

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE.



ESTUDIO ERGONOMICO Y RENDIMIENTOS EN SEGUNDA PODA DE
Pinus radiata D. DON CON TIJERON NEOZELANDES

POR

ERWIN INDALICIO FEEST JARMETT

**MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL**

CONCEPCION - CHILE

1996

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE BOSQUES Y MEDIO AMBIENTE.

ESTUDIO ERGONOMICO Y RENDIMIENTOS EN SEGUNDA PODA DE

Pinus radiata D. DON CON TIJERON NEOZELANDES



POR

ERWIN INDALICIO FEEST JARMETT

**MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL**

CONCEPCION - CHILE

1996

**ESTUDIO ERGONOMICO Y RENDIMIENTOS EN SEGUNDA PODA DE
Pinus radiata D. DON CON TIJERON NEOZELANDES**

Profesor Asesor



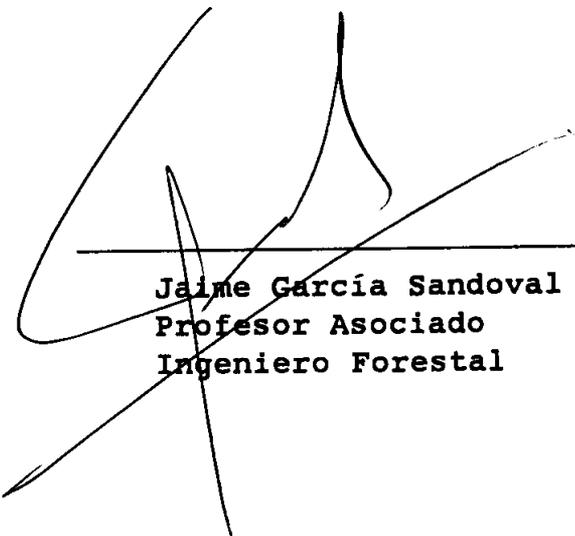
**Elías Apud Simon, PhD.
Profesor Titular**

**Director del Departamento
de Manejo de Bosques y
Medio Ambiente**

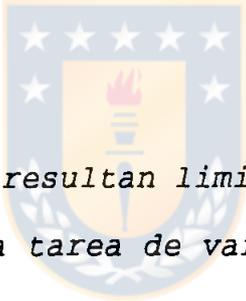


**Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal**

**Decano Facultad de
Ciencias Forestales**



**Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal**



Las ciencias exactas nos resultan limitadas para explicar la evolución, quedándonos la tarea de variar la respuesta.

A mis Padres, por inculcarme valores y darme ejemplo de vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a quienes durante el desarrollo de este trabajo, me alentaron y ayudaron efectivamente.

En forma especial al señor Elías Apud Simon, en quien destaco su excelencia académica y altruismo, como virtudes que hacen pretender su amistad.

Al grupo de trabajo del laboratorio de Ergonomía, por su constante y desinteresado apoyo.

Al profesor Jorge Cancino C. por su dedicación y oportunas observaciones.

A Pamela, por ser mi constante estímulo y depositaria de mis desánimos.

A la señora Pilar Lanuza Ayerdi y a otras personas, profesores y secretarias quienes me ayudaron, acompañaron y facilitaron esta tarea que bien termina.

gracias.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Respuesta al Esfuerzo.....	3
2.2 Aspectos Silviculturales de la Poda.....	6
2.3 Tipos de Poda.....	8
2.4 Segunda Poda en <u>Pinus radiata</u> D. Don.....	10
2.5 Herramientas.....	12
2.6 Poda con Tijerón en <u>Pinus radiata</u> D. Don.....	13
III MATERIALES Y METODO.....	16
3.1 Materiales.....	16
3.2 Método.....	20
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
4.1 Síntesis del registro de variables y actividades en la poda.....	23
4.2 Especificación de las variables y relación con Rendimiento de Poda.....	25
4.3 Esfuerzo físico comprometido en el desarrollo de la faena.....	39
4.4 Formulación y cálculo de una función de Rendimiento.....	42
V CONCLUSIONES.....	53
VI RESUMEN.....	55
SUMMARY.....	56
VII BIBLIOGRAFIA.....	57
APENDICES.....	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº	PAGINA
<u>En el Texto</u>	
1 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro altura pecho DAP (cm.).....	26
2 Dispersión del Rendimiento de Poda (árb./hora), asociado a la Carga Cardiovascular CC (%).....	27
3 Rendimiento (árboles/hora) asociado a la altura nominal de poda ANP (mt.).....	28
4 Rendimiento (árboles/hora) asociado a la altura real de poda ARP (mt.).....	29
5 Dispersión del Rendimiento de Poda (árb./hora), asociado al número de verticilos podados por árbol NV (un.).....	31
6 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Número de ramas podadas NRP (un.).....	32
7 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro mayor de ramas DMAR (mm.).....	34
8 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro menor de ramas DMER (mm.).....	35
9 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro promedio de ramas DPR (mm.).....	35
10 Rendimiento de Poda (árboles/hora) versus Índice de Movilidad IMOV.....	37
11 Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado a la pendiente del terreno PEND.(%).....	38

12	Distribución de la Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto), en el transcurso de la jornada (horas trabajo).....	40
13	Ajuste del Rendimiento Estimado (árboles/hora) sobre los Rendimientos Observados, en función del Número de Verticilos Podados.....	46
14	Distribución del Rendimiento horario registrado (árboles/hora).....	50



INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el Texto</u>	
1 Rango y valores promedio horario de las variables registradas.....	23
2 Distribución del tiempo de jornada.....	24
3 Coeficientes estimados por mínimos cuadrados para el modelo general: $RENDIMIENTO = a + b * ANP$	30
4 Frecuencias cardíacas promedios por actividad..	39
5 Rendimientos de poda inferidos (árboles/hora)..	52
<u>En el Apéndice</u>	
1A Matriz de correlación de Pearson.....	63
2A Prueba estadística del efecto de las actividades sobre la frecuencia cardíaca.....	63
3A Prueba estadística del efecto de la hora sobre la carga cardiovascular.....	64
4A Step-Wise Forward para rendimiento explicado con la participación de todas las variables dispuestas.....	64
5A Resultados del Test de Bartlett de varianzas...	65
6A Estimación del rendimiento excluyendo la variable número de ramas podadas (NRP).....	65
7A Estimación del rendimiento excluyendo las variables número de ramas podadas (NRP) y diámetro altura pecho (DAP).....	66

8A	Estimación del rendimiento por medio exclusivo de la variable número de verticilos podados, en regresión no lineal.....	66
9A	Rendimiento de poda estimado en regresión lineal con exponente -1.154 para NV.....	67
10A	Rendimiento de poda estimado excluyendo la variable DAP.....	67
11A	Décimas para hipótesis de distribución normal de las variables.....	68



I INTRODUCCION

El manejo intensivo del bosque, que se vislumbra como una tendencia en el momento actual del país, requiere el conocimiento más preciso de los rendimientos posibles de obtener, según las condiciones de los rodales, la herramienta empleada y el esquema de organización adoptado. Los elementos de juicio deben necesariamente provenir de estudios, que tengan representatividad de las condiciones habituales, pero que además introduzcan en el análisis aspectos muchas veces intangibles que se relacionan con los niveles de capacitación de los operarios, grado de motivación al trabajo, esfuerzo físico impuesto y en general condiciones laborales, que se reflejan, en gran parte, en el rendimiento y la calidad del trabajo realizado.

Este estudio busca aportar conocimiento acerca de los factores que determinan distintos rendimientos en segunda poda con tijerón. El trabajo está basado en una línea de investigación, desarrollada por el Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción y Sociedad Forestal Millalemu S.A., entre 1990 y fines de 1994.

El principal propósito del estudio fue establecer si la organización de trabajo, intercalando programadamente poda y pausas durante cada hora, permite establecer rendimientos de referencia, que contemplen el esfuerzo realizado por los

trabajadores y las dificultades impuestas por el rodal, el terreno y el clima.

Los objetivos inicialmente postulados fueron:

Objetivo Principal:

-Determinar si, bajo una organización específica en la distribución de tiempos de trabajo y pausas, trabajadores representativos logran rendimientos sustentables con una carga física que no conduzca a fatiga.

Objetivos Específicos:

-Definir el grado de participación de las variables de terreno y rodal sobre rendimiento de poda y esfuerzo físico.

-Obtener un modelo predictivo de rendimiento para segunda poda con tijerón.

-Conocer la carga física asociada a niveles de rendimiento.

-Definir rendimiento efectivo de referencia, según condiciones de complejidad variable.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Respuesta al Esfuerzo.

Por ser la poda un trabajo manual, es necesario tener un conocimiento previo de algunos conceptos que serán referidos en lo sucesivo.

En la realización de un trabajo físico se requiere energía, la cual, en un esquema muy simplificado, es generada por el organismo a través de dos procesos (Astrand, 1970):

Aeróbico: Glucosa + Oxígeno ----> Agua + Dióxido de Carbono + Energía
Anaeróbico: Glucosa ----> Lactato + Energía

Cuando un trabajo se realiza a ritmo suave, el aporte de energía ocurre sólo por vía aeróbica. En la medida que el esfuerzo aumenta, el suministro de oxígeno se hace insuficiente y coexisten los dos procesos, cobrando importancia la liberación anaeróbica de energía. Como consecuencia de lo anterior hay acumulación de lactato en los tejidos y en la sangre provocándose fatiga (Rodalh, 1989). Un estado de fatiga permanente es indeseable, ya que, determina una condición de riesgo, propensión a accidentes y desmotivación, lo que además se traduce en una baja del rendimiento y de la calidad (Apud y Valdés, 1988).

Idealmente el trabajo debe realizarse en condiciones aeróbicas, lo que dependerá de la posibilidad de incorporar y suministrar oxígeno a los músculos en la cantidad que demanda el esfuerzo que la persona realiza (Apud, 1989; Rodalh, 1989). El consumo de oxígeno por parte del organismo se debe a la necesidad metabólica derivada de la intensidad del esfuerzo y es aportado por una combinación funcional de los sistemas cardiovascular y respiratorio. Por lo tanto, determinar el consumo de oxígeno durante el trabajo, resulta de mucha utilidad práctica al indicar un nivel de esfuerzo físico y un gasto de energía posible de estimar, puesto que un litro de oxígeno consumido por el organismo equivale a un gasto de energía cercano a 5 Kilocalorías (Astrand, 1970; Apud, 1989).

En un amplio rango a partir del reposo, se verifica una relación lineal entre el consumo de oxígeno por unidad de tiempo y la intensidad del esfuerzo (Astrand, 1970). El límite está impuesto por la Capacidad Aeróbica, definida como el punto máximo de consumo de oxígeno que le es posible a la persona (Apud, 1989; Shephard, 1978).

Los valores del consumo de oxígeno, en razón a la capacidad aeróbica conocida, son utilizados apropiadamente como indicadores del nivel de esfuerzo. Un resultado importante en la práctica, aceptado y verificado internacionalmente es que se traspone el umbral anaeróbico aproximadamente al 50% de la capacidad aeróbica (Shephard, 1978).

En vista de la experiencia, se ha llegado a considerar como trabajo pesado todo aquél que en promedio de una jornada demanda una carga mayor que el 40% de la capacidad aeróbica de la persona (Rodalh, 1989; Apud, 1995).

Dada la dificultad de controlar el consumo de oxígeno en terreno, y por la asociación de éste con la frecuencia cardíaca, se recurre con asertividad al registro de esta última. Al respecto, Berggren y Christensen (1950), citados por Apud (1994), establecen que el aumento del consumo de oxígeno está estrechamente relacionado con el incremento del pulso, que es reflejo de la frecuencia cardíaca. En particular, antes de ser utilizada con fines prácticos, cada persona debe ser calibrada en esta relación, reconociendo el efecto de otras variables implicadas, como lo son la temperatura y humedad ambiente. Un concepto que se refiere a la frecuencia cardíaca en forma estandarizada es la carga cardiovascular, la cual se define como el aumento porcentual de la frecuencia cardíaca, entre el reposo y la frecuencia cardíaca máxima, estimada en 220-edad (Rodalh, 1989).

Por la relación entre consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca y carga cardiovascular, resulta esta última un indicador efectivo del nivel de esfuerzo físico. De tal manera que un 40% de carga cardiovascular es un límite prudente, sobre el cual se define el trabajo pesado (Apud y Valdés, 1988).

