



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo final de carrera de ingeniería forestal

Evaluación del Impacto del Aprovechamiento Forestal en Yungas

Estudiante

Perea, Esteban Andrés

Legajo: 25541/2

Email: esteban.perea@agro.unlp.edu.ar

Director: Cellini, Juan Manuel

Co-director: Burns, Sarah Lilian

Fecha de entrega

Junio 2017

1 **Resumen**

2 Puede definirse al aprovechamiento forestal como la secuencia de operaciones que se
3 ejecutan en el marco de un plan de manejo para lograr corte, extracción, carga y
4 transporte de productos maderables de una masa forestal hacia el resto de la cadena
5 de transformación de la madera. Estas operaciones generarán algún tipo de impacto
6 sobre los ecosistemas intervenidos, a la vez de representar los costos más
7 importantes dentro de la misma; razón por la cual se realiza una aproximación al
8 paradigma de Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR) (FAO 1996) para la
9 mejora de su funcionamiento. En Yungas australes, pesar de la historia de la actividad
10 forestal en la región, existe un déficit importante de información base para la
11 planificación del manejo forestal. Se realiza esta evaluación de operaciones de
12 aprovechamiento forestal semi-mecanizado en Yungas australes para identificar áreas
13 de posible mejora en base a una adaptación del Código Modelo de Prácticas de
14 Aprovechamiento Forestal de FAO (1996), en cuatro compartimentos de estudio:
15 tareas de volteo, alteración de la estructura forestal debido a las tareas de volteo y
16 arrastre, caminos, vías de saca y canchones, y eficiencia del aprovechamiento
17 forestal. Se estructuró la discusión de los resultados sobre los compartimentos que el
18 mismo Código FAO (1996) plantea. La evaluación se hizo en relación a las
19 operaciones correspondientes a los tranzones de los años 2010 y 2011 en la Finca
20 Pintascayo de la localidad Isla de Cañas (departamento Iruya, provincia de Salta.
21 Acceso desde la ciudad de Orán). Se realizaron toma de datos en base a
22 observaciones directas, mediciones con cinta métrica métrica, clinómetro y brújula
23 SUUNTO; procesamiento estadísticos y SIG. Las mismas se caracterizaron por un
24 bajo rendimiento de volumen de madera por hectárea pero ineficiente en proporción a
25 infraestructura de caminos y funcionamiento (0,19 m³ / m² / ha, tranzón 2010; 0,08 m³ /
26 m² / ha, tranzón 2011). En el tranzón 2010 se trabajó mejor que en el año posterior,
27 pero la eficiencia del funcionamiento del aprovechamiento forestal en ambos fue bajo,
28 siendo el volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero
29 sobre el volumen de madera total volteada, del 58 % en 2010 y 40 % para 2011. El
30 porcentaje de ocupación para ambos tranzones fue bajo (3 %, 2010; 4 %, 2011),
31 elevándose cuando se incluyen a las superficies de impacto por caída (4 %, 2010; 10
32 %, 2011). Los valores de densidad de caminos y canchones se encontraron dentro de
33 los parámetros razonables. La mayor proporción de estructura forestal circundante no
34 sufre daño por operaciones. Se requiere de inversiones de mejora para aproximarse a
35 los criterios de Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR) en: eficacia de la
36 ejecución de la técnica de volteo dirigido (marcada influencia de la pendiente de
37 terreno sobre la caída de los individuos volteados, tendencia de ser 50 cm la altura
38 superior de corte y escasas muestras sobre control en direccionalidad de caída del
39 árbol apeado), diseño y trazado de caminos y vías de saca y arrastre (excedente de
40 puntos superior a los límites establecidos para ancho de plataforma y pendiente
41 longitudinal de caminos, como también distanciamiento medio de arrastre), estrategias
42 de mejora en dirección de fortalecer la organización de la fuerza laboral que ejecuta
43 los momentos operativos, principalmente en la elaboración del plan de manejo
44 forestal). Se ha hecho un aporte metodológico para trabajos de evaluación del impacto
45 del aprovechamiento forestal en Yungas, cercano al modelo de Aprovechamiento de
46 Impacto Reducido (AIR) (FAO 1996).

