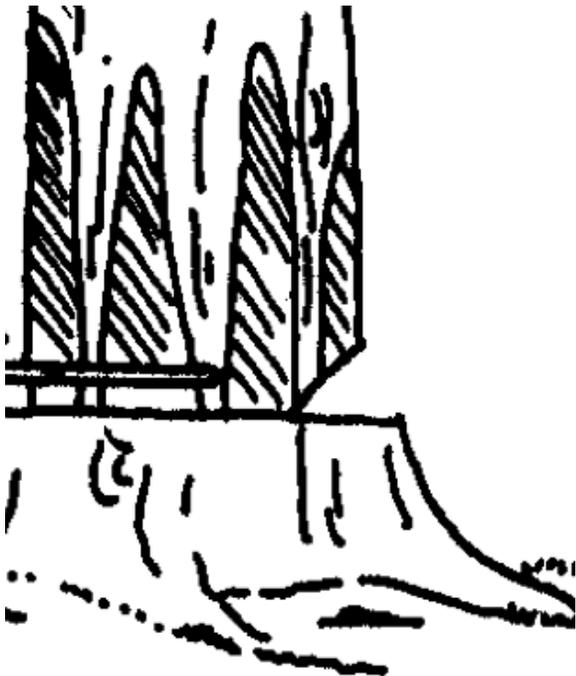
**Anexo 13.** Figura de limpieza en la base del árbol y alrededor de éste. Fuente:  
Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



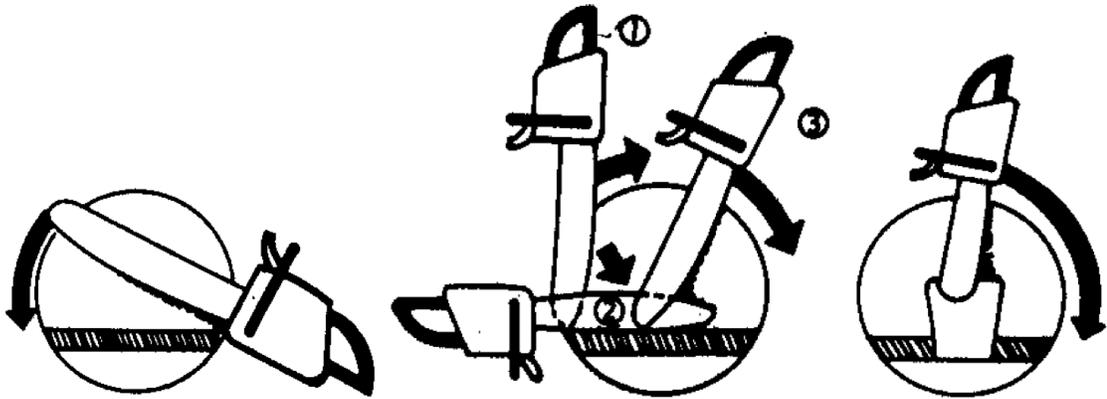
**Anexo 14.** Figura de la bisagra. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



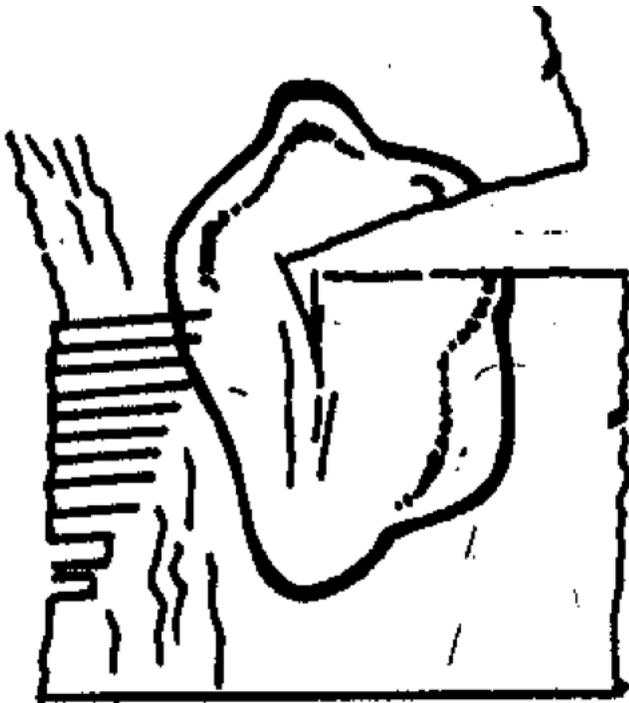
**Anexo 15.** Figura del corte de caída. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