2.2 Aspectos silviculturales de la Poda.

La poda artificial de especies forestales maderables consiste en la remoción selectiva de ramas a ras del fuste, las cuales se consideran disminuidas en su eficiencia fotosintética (producto de competencia o avanzada edad) o inconvenientes al objetivo, de madera libre de nudos, que se busca (Montoya, 1988; Hubert y Courraud, 1989).

El doble propósito es concentrar la actividad fotosintética en las ramas con hojas de mayor eficiencia, además de inducir la formación de madera libre de nudos.

Como actividad de manejo del bosque, la calidad y rapidez de la poda resultan de importancia trascendental. Las ramas de las especies no tolerantes mueren cuando los árboles están creciendo con espaciamiento estrecho, pero usualmente no caen del tronco del árbol en una edad suficientemente corta como para que no dejen huella (Daniel et al., 1982). La especie Pinus radiata D. Don tiene la capacidad de retener las ramas vivas un largo tiempo una vez cerrado el dosel, encontrándose en Sudáfrica árboles de 20 años sin poda y con todas sus ramas vivas (Large, 1987).

Las plantaciones de Pinus radiata D. Don en el país, presentan la situación descrita de ausencia de poda natural; así, la práctica de poda artificial, que incluye eliminar ramas, conos, acículas y brotes epicórmicos, se ha

generalizado aquí. Su principal objetivo es obtener madera libre de nudos, en el crecimiento secundario que tendrá lugar sobre las zonas podadas del fuste, el que además, es propiciado por el raleo.

La conveniencia de podar está condicionada al mayor retorno que genere a futuro la venta del bosque, comparado con el valor de la intervención, además de generar alternativas de comercialización (Espinosa et al., 1980; Carrasco, 1991).

En el aspecto silvícola, la poda cumplirá su objetivo cuando:

- la remoción de una porción de copa viva no resulte traumática al crecimiento posterior del árbol.
- la oclusión de la zona de poda ocurra en el menor tiempo posible.
- la zona podada no sea objeto de podredumbres o colonización por hongos e insectos.
- se obtenga como consecuencia madera libre de nudos en al menos la primera sección aserrable (Montoya, 1988; Hubert y Courraud, 1989).

Otros beneficios de la poda son: disminuir el riesgo de incendio, facilitar la ejecución de otras intervenciones (Centro Nacional de Capacitación Forestal, 1985), disminuir la conicidad del fuste (Daniel et al., 1982), privilegiando el crecimiento principal (Larson, 1965; Large et al., 1987), (Cahill et al., 1986; citados por Hernández, 1991), también propiciar la formación de suelo, por la mayor intemperización

que privilegia la población de organismos de descomposición (Donoso, 1992).

2.3 Tipos de Poda.

En el contexto de la poda artificial, se distinguen la poda de ramas muertas o escamonda y la poda viva o de ramas verdes. Si bien la primera carece de efectos fisiológicos notables, la reducción de la copa producto de la poda viva genera diversas respuestas de crecimiento posterior de los árboles, siendo determinante en este sentido la severidad de la poda como porcentaje de follaje removido (Montoya, 1988). Hay consenso en que la poda comienza a mermar el crecimiento cuando excede alrededor del 40% de la copa viva, límite sobre el cual se considera severa.

Este límite responde a factores genéticos, del sitio y de la densidad (Cahill et al., 1986; citados por Hernández, 1991). En efecto, el sitio y características genéticas determinan el desarrollo de los árboles y, por lo tanto, la decisión de intervenir según grosor de ramas y diámetro de fustes lo más temprano posible, permitiendo la obtención de un cilindro nudoso reducido (Olivares et al., 1985).

La densidad en relación con la intensidad luminosa determina que la poda afecte más a rodales originalmente espaciados que los que no lo están, los cuales desde antes han reducido su actividad fotosintética (Large, 1987). La poda también puede

significar una mantención del crecimiento o un aumento de él, si se libera el follaje ineficiente que eventualmente consume en respiración más carbohidratos de los que produce en fotosíntesis (Daniel et al., 1982); (Farrar, 1961; citado por Espinosa, 1989). De acuerdo a este principio, Stein (1955), citado por Hernández (1991), observó un ligero aumento del crecimiento en diámetro y altura de pino oregon con 25% de copa removida.

En cuanto a las podas severas, en algunos casos promueven la formación de brotes epicórmicos, además de la pérdida en crecimiento (Sutton and Crowe, 1975; Luckhoff, 1956; Mc Kinnell, 1974; citados por Large et al., 1987). Lo último es argumento parcial de la ejecución de raleo paralelo a la poda, el que además de estimular el desarrollo diametral evita la pérdida de dominancia de los árboles podados, puesto que una reducción de 40% a 60% de copa en pino, origina pérdida de dominancia en un 50% a 75% de los árboles si no se acompaña de raleo (Sutton and Crowe, 1975). Es comprensible entonces, que la poda se realice en varias oportunidades conciliando su objetivo inicial, cual es al menos obtener una troza de aserrío libre de nudos, con la pérdida eventual de crecimiento, lo que da origen a la existencia de primera poda y posteriores levantes o segunda, tercera, cuarta y excepcionalmente quinta poda.

2.4 Segunda poda en Pinus radiata D. Don.

Su característica especial está en la altura cuyo promedio va desde los 4 hasta los 6 mt. Después de efectuada la primera poda, la selección de árboles resulta más expedita. El problema que surge es la imposibilidad de llegar a los verticilos a podar desde el suelo y con el alcance de brazos solamente, lo que determina el uso de escaleras o pértigas sobre las cuales se monta la herramienta.

La mayoría de los antecedentes dispuestos en el país corresponden a experiencias inéditas particulares de las empresas. Al comparar estos documentos internos, aún los que corresponden a una misma empresa, se observa una variabilidad de altura de árboles, de altura de segunda poda y de edad de rodales, entre otras, que invalida la comparación de rendimientos. En términos muy generales "La primera poda se realiza a temprana edad (4-6 años), cuando los árboles presentan una altura total dominante entre 5 y 6,5 m, y normalmente afecta a todos los árboles del rodal luego del primer raleo". (Gerding, 1989). "Posteriormente se hacen dos a cinco podas más, hasta alcanzar una altura máxima sin ramas de 6,5 a 8,3 mts., cuando los árboles tienen una altura total dominante de 10 a 13 mts; en estos casos se seleccionan los mejores árboles y la gran mayoría de los rodales termina con 250 árboles/há podados, variando este número entre 200 y 450 árboles/há La severidad de las podas es de 50% en la primera oportunidad y de 60% en las siguientes" (Gerding, 1989).

Cuando se opta por un esquema de poda en tres etapas se puede hablar con propiedad de la poda media o segunda poda que es el tema de este trabajo. En esta circunstancia a edades que fluctúan entre 7 y 12 años, desde una base de 1,5 a 2 metros de poda anterior se sube ahora de 3,5 a 6 m., en rodales con densidad cercana a 900 árboles/há antes de la intervención para llegar a unos 500 árboles/há podados (Forestal CELCO, 1987).

En cuanto a las herramientas empleadas para ejecutar esta faena, son frecuentes los distintos tipos de sierra disponibles en el país, combinadas con pértigas, trepadores o escalera (Espinosa et al., 1980).

Forestal CELCO (1987) registró un rendimiento de 125 árb./jornada para la combinación Sierra Lotus y escalera contra 98 árb./jornada para Serrucho cola de zorro y pértiga con una carga física de 28,1% y 27,7% de la capacidad aeróbica respectivamente. Otro resultado para segunda poda a sólo 4,5 metros rindió 84 árb/jornada con cola de zorro y 91 árb/jornada con sierra Dauner, ambas sobre pértigas (Arrué, 1987), al respecto se ha probado experimentalmente que en podas desde el suelo sobre 4,5 metros disminuye progresivamente la calidad (Espinosa, 1989).

Forestal Mininco S.A. ha logrado a 5,0 m. de altura de poda un rendimiento medio de 220 árb/jornada con el uso de tijerón

contra 170 árb/jornada con sierra Jack, ventajas verificadas también en primera y tercera podas¹.

Acerca de la carga física implícita en los distintos niveles de rendimiento, los estudios demuestran una estrecha y significativa relación entre la carga cardiovascular y el rendimiento, relación que resulta más precisa en la medida que el grupo de trabajadores registra mayor capacitación y organización, al tiempo de tener una motivación, dieta y pausas apropiadas (Valdés, 1987; Apud y Valdés, 1994).

Los estudios en general reconocen una fuerte diferencia debida a las variables de rodal, pero singularmente al tipo y características de la herramienta de poda.

2.5 Herramientas.

En general se puede aceptar que toda herramienta, si bien amplía las capacidades corporales, conlleva una carga extranatural (Montmollin, 1970).

Desde la perspectiva de Ergonomía una herramienta será mejor cuando sus características disminuyan el impacto sobre la persona (FAO Montes, 1993) al tiempo de cumplir comparativamente, al menos, con igual rendimiento y calidad,

¹Comunicación personal. Fernando Dunn, Superintendente de Patrimonio de Forestal Mininco S.A. (1994).

la ejecución del trabajo, componiendo estos últimos los requerimientos técnicos de la herramienta.

En poda se exige de la herramienta una maniobrabilidad ágil, que permita precisión en un corte suficientemente a ras del fuste, sin producir desgarros de cambium o astillado del pedúnculo; el corte debe dejar expuesta una superficie lisa que facilite una pronta oclusión, disminuyendo la probabilidad de infección y minimizando defectos a posteriori (Meneses, 1992).

Además, se considera importante que el uso de la herramienta privilegie el trabajo muscular dinámico por sobre el estático, aportando a esto su diseño y peso.

2.6 Poda con Tijerón en Pinus radiata D. Don.

Los tijerones podadores, salvo pocas excepciones, han sido relegados a la primera poda; en esta situación general, el rendimiento ha resultado apenas inferior a serrucho americano y superior al rendimiento logrado con serrucho cola de zorro, serrucho S.T.E., serrucho guillotina y sierra Dauner, con diferencias significativas de estos últimos (Espinosa et al., 1980). Principalmente el tipo de tijerón, según sea con aplicación de palanca simple o compuesta, ha sido determinante en los resultados y preferencia o disgusto por esta herramienta. Aunque no se dispone de estudios

comparativos de la carga física resultante del uso de uno u otro tijerón, se sospecha una fuerte diferencia fundamentada en la experiencia de laboratorio de los investigadores Hall and Mason (1988), que registraron esfuerzos de corte muy disímiles entre siete tijerones evaluados, siendo determinante en esto el grosor de hoja, el acabado del filo y la composición de palanca, ya sea simple o compuesta como en el caso particular del tijerón neozelandés de este estudio.

Resultados preliminares del uso de tijerón descornador frente a sierra Jack arrojaron una superioridad de 20% en rendimiento de primera poda a 2,5m. que se mantuvo para segunda y tercera podas a 5,0m. y 7,0m. con una cuadrilla que tenía a la fecha de estos registros 6 meses de entrenamiento en tijerón y alrededor de 2 años de operación con sierra². Similar observación se tiene de la Cuadrilla de Estudios de Manejo dependiente de Forestal Millalemu S.A. que conforma el grupo de estudio de este trabajo. En su fase de entrenamiento, transcurridos dos meses, alcanzaba igual rendimiento que otra cuadrilla experimentada con sierra Lotus, en el mismo rodal, fecha y condiciones de trato, introduciéndose ahora en la comparación los registros de frecuencias cardíacas que llegaron a ser similares, promediando 120 latidos/minuto para podadores con sierra y 119 latidos/minuto en la cuadrilla de poda con tijerón. Sin

²Comunicación personal, Fernando Dunn Superintendente de Patrimonio, Forestal Mininco S.A. (1994).

embargo, a este nivel de rendimiento los operarios con tijerón comenzaron a evidenciar problemas de agotamiento muscular, molestias en articulaciones de brazos y lumbagos, todos de carácter transitorio según determinación médica. Estos problemas fueron atribuidos a una inadecuada programación de pausas, las cuales se aplicaron cada dos horas con una duración de 15 minutos cada una. Otro factor de incidencia en estos problemas físicos es la aún insuficiente aplicación de la técnica³.