47 **Palabras clave**

48 Operaciones. Manejo forestal. Mejoras.

49 **INTRODUCCIÓN**

50 **Aprovechamiento Forestal**

51 Puede definirse al aprovechamiento forestal como la secuencia de operaciones
52 que se ejecutan en el marco de un plan de manejo para lograr corte, extracción, carga
53 y transporte de productos maderables de una masa forestal hacia centros de acopio e
54 industrialización (Dykstra 1997; Heinrich 1997). Costantino (1957) hace una distinción
55 semántica entre aprovechamiento forestal en sentido de manejo forestal como
56 plataforma de gestión de ecosistemas capaz de producir una renta a perpetuidad, de
57 aquellas operaciones para extraerla. Anaya & Christiansen (1986) consideran estas
58 operaciones como parte de las prácticas silviculturales que se prescriben en rodal, a
59 su vez que FAO (1978) problematiza en el mismo sentido en cuanto a diseño y
60 construcción de caminos forestales se refiere, ya que los mismos no deben pensarse
61 únicamente para la corta final, sino también para el resto de las operaciones que
62 involucran al sistema silvícola. Por ello, el aprovechamiento forestal es la disciplina
63 que aborda la materialización operativa de obtención de productos maderables en el
64 intersticio de los planes de silvicultura y manejo forestal.

65 Anaya & Christiansen (1986) sintetizan al aprovechamiento forestal en tres
66 grandes momentos operativos: operaciones terminales, transporte menor y mayor. Las
67 operaciones terminales son definidas como aquellas cuyos costos por unidad de
68 volumen son independientes de la distancia de transporte: apeo, desrame, troceo,
69 descortezado, apilado, carga y descarga. El transporte menor corresponde al traslado
70 de la madera desde el lugar de apeo hasta la cancha de acopio y el transporte mayor,
71 al traslado de trozas desde cancha de acopio hasta sitios de transformación de la
72 madera. Cada momento estará condicionado por factores topográficos, dasométricos y
73 socioeconómicos, sistema silvícola y de aprovechamiento forestal definido.

74 Las operaciones terminales pueden ejecutarse de forma manual o
 75 mecanizada, según condicionamientos (Anaya & Christiansen 1986) (Tabla 1).

76 Tabla 1. Distintos métodos de operaciones terminales.

| | Operación | Método manual | Método mecanizado |
|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------|
| Operaciones terminales | Volteo | Hacha | Motosierras |
| | Desramado | Arco de sierra | Harvesters |
| | Descortezado | | |
| | Tronzado | | |
| | Carga | Sólo maderas livianas | Grúas hidráulicas |
| | Descarga | No recomendable | |

77 Fuente (Anaya & Christiansen 1986).

78 En el caso del transporte menor los métodos pueden o no requerir tracción
 79 mecánica del suelo, pudiendo ser también manual o mecanizado (Tabla 2). El
 80 transporte mayor puede realizarse a través de vía terrestre (camiones y ferrocarriles) o
 81 por agua (jangadas; en desuso) (Anaya & Christiansen 1986; Fernández 2002).

82 Tabla 2. Distintos métodos de transporte menor.

| Transporte menor | Requiere | Manual | Animales | Mecanizados |
|------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| | Tracción mecánica del suelo | No recomendable | Bueyes Caballos Mulas | Tractor agrícola adaptado Tractor forestal articulado (Skidders) Tractores con remolque (Feller Buncher) |
| | Sin tracción mecánica del suelo | Cables Globos aerostáticos Helicóptero | | |

83 Fuente (Anaya & Christiansen 1986).

84 Definido el sistema de aprovechamiento forestal, sea éste el tipo de producto a
 85 extraer: árbol entero, fuste comercial o trozas, descortezado o no; definirá qué
 86 métodos y elementos operarán en cada uno de los momentos (Anaya & Christiansen
 87 1986). Fernández (2002) afirma que en cada uno de ellos se generará algún tipo de
 88 impacto sobre los ecosistemas intervenidos, especialmente en la estructura física del
 89 suelo y en el balance y circulación de nutrientes, pudiendo tener consecuencias

90 negativas en la productividad, aceleración de procesos erosivos y alteración en la
91 producción y calidad del agua y biodiversidad. Reconoce también que la magnitud de
92 estas perturbaciones dependerá de una serie de factores tales como: turnos de corta
93 que el plan de manejo prevea, fertilidad física y química del suelo previa a las
94 operaciones y capacidad de resiliencia del ecosistema; reconociendo que en
95 plantaciones especies de rápido crecimiento son la construcción de caminos,
96 operaciones de corta y establecimiento las que resultan más críticas en términos de
97 impacto. (Dykstra 1997; Heinrich 1997; Balducci 2009; Leckoundzou et al. 2010).