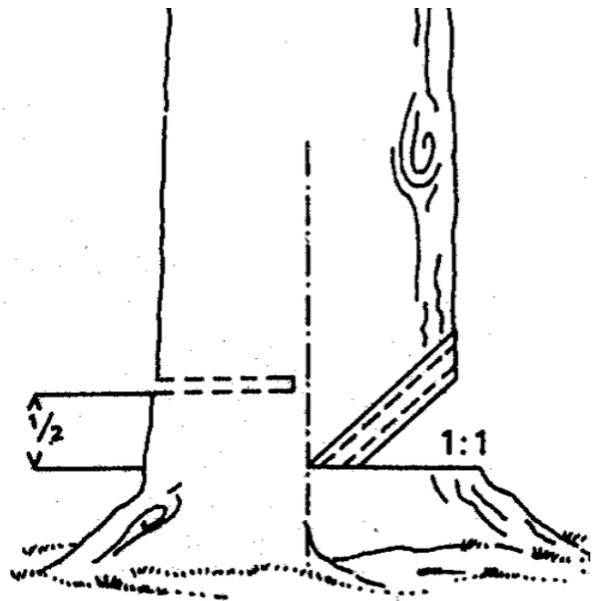
**Anexo 16.** Figura corte en abanico. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



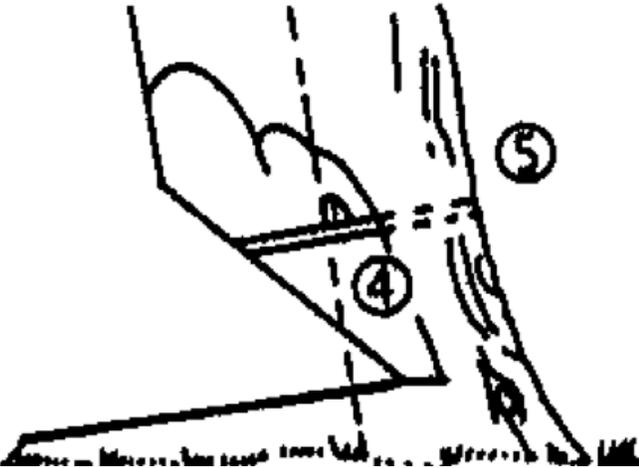
**Anexo 17.** Figura corte en árbol podrido. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



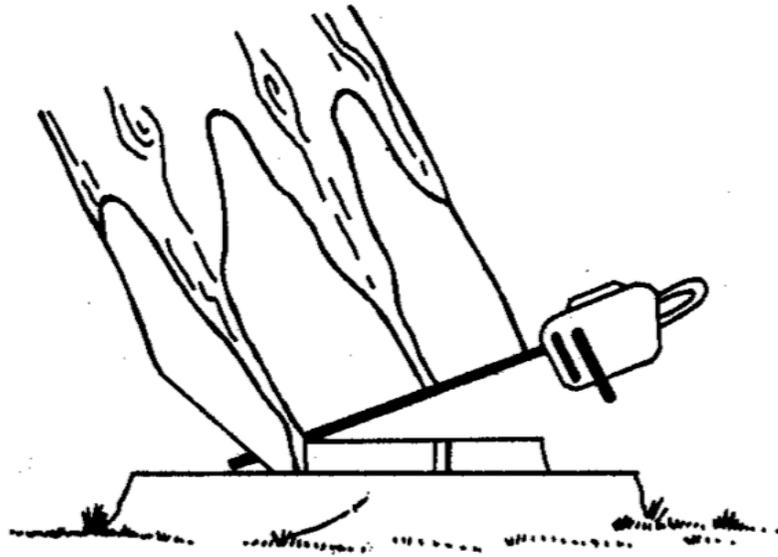
**Anexo 18.** Figura corte boca ancha. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