Al respecto, las opiniones concuerdan en el sentido de que el aprendizaje y correcta aplicación de la técnica de poda con tijerón demandan un mayor tiempo de entrenamiento que el necesario para otras herramientas de uso habitual.

³Comunicación personal, Julio Vega G. Supervisor Unidad de Desarrollo, Sociedad Forestal Millalemu (1994).

III MATERIALES Y METODO

3.1 Materiales.

La faena de Segunda poda fue realizada en el predio "El Guanaco", Sección 1, Rodal 3, de propiedad de Sociedad Forestal Millalemu S.A. ubicado en la cordillera de la costa, inmediato al camino entre Cobquecura y Quirihue, distando 15 Kilómetros de este poblado y 85 Kilómetros de la ciudad de Chillán.

La Cuadrilla de Estudios de Manejo de la Empresa fue integrada por 10 operarios podadores. Evaluados en su composición corporal y antropométrica, se concluyó que constituían un grupo representativo del trabajador forestal chileno (Apud et al., 1993).

El campamento se estableció conforme a las condiciones de higiene, dieta, infraestructura y relación interpersonal, que han sido concluidas como apropiadas en estudios anteriores y que permiten transferir los resultados a otras empresas de servicios forestales (Valdés, 1987).

Cada operario contó con un tiempo asignado, elementos e instrucción necesarios para realizar mantenimiento de la herramienta y equipo, destacando el uso y reposición de los elementos de vestuario y seguridad.

El sistema de pago correspondió al salario de "Primas" que consistió en un valor base por árbol para un rendimiento mínimo establecido (180 árboles/hora), a partir del cual el valor por árbol se incrementa hasta un rango de productividad determinado, para luego comenzar a decrecer, pero siempre siendo superior al mínimo inicial. En el mismo contexto esta cuadrilla gozó de la continuidad en el trabajo durante el año. Al iniciarse los registros, los operarios contaban con 12 meses de entrenamiento y capacitación en el uso de tijerón neozelandés Prun-Off, que es la herramienta evaluada y dispuesta para la poda, usándose en combinación con escalera de aluminio de 2,4 m. y king-grip también de aluminio; además cada podador porta como accesorios una pequeña sierra corta epicormios, un cordel para podar acículas, cinto portaherramientas y cartuchera del tijerón. La prescripción de poda determinó la eliminación de todas las ramas, conos y epicormios que existían en el fuste hasta un 50% de la altura total del árbol, con densidad de poda de 500 árboles/há

Para el registro de datos dinámicos de la faena y de las variables de rodal se dispuso de:

- 4 controladores
- Set Polar-Electro de Banda torácica emisora y reloj receptor-grabador de frecuencias cardíacas instantáneas en multimomento.
- Vara métrica para registro de alturas.
- Pie de Metro milimétrico.
- Hipsómetro Suunto.

- Cronómetro con alarma a multimomento.
- Formularios de conteo y registro de variables, particularmente diseñado.

La cuadrilla fue separada en dos grupos de cinco operarios cada uno, que regularmente espaciados determinaron un orden de poda en fajas. A partir de la tercera fecha (la cuadrilla se encontraba operando normalmente) se eligieron aleatoriamente dos operarios por jornada a los cuales se les equipó con banda torácica y reloj, registrándose para ellos, desde la llegada al sector de trabajo y hasta el término de la jornada, la frecuencia cardíaca (FC) a intervalo de dos minutos, en asociación al código de la actividad realizada en el mismo instante, exceptuada la hora de colación. Posteriormente la variable Carga Cardiovascular (CC) fue obtenida directamente de las frecuencias cardíacas registradas en el trabajo, la frecuencia cardíaca de reposo y la frecuencia cardíaca máxima, estimada individualmente por operario en $220 - \text{Edad}$, de acuerdo a la expresión:

$$\text{Carga Cardiovascular} = \frac{\text{FC registrada} - \text{FC reposo}}{\text{FC máxima} - \text{FC reposo}} * 100$$

En uno de cada tres árboles podados por el operario sujeto a medición, se observan las siguientes variables:

Variables de rodal:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm). Medido siempre por la parte superior de la pendiente.
- Número de verticilos podados.

- Número de ramas podadas.
- Diámetro mayor de ramas (cm).
- Diámetro menor de ramas (cm).
- Diámetro promedio de ramas (cm). Se obtiene de promediar las dos variables anteriores.
- Altura nominal de poda (m).
- Altura real de poda (m).

Variables del terreno y ambiente:

- Temperatura (grados Celsius).
- Humedad Relativa (%).
- Pendiente(%) (trabajo perpendicular a la pendiente).
- Índice de Movilidad, como medida de la escabrosidad del terreno.

$$IMOV = \frac{\text{tiempo de caminar en el rodal una distancia } D}{\text{tiempo de caminar en terreno limpio } 2D}$$

En oposición a la organización de tiempo original, con pausas de 15 minutos cada 2 horas, el esquema de organización de tiempos evaluado se caracterizó por una duración de jornada de 8 horas efectivas con pausas de 10 minutos cada una hora, además de 1 hora al mediodía para el almuerzo. Esta forma de organización se cumplió en cada una de las jornadas que duró el estudio.

Se llegó así a una base de veinte jornadas de observación en las cuales cada operario fue inscrito en dos oportunidades alternadamente.

3.2 Método.

Se agrupó la información de cada jornada, cada una hora, en todas las variables, estableciendo así una base temporal común. Esto tendiente a compensar la diferente índole de las variables, además de desglosar de modo útil a interpretaciones posteriores. Se lograron así 146 horas con registros completos.

El punto de partida de toda discusión acerca de la asociación de las variables registradas con rendimiento y esfuerzo físico fue la inspección gráfica del rango total de cada variable aparejada a la dispersión de los valores de rendimiento horario y particularmente en el caso de la variable frecuencia cardíaca, más tarde estandarizada a carga cardiovascular. Desde esta inspección particular para cada operario, fecha y variable, y posteriormente para la totalidad del grupo, se cuestionaron las asociaciones posibles con sentido lógico de acuerdo a las observaciones de terreno.

En este procedimiento se contempló la posibilidad de una asociación no lineal y, como sucedió, la creación de una variable auxiliar. Se estableció con todas las variables una matriz de correlación que junto con la apreciación gráfica permitieron reconocer la interrelación de algunas variables y postular a un grupo de ellas como factores de rendimiento en la forma más apropiada. A este grupo de

variables fueron realizadas las pruebas de normalidad en su distribución por medio del test de Kolmogorov-Smirnov, corroborados por los histogramas respectivos. También se comprobó para las mismas el supuesto de homocedasticidad de varianza a través del test de Bartlett, para lo cual todas las variables fueron divididas en cinco grupos, correspondientes a cinco niveles de rendimiento homoprobabilísticos. Aunando estos resultados al análisis de varianza parcial de cada una, para el rendimiento de la poda, les fue aplicado el procedimiento de selección de variables forward-stepwise disponible en el software SYSTAT. En síntesis, se redujo el número de variables explicatorias por medio de los siguientes conductos:

- coeficiente de correlación de Pearson parcial lineal de la variable con el rendimiento, menor a 0,20.
- Ausencia de asociación gráfica no lineal.
- Aquellas desechadas por el método de selección de variables forward-stepwise con tolerancia de 0.01.
- Excluidas por autocorrelación, sin ser de las relacionadas la mejor exponente.
- Incumplimiento drástico del supuesto de homocedasticidad de varianza.
- Baja contribución marginal a la estimación, considerada la posibilidad práctica y económica de obtención en terreno.

En paralelo a este procedimiento se evaluó cualitativamente el efecto de las variables sobre la carga física. Así también

se reconoce la magnitud del esfuerzo asociado a cada nivel de rendimiento, permitiendo aplicar la función de rendimiento lograda de acuerdo a un criterio de esfuerzo sostenible, estimando de este modo rendimientos reproducibles o referenciales.



IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Síntesis del registro de variables y actividades en la poda.

El resultado de agrupación y promedio de variables en cada hora culminó en 146 unidades muestrales, que rotuladas por operario y fecha constituyeron la base del análisis. Los valores promedio, la desviación estándar, el rango y el coeficiente de variación para cada variable se resumen en la Tabla N°1.

TABLA N° 1: RANGO Y VALORES PROMEDIO HORARIO DE LAS VARIABLES REGISTRADAS.

VARIABLE	(Unidades)	MEDIA	MINIMO	MAXIMO	DESV. EST.	C. V. (%)
RENDIMIENTO DE PODA	RENDIM (árb/hr.)	44,00	10	84	16,00	36,4
FRECUENCIA CARDIACA	FC (lat/min)	116,24	85,50	154,20	14,35	12,3
CARGA CARDIOVASCULA	CC (%)	41,81	21,13	67,58	10,25	24,5
DIAMETRO ALTURA PECHO	DAP (cm.)	9,61	5,43	14,09	1,30	13,5
ALTURA REAL DE PODA	ARP (m.)	3,88	2,41	5,30	0,54	13,8
ALTURA NOMINAL DE PODA	ANP (m.)	3,10	1,83	4,35	0,48	15,6
NUMERO DE VERTICILLOS PODADOS	NV (u./árb.)	1,78	1,14	3,10	0,40	22,6
NUMERO DE RAMAS PODADAS	NRP (u./árb.)	9,73	5,57	15,83	2,02	20,7
DIAMETRO MAYOR DE RAMAS	DMAR (mm.)	33,30	20,79	52,50	4,81	14,4
DIAMETRO MENOR DE RAMAS	DMER (mm.)	15,38	11,10	22,25	2,57	16,7
DIAMETRO PROMEDIO DE RAMAS	DPR (mm.)	24,44	16,25	37,38	3,27	13,4
PENDIENTE	PEND (%)	38,90	9,41	70,84	17,12	44,0
INDICE DE MOVILIDAD	IMOV -	0,87	0,61	1,24	0,14	15,7
TEMPERATURA AMBIENTE	T (C°)	12,40	5,20	17,60	1,68	13,5
HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE	HR (%)	76,00	56,50	94,20	6,80	8,9

Para las variables presentadas en la Tabla N° 1, tanto los valores promedio como el rango corresponden a lo habitual para los rodales en los cuales se realiza segunda poda. El rendimiento medio de 44 árboles podados por hora es alto en comparación a los resultados de otros estudios antes

referidos. También la frecuencia cardíaca media de 116,24 latidos por minuto revela una considerable exigencia física, puesto que equivale a alrededor de un 41% de carga cardiovascular excediendo lo habitual en actividades autoreguladas.

La distribución del tiempo en la jornada típica de trabajo, excluida la hora de colación, se resume en la tabla N°2.

TABLA N° 2 DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE JORNADA.

ACTIVIDAD	TIPO	TIEMPO (hrs)	%
Poda	principal	4,12	56,43
Desplazamiento	principal	1,11	15,21
Bajada	principal	0,43	5,95
Escalada	principal	0,35	4,79
Preparación	principal	0,15	2,07
Subtotal	principal	6,16	84,38
Otros	secundario	0,15	2,01
Personal	secundario	0,04	0,50
Material	secundario	0,02	0,33
Espera	secundario	0,01	0,17
Detención	secundario	0,92	12,54
TOTAL		7,30	100,00

El resultado de 84,38% del tiempo en actividades principales, determina una buena dedicación de los trabajadores a esas actividades. La actividad de poda reunió un 56,43% del tiempo total, resultando importantes, además, el consumo de tiempo en desplazamientos con un 15,21% y el subir y bajar del árbol con un 10,74% del tiempo total. De las actividades secundarias, la detención es la de mayor incidencia. Al

considerar que las pausas programadas se incluyen en detención y que el cálculo teórico coincide con los datos tomados en terreno, (12,50% y 12,54% respectivamente), se desprende que los trabajadores no tomaron tiempo de descanso adicional a las pausas programadas.

4.2 Especificación de las variables y relación con Rendimiento de Poda.

La observación en terreno de las implicancias del nivel de las variables sobre el rendimiento de la poda y más tarde el análisis gráfico y paramétrico, permitieron tipificar cualitativa y cuantitativamente las variables de la siguiente manera:

--Diámetro a la Altura del Pecho (DAP): En sí misma la variable no ofrece incidencia en la poda; ésta se presenta por su buena asociación con otras variables como altura de poda y diámetros superiores en el fuste; en efecto la altura de poda determinó o no el uso de escalera y los diámetros superiores se correlacionaron bien con el grosor y número de ramas. En casos extremos de DAP mayor y uno o dos verticilos por podar no fue posible usar king-grip por su limitada abertura, debiéndose por fuerza utilizar escalera.