98 **Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR)**

99 Para la mejora del funcionamiento de las operaciones de aprovechamiento
100 forestal, Dykstra (1997) y Heinrich (1997) proponen un modelo de Aprovechamiento de
101 Impacto Reducido (AIR), materializado en un Código Modelo de Prácticas de
102 Aprovechamiento Forestal FAO (1996). El modelo AIR descansa sobre el principio de
103 una correcta planificación del aprovechamiento, entendida ésta como el proceso de
104 racionalización de las operaciones futuras cuyos resultados tiendan al objetivo central
105 de aumentar al máximo la rentabilidad del capital forestal minimizando costos ($\$/\text{m}^3$).
106 Dentro de la cadena de transformación mecánica de la madera, las operaciones de
107 aprovechamiento forestal representan los costos más importantes. Los mismos se
108 calculan como el cociente entre los costos por unidad de tiempo de los recursos
109 empleados para las operaciones (maquinaria y fuerza laboral principalmente) ($\$/\text{tiempo}$)
110 y la productividad de dichos recursos (m^3/tiempo). Para reducirlos es
111 necesario el aumento de la eficiencia de los medios de producción, donde no
112 necesariamente la mecanización de las operaciones implica la inversión adecuada
113 (Anaya & Christiansen 1986; Dykstra 1997; Heinrich 1997; Leckoundzou et al. 2010).
114 Los autores del Código FAO (1996) enfatizan que las mayores posibilidades de mejora
115 están en el fortalecimiento y desarrollo de una fuerza laboral competente, sea roles de

116 operario, administración y planificación (FAO 1996). Superadas las instancias
117 viabilidad y factibilidad del proyecto, a las estrategias de acción definidas le sucederá
118 la ejecución, monitoreo y evaluación de las mismas para su mejora (FAO 1996; Malizia
119 et al. 2009; Meza et al. 2006; Robirosa et al. 1990; Roviére 1993).

120 El Código FAO (1996) organiza a las operaciones de aprovechamiento forestal
121 en siete compartimentos: ingeniería de caminos, corta, extracción, carga, transporte,
122 coordinación de la fuerza laboral y evaluación de los resultados; siendo cada uno de
123 ellos estructurado por criterios directrices (FAO 1996; Dykstra 1997; Heinrich 1997).

124 Ingeniería de caminos contempla a las acciones vinculantes al diseño, trazado,
125 construcción y mantenimiento de caminos, así como las estructuras complementarias
126 de transporte mayor (Anaya & Christiansen 1986). La construcción de los mismos
127 representa un disturbio prácticamente irreversible del espacio que se interviene, por
128 ser necesaria una correcta consolidación de los mismos para su tránsito. A partir de
129 ello se requiere que el trazado sea el mínimo posible y que a su vez garantice el buen
130 funcionamiento del transporte. Dentro de las características más importantes para su
131 diseño y trazado se reconoce: longitud (m), pendientes máximas (%) y ancho de
132 caminos (m) (Anaya & Christiansen 1986; Dykstra 1997; Heinrich 1997; Fernández
133 2002; Leckoundz et al 2010).

134 Por operaciones de corta, el Código FAO (1996) hace referencia solo al método
135 semi-mecanizado con motosierra, basado en el criterio de una correcta manipulación
136 de la misma, requiriendo para ello la aplicación de la técnica de Volteo Dirigido
137 (Husqvarna 2004). Esta técnica consta de una secuencia de momentos pautados, que
138 tiene por propósito desbalancear el peso del individuo a partir de una serie de cortes
139 en la base del mismo, para provocar la caída en una dirección determinada, evitando
140 riesgos. Se compone principalmente de dos tipos de corte: dirección y caída. Del
141 primero resultará una sección de madera denominada cuña direccional, cuyo vacío

142 direccionará la caída del tronco apeado. La longitud del corte debe ser del 80% del
143 diámetro del árbol a la altura que se realice, recomendándose lo más cercano al piso
144 para aumentar control y estabilidad de caída (Husqvarna 2004). Realizado esto, se
145 procede a realizar el corte de caída, cuya dirección es normal al eje del fuste, escasos
146 centímetros superior al punto de intersección de las líneas que componen el corte de
147 dirección. Estos centímetros de separación son de significativa importancia en lo que a
148 seguridad y calidad de corte refiere, ya que la franja de madera remanente constituirá
149 un elemento de seguridad para el operario ante un eventual rebote de la troza al caer,
150 denominada madera de sostén o bisagra, a la vez de evitar pérdidas de madera
151 producto de las tensiones que se liberan, sean astillamientos, quebraduras,
152 reventones y rajaduras (Anaya & Christiansen 1986, Husqvarna 2004). La técnica
153 abarca disciplinas como ergonomía, técnicas de corte y afilado, conceptos básicos de
154 física, seguridad e higiene. Se prioriza la formación del motosierrista, ya que existen
155 múltiples decisiones válidas para un misma operación de de corta, cuya decisión en
156 última instancia, es la que definirá la calidad del mismo, producto, riesgos, daños a la
157 madera y vegetación remanente, coordinación con los movimientos de extracción
158 posteriores y preservación de propia seguridad (Anaya & Christiansen 1986; FAO
159 1980,1996; Husqvarna 2004; Leckoundz et al. 2010).