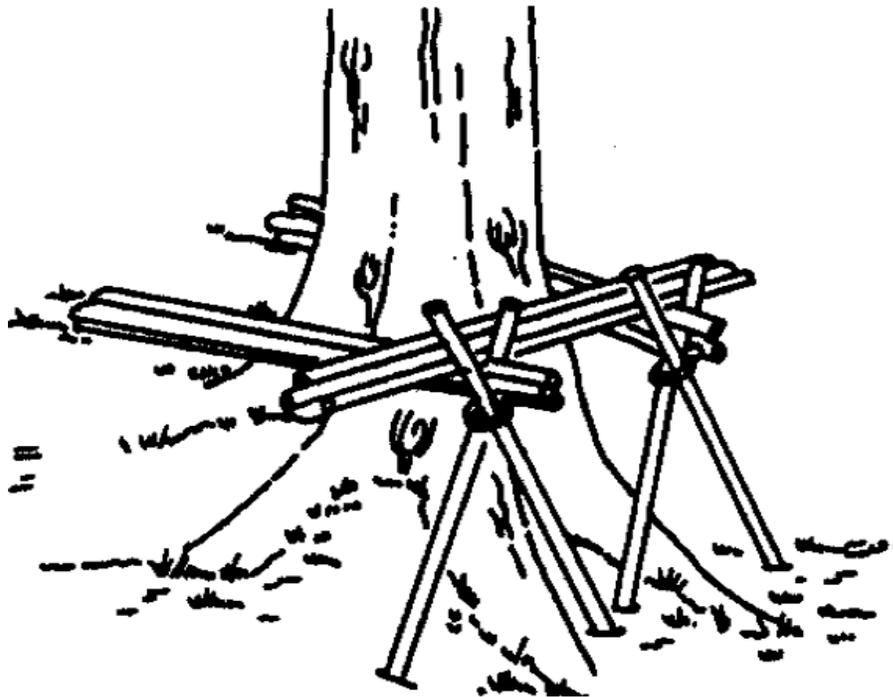
**Anexo 19.** Figura corte de boca profunda. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