Examinando los diagramas individuales de rendimiento contra DAP, por operario y fechas no se apreció la posibilidad de ajustar con éxito algún tipo de curva; sólo fue posible

reconocer una tendencia a la baja del rendimiento a mayores valores de DAP, especialmente en la gráfica general presentada a continuación (figura N° 1).

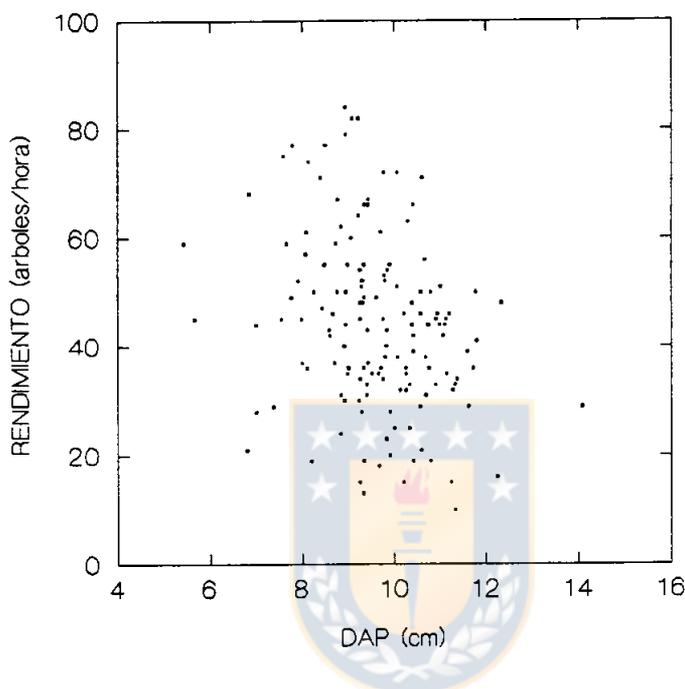


Figura N° 1: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro altura pecho DAP (cm.)

El modelo lineal simple por jornada promedió un coeficiente de correlación de -0.52 que se redujo a un -0.28 con el total de datos. Los DAP promedio por hora variaron entre los valores 5.4 y 14.1 cm. Esta relativamente pequeña variabilidad considerada de "rango truncado" determinó que su contribución, de un 8% , a explicar la variabilidad del rendimiento estuviese por bajo lo esperado.

--Frecuencia Cardíaca (FC). La variable frecuencia cardíaca, se asoció positivamente con el esfuerzo desplegado; así se

verificó en terreno que las dificultades impuestas por el rodal y su sotobosque, junto con un mayor consumo de tiempo, demandaron un mayor esfuerzo que cada persona administró adoptando un ritmo de trabajo conforme a su motivación, afán de competencia con el resto de la cuadrilla y capacidad física.

Con el conocimiento previo de que el pulso está afecto a muchos y variados ítemes, sorprende que el diagrama de dispersión de rendimiento versus carga cardiovascular presente, individualmente por operario y fecha, una tan buena asociación lineal, situación que se confirma con el total de datos de la cuadrilla y excluye el análisis de otro tipo de asociación. El diagrama de dispersión del rendimiento con Carga Cardiovascular se puede observar en la figura N°2.

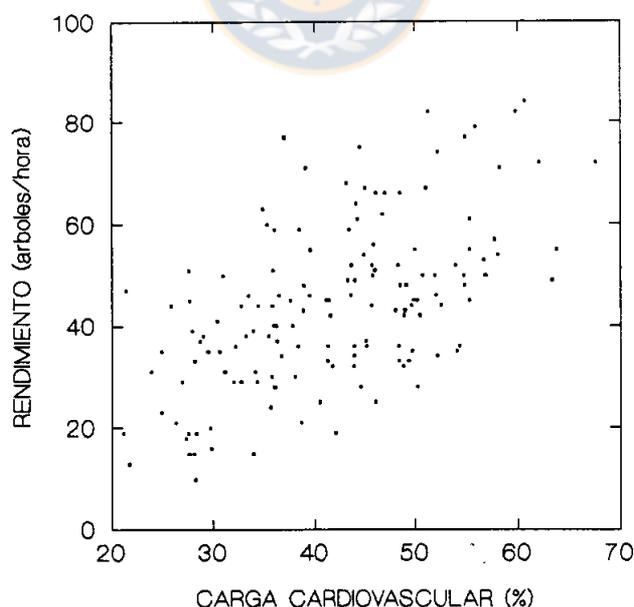


Figura N°2 Dispersión del Rendimiento de Poda (árb./hora), asociado a la Carga Cardiovascular (%).

Definitivamente la frecuencia cardíaca estandarizada a carga cardiovascular (C.C.), dentro de los límites observados, resulta asociada linealmente al rendimiento de la poda con un coeficiente de correlación promedio particular de 0.68 y general de 0.57, con probabilidad mayor a 0.99 de no nulidad en su efecto, y significancia del 0.001.

--**Altura Real y Nominal de Poda (ARP y ANP).** La altura real de poda equivale a sumar el largo del último internudo a la altura nominal de poda. La diferencia de variabilidad de una y otra se origina en la variabilidad del internudo. En consecuencia, ambos diagramas de dispersión: rendimiento contra altura nominal de poda y contra altura real (figuras N°3 y N°4) tienen gran similitud fruto de su alta correlación ($r=0,89$, ver tabla N° 1A). De ambas alturas, la altura nominal de poda posee una mayor fuerza predictiva del rendimiento asociándose negativamente a este ($r= -0,29$).

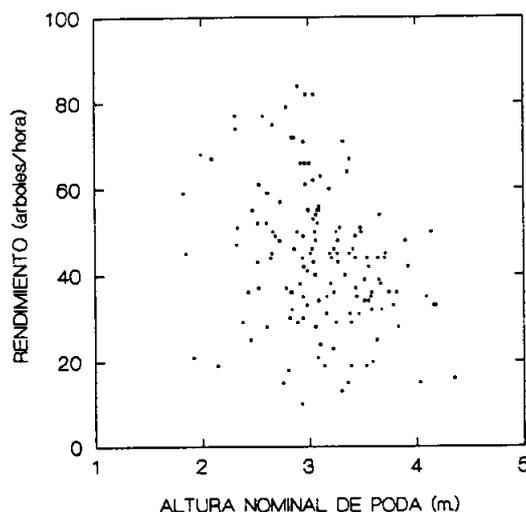


Figura N°3: Rendimiento (árboles/hora) asociado a la altura nominal de poda ANP (mt.)

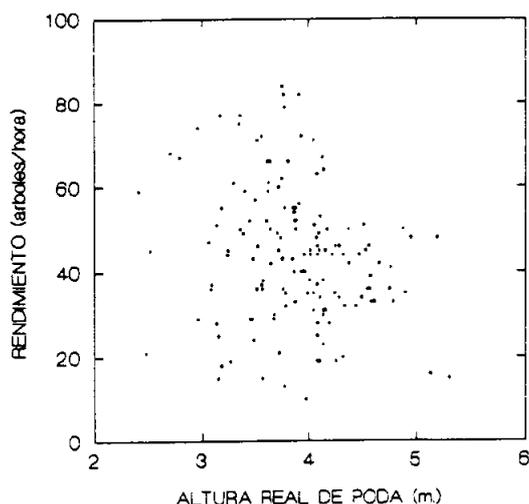


Figura Nº4: Rendimiento (árboles/hora) asociado a la altura real de poda ARP (mt.)

Se observó en terreno un alcance desde el piso aproximado a 1,90 metros. Entre este valor y 2,6 metros es suficiente el uso de king-grip, sobre lo cual se fuerza el uso de escalera. La impresión de que podar un árbol desde el piso, y aún con el uso de king-grip, resultaba con una dinámica muy superior al uso de escalera, sugirió el ajuste de una curva; sin embargo, tanto en el plano particular como para la cuadrilla completa no se logró alguna que superara el ajuste lineal simple, aún con un moderado coeficiente de correlación de -0,29.

En base a la apreciación anterior, de alcance en altura con las distintas combinaciones de elementos, se probaron por separado los grupos: altura nominal menor a 2.6 metros; altura nominal entre 2.6 y 3.8 metros y altura nominal sobre 3.8 metros versus los respectivos rendimientos de poda. Las

funciones parciales calculadas se resumen en la Tabla N°3 siguiente.

TABLA N°3 COEFICIENTES ESTIMADOS POR MINIMOS CUADRADOS PARA EL MODELO GENERAL: RENDIMIENTO= a + b* ANP

Altura nominal de poda	a	b	r	n
ANP < 2,6 mts.	34.59	6.73	0.092	20
2,6 < ANP < 3,8 mts.	90.26	-14.62	0.274	113
ANP > 3,8 mts.	123.68	-22.27	0.330	10

Se aprecia que la altura nominal de poda tiene un efecto distintivo según el nivel analizado. En el primer tramo, es decir bajo 2.6 metros, la ecuación no es significativa, esto se explica por la mayor variabilidad de rendimientos en este nivel atribuible al uso alternativo que se hace de king-grip o escalera, o prescindir de ambos. En los tramos superiores fue obligado el uso de escalera primero y en combinación con king-grip después, lo que marcó la diferencia encontrada.

En esta condición de los datos, la altura nominal de poda tuvo un valor marginal de predicción del rendimiento. La proporción de datos en cada tramo podría servir para ponderar el significado de la segunda ecuación, según la cual el rendimiento es afectado negativamente por la altura de poda, siendo significativo el efecto de disponer distintos elementos para ascender al árbol (selección que el operario hace particularmente frente a cada árbol) y menos

significativo cuando ya se encuentra usando alguno de ellos, en particular escalera.

--Número de Verticilos Podados (NV). Esta variable resultó ser la más importante con propósitos predictivos de rendimiento. El número de verticilos reunió información de la altura de poda (con las implicancias antes expuestas) y del número de ramas podadas, variable con la cual existe una buena correlación ($r= 0,55$; ver tabla N° 1A). La gráfica de rendimiento de poda versus número de verticilos de la figura N°5 muestra una clara tendencia.

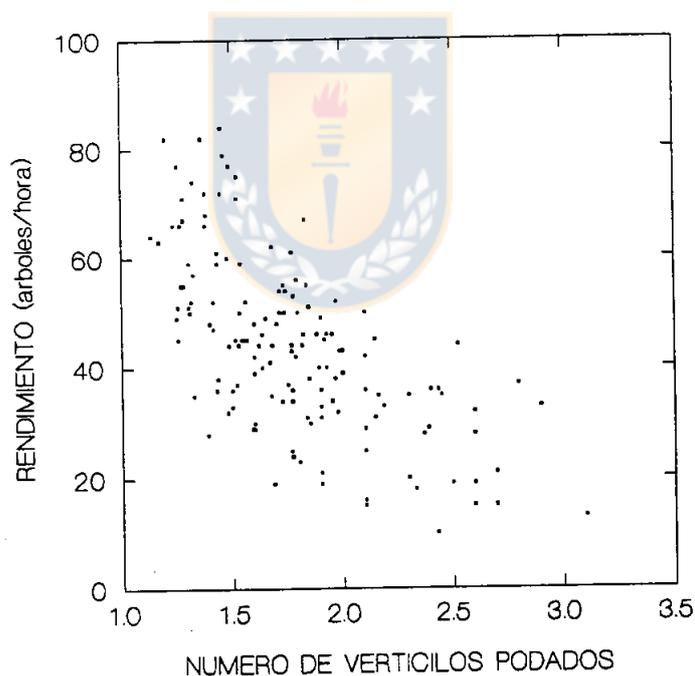


Figura N°5 Dispersión del Rendimiento de Poda (árb./hora), asociado al Número de Verticilos Podados por árbol (NV).

Tanto en un examen particular por operario y fecha así como con el total de datos, el ajuste lineal fue altamente satisfactorio, promediando en los primeros un coeficiente de correlación de 0.75 y de 0.65 con la cuadrilla toda. No obstante estos buenos valores, se advirtió un mejor ajuste al describir la nube de puntos una curva con foco de curvatura sobre 1 verticilo podado. Se encuentra explicación al considerar que alrededor de este valor la poda se realizaba generalmente desde el suelo o con uso de king-grip y sobre él fue ineludible el uso de escalera. Así disminuyó el rendimiento sustancialmente cuando el número de verticilos por podar varió entre uno y dos, y en menor grado sobre dos.

--Número de Ramas Podadas (NRP). El diagrama de dispersión de la variable número de ramas podadas por árbol respecto del rendimiento de la poda se presenta en la figura N° 6

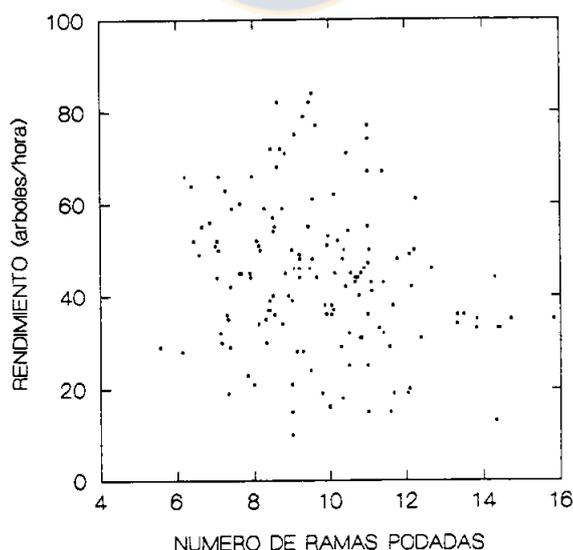


Figura N°6: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Número de ramas podadas NRP (un.)

Se observa un efecto negativo con una variabilidad muy amplia que resta fuerza a su calidad de predictor. En efecto, la asociación lineal parcial con el rendimiento de la poda presentó un bajo coeficiente de correlación ($r=-0,21$; ver tabla N°1A).

--Diámetro Mayor, Diámetro Menor y Diámetro Promedio de

Ramas (DMAR, DMER Y DPR). En la dinámica de la actividad de poda los diámetros de rama tuvieron un efecto importante. En particular, el diámetro de rama mayor determinó desde una posición distinta del cuerpo hasta un número mayor de movimientos para poder cortar. En un caso extremo, estos diámetros podrían significar el rechazo del tijerón.

Durante este estudio el valor promedio horario más alto de rama mayor fue de 52 milímetros, en tanto el mayor valor absoluto registrado, de un total de 2354 árboles, fue de 80 milímetros. El límite de uso del tijerón, según máxima abertura del cabezal de corte, es de 87 milímetros. Cabe señalar que raramente en segunda poda es necesario llegar a este diámetro. Bajo tal circunstancia, el árbol será seguramente desechado en raleo y su poda tendrá un objetivo correctivo.

Como se puede ver en las figuras N° 7, 8 y 9 las gráficas de cualquiera de los diámetros de rama contra rendimiento por hora son demasiado erráticas, denotando casi ausencia de relación. Por este motivo, los diámetros de rama promedio en

Se observa un efecto negativo con una variabilidad muy amplia que resta fuerza a su calidad de predictor. En efecto, la asociación lineal parcial con el rendimiento de la poda presentó un bajo coeficiente de correlación ($r=-0,21$; ver tabla N°1A).

--Diámetro Mayor, Diámetro Menor y Diámetro Promedio de

Ramas (DMAR, DMER Y DPR). En la dinámica de la actividad de poda los diámetros de rama tuvieron un efecto importante. En particular, el diámetro de rama mayor determinó desde una posición distinta del cuerpo hasta un número mayor de movimientos para poder cortar. En un caso extremo, estos diámetros podrían significar el rechazo del tijerón.

Durante este estudio el valor promedio horario más alto de rama mayor fue de 52 milímetros, en tanto el mayor valor absoluto registrado, de un total de 2354 árboles, fue de 80 milímetros. El límite de uso del tijerón, según máxima abertura del cabezal de corte, es de 87 milímetros. Cabe señalar que raramente en segunda poda es necesario llegar a este diámetro. Bajo tal circunstancia, el árbol será seguramente desechado en raleo y su poda tendrá un objetivo correctivo.

Como se puede ver en las figuras N° 7, 8 y 9 las gráficas de cualquiera de los diámetros de rama contra rendimiento por hora son demasiado erráticas, denotando casi ausencia de relación. Por este motivo, los diámetros de rama promedio en

una hora poco explican del rendimiento en ella. La matriz de correlación de Pearson (tabla N° 1A) afirma lo anterior con coeficientes de correlación parciales de -0.22 , 0.0001 y -0.13 para DMAR, DMER y DPR versus rendimiento respectivamente.

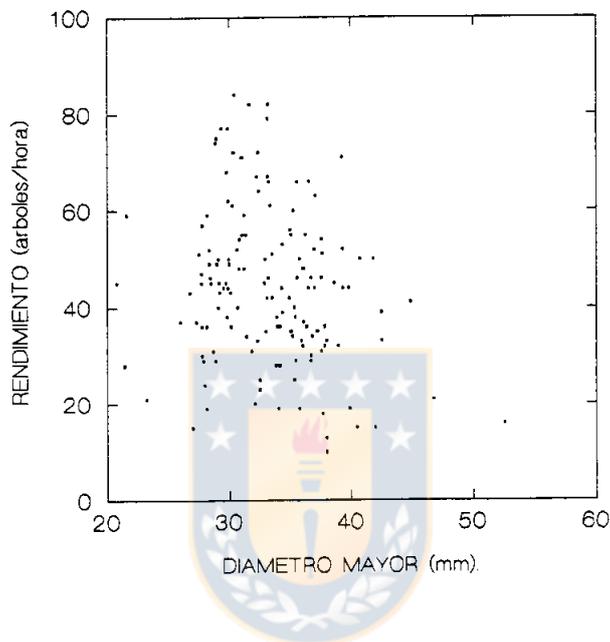


Figura N°7: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro mayor de ramas DMAR (mm.)

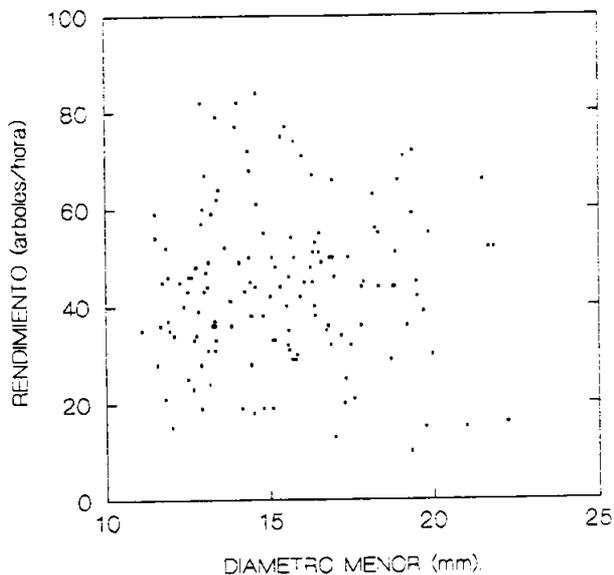


Figura N°8: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro menor de ramas DMER (mm.)

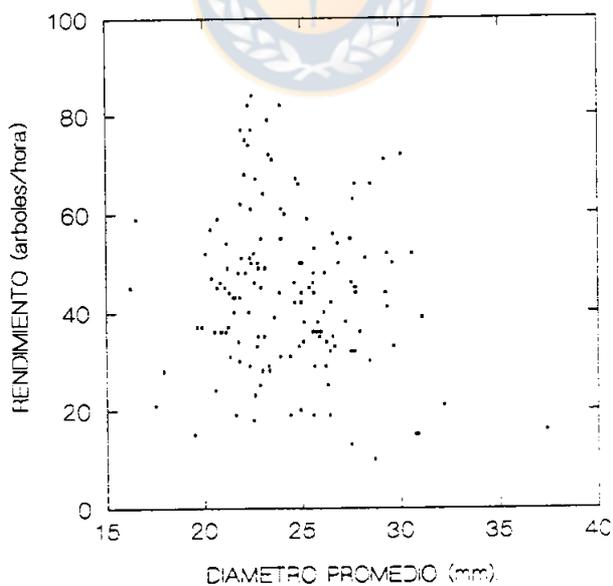


Figura N°9: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado al Diámetro promedio de ramas DPR (mm.)

La distribución triangular de los puntos en el diagrama del diámetro mayor de ramas (DMAR) asociada al rendimiento (figura N° 7), se interpreta como el efecto limitante de esta variable sobre el uso del tijerón, lo que determinó además la heterogeneidad de varianza de la variable DMAR. En consecuencia, aún cuando se reconoce un efecto de los diámetros de rama sobre el tiempo y esfuerzo que demanda cortarlas, no resultaron variables apropiadas para predecir el rendimiento en poda.

--Indice de Movilidad (IMOV). El índice de movilidad presentó características de bondad como variable predictora, al no tener mayor variabilidad dentro de cada hora pero sí entre horas, según se avanzara en el rodal, lo que le confiere una "limpia" asociación con el rendimiento en igual período.

En teoría la escabrosidad del terreno tiene un efecto muy marginal cuando los desplazamientos o distancias son cortas como ocurre aquí; sin embargo, la alta frecuencia de desplazamientos dada por la rápida dinámica de esta poda con altos rendimientos, determinó que la distancia total recorrida en la jornada fuese importante y los desplazamientos representaran un 15,2% del tiempo total (Tabla N° 2). En estas condiciones resultó apreciable el efecto negativo que la escabrosidad del terreno tiene sobre el rendimiento de la poda en forma directa, por el aumento de las dificultades de desplazamiento. La relación entre el

índice de movilidad y rendimiento presentada en la figura Nº 10 así lo demuestra.

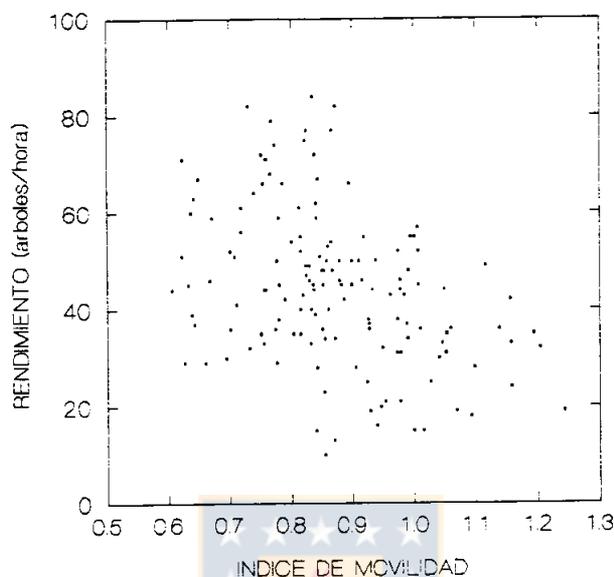


Figura Nº10 Rendimiento de Poda (árboles/hora) versus Índice de Movilidad IMOV.

La tendencia a una disminución del rendimiento para valores crecientes del índice de movilidad fue verificada particularmente por operario y fecha. Con el total de datos, que origina el gráfico anterior, se notan claramente dos zonas de alto y bajo rendimiento con marcada transición en torno al valor 0,85 del índice de movilidad.

En el diagrama, no se observa con claridad una asociación distinta a la lineal. La asociación lineal particular por operario y fecha promedia un coeficiente de correlación de -0.40 que con el total de datos se reduce a -0.37.

--Pendiente de Terreno (PEND). La pendiente del terreno fluctuó entre 9 y 70 %, lo que constituye un amplio rango. El diagrama de dispersión (figura N°11) no permite establecer una clara relación con el rendimiento. La decisión de avanzar con la cuadrilla en un frente perpendicular a la pendiente atenuó el impacto de esta variable.

Agrupadas las mediciones en tres niveles de pendiente, no se hallaron diferencias significativas de rendimiento, lo que definitivamente descarta el efecto de esta variable.