**Anexo 20.** Figura corte en árboles recostados. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



**Anexo 21.** Figura corte con contrafuertes. Fuente: Tanner, H. (1997). Técnica de corta dirigida manual ilustrado.



**Anexo 22.** Cuadro de coeficientes de correlaciones de las variables evaluadas y productividad.

Variable Vs. Productividad	Métodos y Localidades							Max	Min	Promedio	Categoría de coef. de correlación
	Tradicional		MAI			MASI					
	La Alberca	Los Cañones	La Alberca	Las Ayacatas	Los Cañones	La Alberca	Los Cañones				
Sistólica antes	0.06702	0.10313	0.09175	0.83252	0.00846	0.06795	0.12971	0.83252	0.00846	0.18579	Muy baja
Diastólica antes	0.07240	0.09418	0.02092	0.13516	0.28701	0.11493	0.09612	0.28701	0.02092	0.11725	Muy baja
Sistólica después	0.03098	0.03032	0.12429	0.19180	0.32118	0.02873	0.03868	0.32118	0.02873	0.10943	Muy baja
Diastólica después	0.01699	0.05484	0.09216	0.58971	0.12990	0.31144	0.17545	0.58971	0.01699	0.19579	Muy baja
Ritmo cardiaco antes	0.02681	0.03975	0.03890	0.85265	0.07934	0.23272	0.45572	0.85265	0.02681	0.24656	Baja
Ritmo cardiaco después	0.05720	0.01133	0.07572	0.95037	0.14887	0.22307	0.42508	0.95037	0.01133	0.27023	Baja
Ritmo cardiaco promedio	0.01324	0.01476	0.01925	0.96114	0.05210	0.25331	0.47689	0.96114	0.01324	0.25581	Baja
Porcentaje de carga cardiovascular	0.09566	0.15852	0.13357	0.10213	0.28289	0.04226	0.02659	0.28289	0.02659	0.12023	Muy baja
Temperatura corporal antes	0.19353	0.26238	0.11831	0.06647	0.07685	0.25509	0.29146	0.29146	0.06647	0.18058	Muy baja
Temperatura corporal después	0.16898	0.26355	0.02697	0.27745	0.08673	0.27396	0.19896	0.27745	0.02697	0.18523	Muy baja
Edad	0.11980	0.01330	0.16884	0.69582	0.36045	0.11025	0.13066	0.69582	0.01330	0.22844	Baja
Actitud	0.21578	0.09091	0.13600			0.18614		0.21578	0.09091	0.15721	Muy baja
Compleción física	0.04596	0.12647	0.07354	0.69582		0.12789	0.04627	0.69582	0.04596	0.18599	Muy baja
Tiempo de planeación de apeo	0.41563	0.01956	0.06014	0.64552	0.33948	0.04130	0.19677	0.64552	0.01956	0.24549	Baja
Tiempo de desplazamiento	0.01307	0.11904	0.02466	0.37038	0.28704	0.05011	0.15589	0.37038	0.01307	0.14574	Muy baja
Tiempo de remoción de obstáculos	0.14324	0.13052	0.10436	0.28247	0.10866	0.13809	0.08259	0.28247	0.08259	0.14142	Muy baja
Tiempo de apeo	0.36804	0.21744	0.43115	0.50309	0.16104	0.28867	0.13789	0.50309	0.13789	0.30105	Baja
Tiempo de servicio a la motosierra	0.05311	0.00654	0.20999	0.30801	0.29230	0.12406	0.21964	0.30801	0.00654	0.17338	Muy baja
Tiempo total productivo	0.11854	0.10743	0.12054	0.45328	0.33300	0.01943	0.02998	0.45328	0.01943	0.16889	Muy baja
Tiempo de atascamiento	0.02639	0.09662	0.05946	0.53448	0.86622	0.10418	0.41477	0.86622	0.02639	0.30030	Baja
Tiempo de combustible y aceite	0.03349	0.10492	0.16345	0.25022	0.37576	0.25562	0.13884	0.37576	0.03349	0.18890	Muy baja
Tiempo de descansos	0.18265	0.19024	0.25105	0.11233	0.11374	0.18978	0.17152	0.25105	0.11233	0.17304	Muy baja
Tiempo de otros (desrame y troceo)	0.21238	0.38309	0.49061	0.08049	0.37828	0.43771	0.44083	0.49061	0.08049	0.34620	Baja
Tiempo total improductivo	0.31907	0.41232	0.43735	0.06784	0.40805	0.46975	0.37661	0.46975	0.06784	0.35586	Baja
Tiempo total de trabajo	0.26554	0.41872	0.42878	0.04485	0.47093	0.46287	0.36242	0.47093	0.04485	0.35059	Baja
Evaluación de la caída del árbol	0.07346	0.08479	0.04625	0.30861	0.42407	0.00748	0.21629	0.42407	0.00748	0.16585	Muy baja
Temperatura ambiental	0.17725	0.08924	0.22751	0.06806	0.25131	0.24393	0.59201	0.59201	0.06806	0.23562	Baja
Humedad relativa (%)	0.06940	0.14349	0.16978	0.05510	0.52127	0.05184	0.30049	0.52127	0.05184	0.18734	Muy baja
Visibilidad (%)	0.09358	0.17159	0.05490	0.52176		0.05806	0.19411	0.52176	0.05490	0.18233	Muy baja
Altitud sobre el nivel del mar	0.16820	0.12172	0.01607	0.22047	0.07302	0.35088	0.23357	0.35088	0.01607	0.16913	Muy baja
Distancia recorrida UTM	0.00761	0.04921	0.00022	0.55925	0.35882	0.10764	0.27952	0.55925	0.00022	0.19461	Muy baja
Pendiente (%)	0.26864	0.06798	0.08829	0.02383	0.41043	0.01810	0.18852	0.41043	0.01810	0.15226	Muy baja
Exposición	0.16497	0.04719	0.10010	0.62158	0.10795	0.20379	0.14392	0.62158	0.04719	0.19850	Muy baja
Rugosidad del terreno	0.01601	0.00441	0.19152		0.06774	0.13111	0.29038	0.29038	0.00441	0.11686	Muy baja
Tipo de inclinación del árbol	0.05530	0.15700	0.19791	0.57153	0.32502	0.19680	0.02419	0.57153	0.02419	0.21825	Baja
Díámetro normal (cm)	0.54484	0.46443	0.53746	0.47452	0.59151	0.64115	0.70048	0.70048	0.46443	0.56491	Moderada
Altura total (m)	0.55913	0.32336	0.43506	0.60074	0.59256	0.61890	0.69075	0.69075	0.32336	0.54578	Moderada
Volumen apeado (m3)	0.56783	0.59872	0.55155	0.50117	0.68370	0.69467	0.76181	0.76181	0.50117	0.62278	Moderada
Especie	0.09380	0.13306	0.29443	0.48577	0.57312	0.19420	0.09078	0.57312	0.09078	0.26645	Baja
Coefficiente de productividad	0.49630	0.45395	0.37034	0.39610	0.89374	0.47043	0.54249	0.89374	0.37034	0.51762	Moderada

Coefficiente de correlación mayores a 0.5