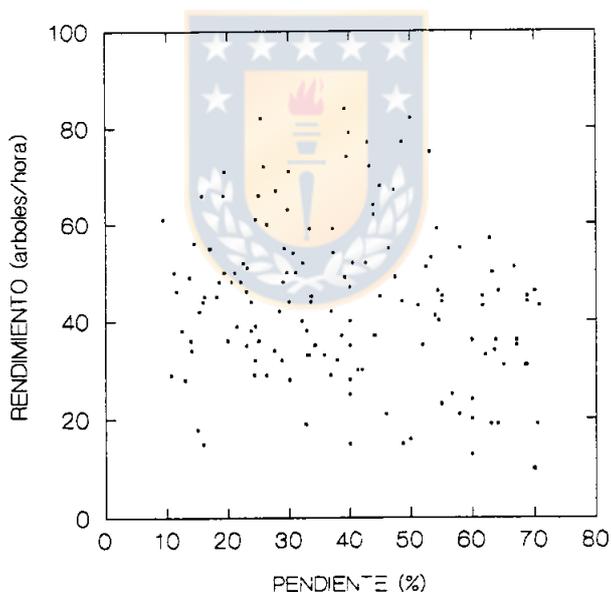


Figura N°11: Rendimiento de poda (árboles/hora) asociado a la Pendiente del terreno PEND (%).

4.3 Esfuerzo físico comprometido en el desarrollo de la faena.

Como respuesta al esfuerzo muscular, la frecuencia cardíaca resultó efectivamente asociada a la actividad que se estaba realizando. Los promedios de frecuencia cardíaca por actividad presentaron una significativa diferencia (Tabla N° 2A), estableciéndose el orden de mayor a menor que se observa en la Tabla N°4.

Tabla N°4 FRECUENCIAS CARDIACAS PROMEDIOS POR ACTIVIDAD.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA CARDIACA PROMEDIO (lat/min)
ESCALADA	121,5
BAJADA	120,8
PODA	118,8
DESPLAZAMIENTO	115,7
PREPARACION	112,4
MATERIALES	104,3
PERSONALES	100,9
OTROS	96,0
DETENCIONES O PAUSAS	84,9
ESPERAS	82,0

En la Tabla N° 4 se puede apreciar un amplio rango de frecuencias cardíacas promedio por actividad y, como era de esperarse, las mayores corresponden a las actividades directamente productivas, en tanto las pausas programadas promedian una frecuencia cardíaca considerada reparadora.

Cuando las variables de rodal fueron menos severas, disminuyeron los esfuerzos físicos puntuales, sin disminuir

necesariamente la carga física en la hora, puesto que el operario se exigió o comprometió con un mayor ritmo que en definitiva determinó un mayor rendimiento.

Una observación primero particular y posteriormente conjunta, de la evolución de la frecuencia cardíaca a través de cada jornada reveló el perfil común de la figura N°12. Las líneas punteadas superior e inferior, marcan los extremos máximos y mínimos absolutos registrados, la línea intermedia denota la frecuencia cardíaca 115,4 equivalente a un 40% de carga cardiovascular como límite promedio sugerido.

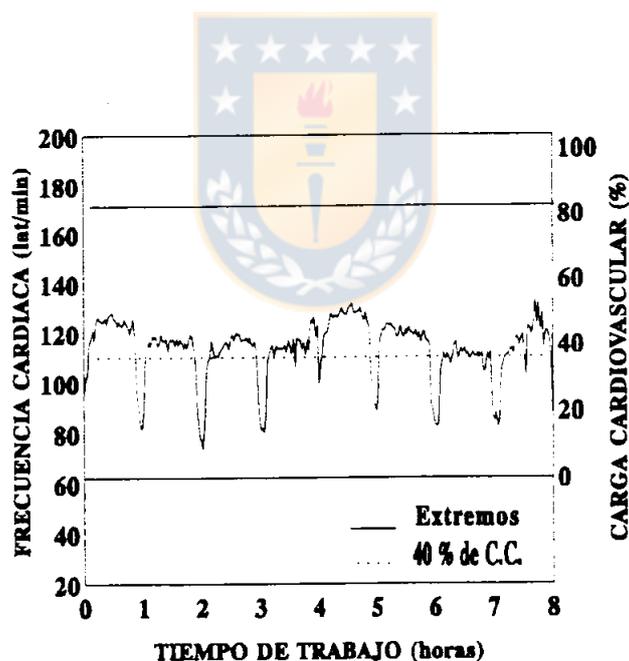


Figura N°12 : Distribución de la Frecuencia Cardíaca (latidos/minuto) en el transcurso de la jornada (horas trabajo).

Como se observa en la figura N°12, las pausas impuestas lograron con pequeña variación que las frecuencias cardíacas de hora a hora se mantuvieran en límites equilibrados. Sin embargo, se observa también un perfil habitual que consiste en una tendencia al descenso de las frecuencias cardíacas en las horas posteriores a las de inicio del trabajo, ya sea en el bloque de la mañana o en el de la tarde, para repuntar en el final de cada bloque. Esto obedece a que en un comienzo se trabajó a niveles de esfuerzo difíciles de sostener, (obsérvese que sobre el 40 % de carga cardiovascular) que luego dieron paso a un ritmo estable, alrededor de 116 latidos por minuto, durante el trabajo efectivo. El alza que se advierte en el final de cada bloque sugiere el intento por rendir más ante la proximidad del descanso prolongado. También puede explicarse el aumento general de las frecuencias cardíacas entre el bloque de la mañana y la tarde, debido al aumento de la temperatura y algún grado de cansancio. A pesar de todas estas evidencias gráficas, un análisis de varianza desestima estas diferencias al nivel del 5% de significancia (Tabla N° 3A).

A modo de comparación, Apud et al.(1993) han señalado que lo usual, en labores físicas no programadas, es alcanzar los valores más altos de frecuencia cardíaca en las dos primeras horas de trabajo, con una progresiva disminución de ésta en las restantes horas lo que deprime significativamente el rendimiento.

Es posible, entonces, reconocer que bajo esta organización del tiempo de trabajo se logró una favorable estabilidad de la frecuencia cardíaca a través de la jornada. No haber encontrado diferencias significativas absolutas de la frecuencia cardíaca entre horas (tabla N° 3A) determina un mayor crédito al valor promedio de 41,8% de carga cardiovascular durante las horas de trabajo y del 38,6% de carga cardiovascular en jornada (incluidas las pausas), la cual equivale a una frecuencia cardíaca promedio de 113,54 latidos por minuto en este grupo de trabajadores con edad media de 25,5 años. De este modo, se estaría muy cerca del ideal de ritmo sostenido, que depende fundamentalmente de la imposición correcta en frecuencia y duración de las pausas durante la jornada.

4.4 Formulación y cálculo de una función de Rendimiento.

Al análisis gráfico y efecto aislado de las variables sobre el rendimiento horario, fueron agregadas las pruebas necesarias para justificar su uso como predictoras.

Utilizando el procedimiento stepwise-forward de selección y eliminación de variables, se logró la ecuación preliminar:

$$RENDIM=72,38-17,45*NV+0,88*CC-38,88*IMOV+0,89NRP+0,96*DAP$$

Donde:

- (NV) Número de verticilos podados.

- (CC) Carga Cardiovascular.
- (IMOV) Índice de Movilidad.
- (NRP) Número de ramas podadas (limitada contribución).
- (DAP) Diámetro a la Altura del Pecho (limitada contribución).

La cual explicó un 72,3% de la variación del rendimiento (tabla N° 4A).

Las variables seleccionadas por el procedimiento stepwise-forward fueron aquellas frecuentemente seleccionadas en forma individual por operario y fecha, lo que orientó a aceptar esta asociación como causal. Así, el rendimiento de esta poda estuvo principalmente sujeto al nivel de las variables mencionadas.

Debido a la correlación entre NRP y NV (tabla N° 1A), menor contribución a explicar el rendimiento y heterogeneidad de varianza de NRP (Tablas N° 4A y 5A) se decidió la exclusión de esta variable de la ecuación de predicción, la que se modificó a:

$$\text{RENDIM} = 78,31 - 14,19 * NV + 0,91 * CC - 39,30 * IMOV - 1,36 * DAP$$

alcanzando un 71,9% de explicación del rendimiento, lo que justificó ampliamente la exclusión de NRP.

Un análisis de varianza para los coeficientes (Tabla N° 6A) acreditó el rol predictivo de las variables. Sólo mereció

duda la permanencia de la variable DAP. En efecto establecer la ecuación prescindiendo del DAP, significó una disminución del coeficiente de determinación múltiple al valor 70,9% (Tabla N° 7A). Por lo tanto, conservar el DAP como variable predictora es una decisión con limitado fundamento estadístico, que se sostiene en su aporte de información de las variables de grosor de ramas y aplicabilidad de la ecuación, además de estar disponible normalmente como resultado de inventarios.

Opuesto a lo que sucede con el DAP, no es usual tener la posibilidad de calcular la carga cardiovascular, debido a que esto implica el registro continuo de la frecuencia cardíaca y la mantención de controladores en una empresa de servicios forestales, tampoco es posible obtener a priori la carga cardiovascular. No obstante, su mantención en el modelo es justificada, primero porque tuvo una importante contribución lineal a la explicación del rendimiento ($r^2=0,33$), y segundo, porque es la variable de control del esfuerzo (bien relacionado con el entrenamiento), cuya fijación en los límites recomendables permitirá estimar rendimientos válidos y posibles de reproducir.

La posibilidad de asociación no lineal de las variables con el rendimiento fue justificada sólo para la variable número de verticilos podados. En las restantes variables seleccionadas procedió el modelo lineal, cumpliendo estas en

forma satisfactoria los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianza (Tabla N° 5A).

Por la curvatura observada en la gráfica de Rendimiento versus NV, se postularon algunas curvas en regresión no lineal, imponiéndose finalmente el modelo:

$$\text{RENDIM} = \text{CONSTANTE} * \text{NV}^b$$

que se implementó en la ecuación:

$$\text{RENDIM} = 80.714 * \text{NV}^{-1.154}$$

con la cual se logró una explicación parcial del rendimiento superior a la encontrada para la variable original NV ($r^2=0,44$; Tabla N° 8A).

Este rendimiento estimado, en función sólo del Número de verticilos podados, se ajusta según muestra la línea continua en la figura N°13 siguiente.

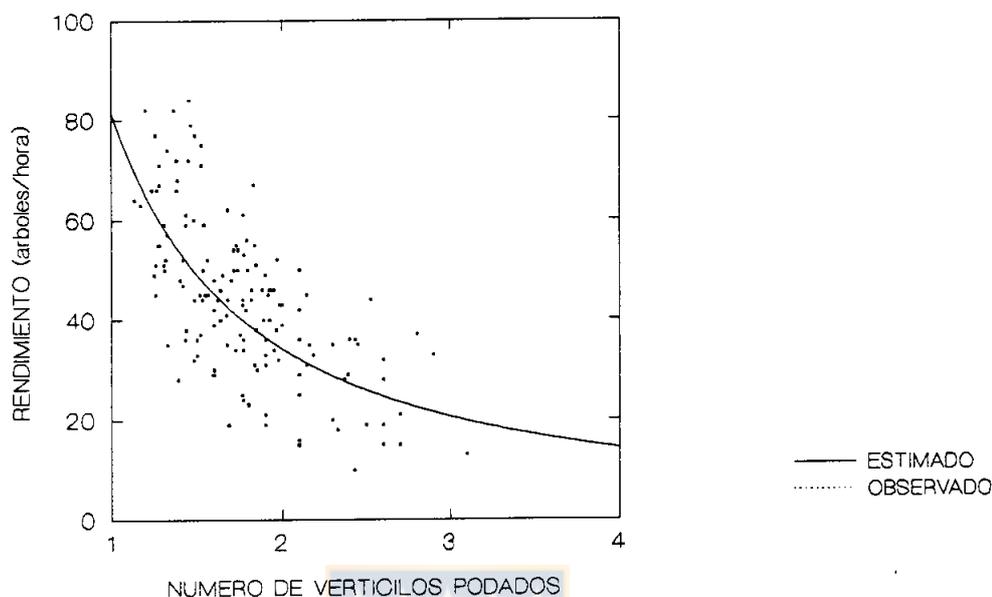


Figura N°13: Ajuste del Rendimiento Estimado (árboles/hora) sobre los Rendimientos Observados (árboles/hora), en función del Número de Verticilos Podados.

Al incorporar la variable NV con el exponente calculado de -1.154 al modelo lineal múltiple se encuentra la función:

$$RENDIM=20,99 +0,91*CC -37,31*IMOV -0,99*DAP +49,44*NV^{-1.154}$$

Comparada con la ecuación última, la ganancia es desde el coeficiente de determinación $r^2=0,719$ al valor $r^2=0,741$ (Tabla N° 9A) participando las mismas variables.

Como ejercicio se sucede la Tabla N° 10A en donde se excluye el DAP al encontrarse para este probabilidad de 0,09 de nulidad en su efecto. Este ejercicio tuvo como resultado una

breve disminución del coeficiente de determinación al valor $r^2=0,735$, sin aumentar apreciablemente el error estándar de estimación (8,32 árboles/hora) y con ganancia en la razón de varianzas ($F_{\text{MUESTRAL } 2,143} = 131.6$).

No obstante, la probabilidad expuesta no fue razón suficiente para la exclusión de la variable DAP, manteniéndose la preferencia por la última ecuación presentada. Esta ecuación presenta una notable bondad de ajuste, ya que además del buen coeficiente de determinación $r^2 = 0.741$, tiene en el análisis de varianzas una indiscutible fuerza predictiva, con el estadístico $F_{\text{MUESTRAL } (4,141)} = 100,7$. muy superior al valor crítico $F_{(4,141) 0,01} = 3,45$, vale decir, lo último reafirma la dependencia del rendimiento de poda de todas y cada una de las variables seleccionadas, las que en conjunto explican un 74,1 % de la variabilidad de dicho rendimiento. Además, probada dentro de los límites en que fue construida tiene un comportamiento congruente.

Desde otra perspectiva, la ecuación obtenida satisface favorablemente la simplicidad, considerando que las variables predictoras propuestas son posibles de obtener en forma operacional, a excepción de la carga cardiovascular que, como se anticipó, constituye una variable de control en la evaluación si se logra conocer, pero que desde el inicio y aún en su desconocimiento puede postularse para predecir rendimientos base, si se acepta que las demás variables están enmarcadas en los límites que expone este estudio, se han

resuelto los problemas de entrenamiento en la técnica, y se cumple el esquema de trabajo-pausas presentado.

Obtenida ya una ecuación de rendimiento que satisface de modo suficiente los postulados teóricos, caben las preguntas: ¿pueden estos rendimientos ser reproducidos normalmente? y en atención a esto ¿puede darse a las variables seleccionadas un carácter de factores estables?. Las respuestas pueden abordarse por varios frentes cada uno de los cuales es complementario. Entre los más importantes se destacan:

- Nivel de esfuerzo promedio dentro de los límites recomendables.
- Mantención de la salud frente a posturas y riesgos ineludibles.
- Motivación por condiciones laborales generales.
- Rango y variabilidad de las variables predictoras. Ajuste de estas a las características habitualmente comprometidas en segunda poda.

Se anticipó el resultado de 38,6% de Carga Cardiovascular promedio en la jornada de trabajo. Antes se expuso que el límite máximo promedio recomendable se encuentra en el 40% de Carga Cardiovascular. En consecuencia, aunque se está bajo este límite debe notarse la proximidad y por lo tanto ser cautelosos con el uso del valor medio de rendimiento de 44 árboles/hora. Lo justo sería reconocer que sobrepasar el 30% de CC como promedio en una jornada implica una fuerte motivación al trabajo. La calidad de "sostenible" de un

esfuerzo de este nivel, está avalada por el resultado no significativo de la hora de trabajo sobre la carga cardiovascular. Las recuperaciones observadas tras cada pausa a niveles similares a la de la hora anterior y la total recuperación de la mañana a la tarde tras la hora de colación, defienden la organización del tiempo de jornada, con la posibilidad abierta de ser alterada levemente si la circunstancia lo amerita, como por ejemplo aumentando la frecuencia de pausas en una condición de calor.

Discutir sobre la mantención de la salud y balance corporal llegando a una conclusión sólo en base a estas veinte jornadas, sería arriesgado. La impresión es que se estaría logrando una condición apropiada, dado que, al ser consultados los operarios, no acusaron dolor o fatiga sistemática de músculos. Además la correcta aplicación de la técnica en todo momento salvaguarda la integridad física y minimiza el riesgo de caídas como el mayor elemento de inseguridad presente en esta técnica. Las pausas evitaron en forma determinante la fatiga.

La motivación de los operarios expresada en la ocupación eficiente del tiempo y en la exigencia física impuesta, se atribuyó a las condiciones laborales generales. Se enfatiza que el campamento fue establecido de acuerdo a las exigencias necesarias de alimentación, higiene, confortabilidad y trato, sin llegar a ser extraordinarias, pero superiores a lo habitual. Estas exigencias se resumen en una dieta

energéticamente balanceada, lugar de esparcimiento, módulos dormitorio para cuatro personas y horas totales de sueño. Todo a lo cual se agrega una forma de pago conocida y aceptada.

Un requisito necesario para la validez de la ecuación obtenida, fue comprobar la normalidad de la distribución del rendimiento horario en esta poda. En 20 jornadas con una duración promedio de 7,3 horas cada una, 146 registros de rendimiento se distribuyeron normalmente como se observa en la figura N° 14.

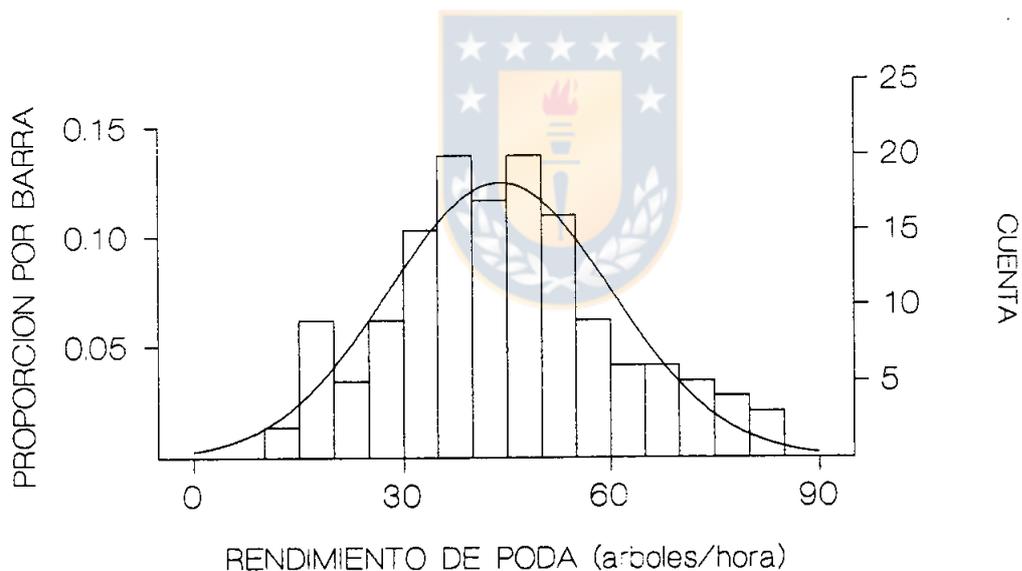


Figura N°14 Distribución del Rendimiento horario registrado (árboles/hora).

El resultado gráfico y el valor muy inferior al crítico del test de Kolmogorov-Smirnov (Tabla N° 11A) disipó toda duda,

aceptándose la distribución normal en los datos del rendimiento de poda.

Se recuerda que el rango y dispersión de las variables de rodal y terreno presentados en la Tabla N° 1, son comunes a la condición típica de los rodales en los cuales se realiza segunda poda, particularmente en relación al problema de "rango truncado" advertido para el DAP, según lo cual dejó de constituir un problema. Así, todos estos resultados fundamentan la aplicabilidad de la ecuación calculada.

A objeto de establecer rendimientos referenciales, se infirieron estos con el uso de la función de rendimiento calculada, pero bajo la condición de no sobrepasar el esfuerzo promedio recomendable del 40% de carga cardiovascular, lo que aseguraría un ritmo sostenible.

Con estas consideraciones se construyó la Tabla N°5 siguiente, la cual establece una combinación de variables en los niveles liviano, medio y pesado de acuerdo a combinaciones reales observadas con frecuencia en terreno.

Tabla N°5 Rendimientos de poda (árboles/hora) inferidos por la función:

$$RENDIM=20.99 +0,91*CC -37,31*IMOV -0,99*DAP +49,44*NV^{-1.154}$$

Condición	Carga Cardiovascular (CC)				
	Variable	25 %	30 %	35 %	40 %
Pesada	DAP (cm):	10,90			
	NV	: 1,93	13,5	18,1	22,6
	IMOV	: 1,14			27,1
Media	DAP (cm):	9,60			
	NV	: 1,78	27,1	31,7	36,2
	IMOV	: 0,87			40,8
Liviana	DAP (cm):	8,30			
	NV	: 1,30	45,1	49,7	54,2
	IMOV	: 0,72			58,8

Estos rendimientos horarios pueden ser usados para inducir rendimientos a jornada, siempre que se respete una duración de esta de 7,5 a 8 horas máximo, se esté cerca de una distribución del tiempo como la referida en Tabla N° 2, pero principalmente se establezca una organización del tiempo similar al propuesto, que consistió básicamente, en la fijación de 10 minutos de pausa cada una hora, además de una hora para colación.

V CONCLUSIONES

1. El esfuerzo físico expresado como carga cardiovascular se asoció en forma lineal con el rendimiento horario de la poda.
2. La variable número de verticilos podados constituyó la principal fuente de explicación de la variabilidad del rendimiento.
3. La disminución del rendimiento como consecuencia del número de verticilos a podar es fuerte cuando varía entre 1 y 2 verticilos y paulatina sobre este número.
4. Las variables de mayor incidencia sobre el rendimiento de esta poda fueron, en forma positiva, la carga cardiovascular (CC) y en forma negativa, el número de verticilos podados por árbol (NV), índice de movilidad (IMOV), y en menor grado, el diámetro a la altura del pecho (DAP).
5. Se propone un primer modelo lineal de rendimiento:
$$RENDIM = \alpha + \beta * NV + \gamma * CC + \delta * IMOV + \epsilon * DAP$$
el cual, en este estudio particular, logró explicar un 71,9% de la variabilidad del rendimiento.

6. Se propone un segundo modelo lineal de rendimiento:

$$RENDIM = \alpha + \beta * CC + \gamma * IMOV + \delta * DAP + \epsilon * NV^b$$

El cual explicó un 74,1% del rendimiento horario de poda.

7. Se concluye que el rendimiento promedio de esta poda de 44 árboles por hora ó 321 árboles por jornada es reproducible, por haberse obtenido con una carga física sustentable.
8. Rendimientos efectivos de referencia pueden estimarse por la función:

$$RENDIM = 20,99 + 0,91 * CC - 37,31 * IMOV - 0,99 * DAP + 49,44 * NV^{-1.154}$$

según condiciones particulares del rodal a intervenir, mientras estas no excedan los límites de construcción de la función.

9. Se sugieren como rendimientos de referencia 132, 231 ó 363 árboles por jornada según condición pesada, media ó liviana respectivamente. A partir de los cuales debieran aplicarse incentivos.

VI RESUMEN

Se aplicó un estudio de segunda poda en un rodal de Pinus radiata D. Don de 7 años de edad. La tarea fue realizada con tijerón podador del tipo Neo-Zelandés, usando como accesorios escalera y king-grip. El propósito del estudio fue establecer rendimientos de referencia, considerando la carga de trabajo bajo un esquema predeterminado de trabajo y pausa.

Durante 20 jornadas completas de trabajo se midieron las variables de los árboles y ramas, temperatura ambiental, pendiente, escabrosidad del terreno, y frecuencia cardíaca cada dos minutos.

La información fue usada en el desarrollo de una función para predecir rendimientos en segunda poda. Con la ecuación es posible calcular rendimientos considerando las dificultades del terreno y un nivel de carga física que puede ser sustentable durante el trabajo.

SUMMARY

A study of second pruning was carried out in a 7 years old forest of radiata pine. The task was performed with a New Zealand type pruning shear, using as accessories ladder and king-grip. The main purpose of the study was to establish references for output considering work load under a predetermined schedule of work and rest.

During 20 complete shifts' variables of the trees and branches, environmental temperature, slope and roughness of the ground and cardiac frequency every second minute was measured.

The information was used to develop a function to predict output in second pruning. With the equation is possible to calculate output considering the difficulties of the stand and a level of work load that can be sustained during the shift.

VII BIBLIOGRAFIA

Apud, E. y S. Valdés. 1988. Perfil del Trabajador Forestal Chileno. En: Actas Primer Taller de Producción Forestal. Ed.: Fundación Chile, Concepción, Chile.

Apud, E.; Bostrand, L.; Mobbs, I.; Strehlke, B. 1989. Guidelines on ergonomic study in forestry, Geneva, International Labour Office.

Apud, E. 1992. Temas de Ergonomía. Ed.: Fac. de Cs. Biológicas y Recursos Naturales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Apud, E., M.T. Chiang, M. Gutierrez y F. Maureira. 1993. Criterios de aptitud física y psicológica para la selección de trabajadores forestales. Informe N° 8. Grupo de Producción Forestal. Ed.: Fundación Chile, 1993.

Apud, E. y S. Valdés. 1995. "Ergonomics in Forestry: The Chilean Case". Geneva, International Labour Office.

Arrué, E. 1987. Estudio de Tiempos y rendimientos en podas a diferentes alturas. Forestal Rio Vergara, Depto. Desarrollo, Nacimiento, Chile.

Astrand, P.O. and Rodahl, K. 1970. A Textbook of Work Physiology. New York: McGraw-Hill.

Carrasco, R. 1991. Rendimientos y costos en podas de la octava región. Memoria de Título. Fac. de Cs. Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción Chillán, Chile.

Centro Nacional de Capacitación Forestal. 1985. Antecedentes técnicos sobre la poda de Pinus radiata D. Don. Chile Forestal, Documento Técnico N°6. Santiago, Chile.

Daniel, P.W., U.E. Helms and F.S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. (2ª Ed.). McGraw-Hill, México.

Donoso, C. 1992. Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. (3ª Ed.) Ed.: U. Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Espinosa, M. et al. 1980. Estudio de rendimiento y costo de poda en pino insigne (Pinus radiata D. Don). I Arauco.

Espinosa, M. 1989. Estudio de Tiempo y Costos de Poda en rodales de Pino radiata previamente podados hasta una altura de 6 metros.

F.A.O. 1993. "Introducción a la Ergonomía Forestal para países en desarrollo". Estudio FAO Montes N° 100, Roma, Italia.

Forestal CELCO LTDA. 1987. Estudio de rendimiento en faena de poda media con diferentes herramientas. I.T. AT/125/87. Constitución, Chile.

Gerding, V. 1991. Manejo de las plantaciones de Pinus radiata D. Don en Chile. Revista Bosque. Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales, Valdivia, Chile. Vol 12 N°2:3-10.

Hall, P.W. and E.G. Mason. 1988. Pruners, are yours tuned to maximize performance?. New Zealand Forestry N°33 vol. 2. Journal of the N.Z. Institute of Forestry Inc.

Hernández, V. 1991. Efecto de poda y raleo en el crecimiento de rodales jóvenes de pino en las zonas de Arauco, Los Angeles y Temuco. Memoria de Título. Fac. de Cs. Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción Chillán, Chile.

Hubert, M. y R. Courraud. 1989. Poda y Formación de los árboles forestales. Ed.: Mundi-Prensa. Madrid, España.

Larson, P. R. 1965. Stem form of young larix as influenced by wind and pruning. Forest Sci. 11:412-424.

Large, P.W., C. De Ronde and B.V. Bredekamp. 1987. The effects of different intensities of pruning on the growth of Pinus radiata in South Africa. South African Forest J. 143:30-36.

Meneses, M. 1992. Influencia del sitio, herramienta y época del año en que se realiza la poda, sobre el proceso de cicatrización en Pinus radiata. En: Pinus radiata Investigación en Chile. Tomo I, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Montmollin, M. 1970. Introducción a la Ergonomía. Ed.: Gráficas, Madrid, España.

Montoya, J. 1988. La poda de los árboles forestales. Ed.: Mundi-Prensa. Madrid, España.

Olivares, B. et al. 1985. Determinación de la relación entre diámetro sobre muñón y diámetro del cilindro defectuoso mediante el análisis de trozas basales de Pinus radiata D. Don. U. Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Serie Técnica. Informe del Convenio N° 92. 39p.

Rodalh, K. 1989. The Physiology of Work. Ed.: Taylor and Francis Ltd., Basingstoke, Hampshire, Great Britain.

Shephard, R. 1978. Human physiological work capacity. Ed.: University Press, Cambridge, Great Britain.

Sutton, W.R.J. and J.B. Crowe. 1975. Selective pruning of radiata pine. N.Z.J. of Forest. Sci. 5:171-195.

Valdés, S. 1987. Círculo de calidad de empresas de servicios. Informe final área técnica Forestal CELCO Ltda. Constitución. Temas de alimentación, capacitación y transferencia tecnológica.





Tabla N° 1A MATRIZ DE CORRELACION DE PEARSON.**Coefficientes de correlación lineal (r).**

RENDIM HORA	FC	CC	DAP	ARP	ANP	NV	NRP	DMAR	DMER	DPR	PEND	IMOV		
RENDIM	1													
HORA	-0,30	1												
FC	0,53	-0,18	1											
CC	0,57	-0,18	0,98	1										
DAP	-0,28	-0,05	0,01	0,00	1									
ARP	-0,21	-0,13	0,05	0,05	0,73	1								
ANP	-0,30	-0,04	-0,02	-0,02	0,69	0,89	1							
NV	-0,65	0,27	-0,14	-0,18	0,36	0,35	0,45	1						
NRP	-0,21	0,11	0,09	0,07	0,27	0,37	0,46	0,55	1					
DMAR	-0,22	0,06	-0,10	-0,09	0,67	0,57	0,51	0,26	0,20	1				
DMER	0,00	-0,01	-0,04	-0,05	0,34	0,15	0,11	-0,13	-0,31	0,48	1			
DPR	-0,14	0,03	-0,05	-0,04	0,65	0,50	0,43	0,13	0,04	0,88	0,78	1		
PEND	-0,18	0,10	-0,16	-0,19	-0,29	-0,13	-0,16	0,08	0,16	-0,11	-0,18	-0,16	1	
IMOV	-0,37	0,02	0,25	0,23	0,13	0,19	0,19	0,44	0,32	0,12	-0,12	0,05	0,19	1

Total de observaciones: 146 horas.

TABLA N° 2A PRUEBA ESTADISTICA DEL EFECTO DE LAS ACTIVIDADES SOBRE LA FRECUENCIA CARDIACA.

Hipótesis	Las Frecuencias Cardíacas (lat./min.) promedios por actividad no difieren.	
F crítico (9 4576 0.01)	2,41	F muestral (9 4576 0.01)
		221,43
Conclusión	Existen diferencias significativas entre los promedios de Frecuencia Cardíaca.	

TABLA N° 3A PRUEBA ESTADISTICA DEL EFECTO DE LA HORA SOBRE LA CARGA CARDIOVASCULAR.

Hipótesis	Las Cargas Cardiovasculares promedio (%) no difieren según hora de trabajo.	
F crítico (7 138 0.01) 2,77	F muestral (7 138 0.01) 2,05	
Conclusión	No existen diferencias significativas de las Cargas Cardiovasculares horarias.	



TABLA N° 4A STEP-WISE FORWARD PARA RENDIMIENTO EXPLICADO CON LA PARTICIPACION DE TODAS LAS VARIABLES DISPUESTAS.

Variable	Coefficiente	Probabilidad*	Otros indicadores
CONSTANTE	72,3756	0,0000	n 146
CC	0,8820	0,0000	r2 0,72
DAP	-0,9586	0,0666	EEE 8,58
NRP	0,8910	0,0419	F muestral 72,99
IMOV	-38,8797	0,0000	(5 140 0.01)
NV	-17,4492	0,0000	F crítico 3,15
Por lo tanto se rechaza nulidad de los coeficientes			

* Probabilidad de dos colas de nulidad particular del efecto

TABLA Nº 5A RESULTADOS DEL TEST DE BARTLETT DE VARIANZAS.

VARIABLES	χ^2 MUESTRAL	VARIABLES	χ^2 MUESTRAL
HORA	1,31	NRP	19,11
RENDIM	78,32	DMAR	15,37
CC	1,41	DMER	2,82
DAP	10,20	DPR	8,77
ARP	6,40	PEND	6,01
ANP	3,47	IMOV	13,70
NV	18,65	NV ^{-1.15}	4,76

χ^2 CRITICO (4gl,0.01) = 13,28 EXISTE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA SI χ^2 MUESTRAL < χ^2 CRITICO.



TABLA Nº 6A ESTIMACION DEL RENDIMIENTO EXCLUYENDO LA VARIABLE NUMERO DE RAMAS PODADAS (NRP).

Variable	Coefficiente	Probabilidad*	Otros indicadores
CONSTANTE	78,3110	0,0000	n 146
CC	0,9120	0,0000	r ² 0,72
DAP	-1,3630	0,0230	EEE 8,59
IMOV	-39,2950	0,0000	F muestral 90,31
NV	-14,1920	0,0000	(4 141 0.01)
			F crítico 3,45
Por lo tanto se rechaza nulidad de los coeficientes			

* Probabilidad de dos colas de nulidad particular del efecto

TABLA Nº 7A ESTIMACION DEL RENDIMIENTO EXCLUYENDO LAS VARIABLES NUMERO DE RAMAS PODADAS (NRP) Y DIAMETRO ALTURA PECHO (DAP).

Variable	Coficiente	Probabilidad*	Otros indicadores
CONSTANTE	68,1690	0,0000	n 146
CC	0,8970	0,0000	r2 0,71
IMOV	-36,3750	0,0000	EEE 8,73
NV	-15,9680	0,0000	F muestral 115,17 (3 142 0.01)
			F crítico 3,92
Por lo tanto se rechaza nulidad de los coeficientes			

* Probabilidad de dos colas de nulidad particular del efecto



TABLA Nº 8A ESTIMACION DEL RENDIMIENTO POR MEDIO EXCLUSIVO DE LA VARIABLE NUMERO DE VERTICILLOS PODADOS (NV), EN REGRESION NO LINEAL.

Parámetro	Estimado	Otros
CONSTANTE	80,714	RENDIM = CONSTANTE * NV [^] b
b	-1,154	r2 natural = 0,935 r2 corregido = 0,441
INTERVALO DE CONFIANZA AL 95 %		
CONSTANTE		[71,675 , 89,753]
b		[-1.381 , -0,927]

TABLA N° 9A RENDIMIENTO DE PODA ESTIMADO EN REGRESION LINEAL CON EXPONENTE $-1,154$ PARA NV.

Variable	Coefficiente	Probabilidad*	Otros indicadores
CONSTANTE	20,987	0,037	n 146
CC	0,909	0,000	r2 0,74
DAP	-0,991	0,090	EEE 8,26
IMOV	-37,314	0,000	F muestral 100,73
NV ^{-1.154}	49,435	0,000	(4 141 0.01)
			F crítico 3,45
Por lo tanto se rechaza nulidad de los coeficientes			

* Probabilidad de dos colas de nulidad particular del efecto



TABLA N° 10A RENDIMIENTO DE PODA ESTIMADO EXCLUYENDO LA VARIABLE DAP.

Variable	Coefficiente	Probabilidad*	Otros indicadores
CONSTANTE	8,784	0,212	n 146
CC	0,897	0,000	r2 0,73
IMOV	-36,454	0,000	EEE 8,32
NV ^{-1.154}	53,836	0,000	F muestral 131,56
			(3 142 0.01)
			F crítico 3,92
Por lo tanto se rechaza nulidad de los coeficientes			

* Probabilidad de dos colas de nulidad particular del efecto

TABLA Nº 11A DOCIMAS PARA HIPOTESIS DE DISTRIBUCION NORMAL DE LAS VARIABLES.

KOLMOGOROV-SMIRNOV VARIABLE	TEST DE UNA MUESTRA CASOS	USANDO DISTRIBUCION MAXDIF	NORMAL STD. PROBABILIDAD (2-COLAS)	DCRITICO
RENDIM	146.000	0.062	0.628	0.135
FC	146.000	0.057	0.733	0.135
CC	146.000	0.057	0.739	0.135
DAP	146.000	0.058	0.702	0.135
NV	146.000	0.092	0.168	0.135
PEND	146.000	0.075	0.382	0.135
IMOV	146.000	0.071	0.448	0.135

TODAS LAS VARIABLES EXPUESTAS CUMPLEN CON SUFICIENCIA EL SUPUESTO DE DISTRIBUCION NORMAL.