160 En extracción, el Código FAO (1996) hace referencia al sistema por arrastre. Si
161 bien los daños por alteración y compactación de suelo asociado no alcanzan a ser de
162 magnitud irreversible como en construcción de caminos para transporte mayor, en
163 operaciones normales el arrastre puede generar impactos negativos significativos por
164 ser inevitable para este sistema una mínima red de vías de saca y caminos para
165 transporte menor. Los criterios de mejora se basan en la reducción al mínimo de la red
166 de vías de saca y direccionalidad de la caída de árboles volteados cercanos a ellas,

167 utilizando cables y lingas (Anaya & Christiansen 1986, FAO 1996; Gayoso & Gayoso
168 2009; Mc Donald et al 2010).

169 Las operaciones de carga en el Código FAO (1996) hacen referencia a las
170 acciones necesarias al acopio temporal y posterior carga del transporte mayor de la
171 madera, por lo general realizadas en canchones de acopio. Estos últimos se
172 caracterizan por ser lugares de intenso tránsito y perturbaciones de alto impacto,
173 similar al producido por la construcción de caminos principales. El criterio se basa en
174 que los espacios sean de la menor superficie posible, entre 500 y 1000 m² para trozas
175 de grandes dimensiones, y menor a 500 m² para trozas menores, a la vez que el
176 trazado y diseño de los mismos sea coherente con la planificación de la red de
177 caminos en su totalidad (FAO 1996; Gayoso & Gayoso 2009; Leckoundz et al 2010).

178 En transporte, el Código FAO (1996) basa su criterio en el mantenimiento de
179 las vías, precauciones al momento de definir la carga transportada con la capacidad
180 de los caminos y las medidas de seguridad pertinentes (Anaya & Christiansen 1986).

181 La evaluación de los resultados del aprovechamiento forestal es la última etapa
182 de la planificación, donde se analiza el contraste de los resultados con los objetivos
183 planificados, sistematizando y definiendo luego estrategias de mejora (FAO 1996;
184 Dykstra 1997; Heinrich 1997; Leckoundzou et al. 2010).

185 **Yungas**

186 Las Yungas son ecosistemas que se desarrollan sobre la vertiente oriental de
187 la cadena montañosa andina. Cuenta con la característica particular de un ambiente
188 cubierto por nubes y neblinas en una franja altitudinal de la misma, y su distribución
189 austral se encuentra en el sur de Bolivia y noroeste de Argentina, conocidas como
190 selva tucumano – boliviana o Yungas australes (Brown & Kappelle 2001; Malizia et al.,
191 2009). La jurisdicción argentina corresponde a las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán
192 y Catamarca, siguiendo una cuña direccional norte-sur, ocupando una superficie

193 estimada actual de 5,2 millones de hectáreas (Brown 2009a). El régimen de
194 precipitación es estival y presenta un fuerte gradiente altitudinal, reconociéndose una
195 estratificación en tipos forestales con características fisonómicas y florísticas
196 diferenciadas: selva pedemontana, selva montana y bosque montano (Brown 2009a).

197 *Selva pedemontana*. Ocupa zonas entre los 400 y 700 msnm del pedemonte y
198 serranías de escasa altitud, con precipitaciones de 800–1.000 mm anuales
199 concentradas en el período estival (90 % de noviembre a marzo). Se reconocen dos
200 unidades ambientales diferenciadas: selva de palo blanco (*Calycophyllum multiflorum*
201 Griseb.) y palo amarillo (*Phyllostylon rhamnoides* (J.Poiss.) Taub.) en el sector norte
202 (Provincias Salta y Jujuy); y la selva de tipa (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze) y pacará
203 (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) en sector sur (provincia de Tucumán
204 principalmente). Las especies dominantes son palo blanco (*C. multiflorum*), palo
205 amarillo (*P. rhamnoides*), lapacho rosado (*Tabebuia avellanadae* Lorente & Griseb),
206 cebil colorado (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), quina colorada (*Myroxylon*
207 *peruiferum* L.f.), afata (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb ex Steud), palo lanza o lanza
208 blanca (*Patagonula americana* L.), pacará (*E. contortisiliquum*) y urundel (*Astronium*
209 *urundeuva* Engl.) (Brown 1995). Los relictos de selva pedemontana que aún presentan
210 relativamente buen estado de conservación, tienen un dosel casi continuo de entre 25
211 y 35 metros de altura, área basal de 25 a 30 m² / ha, y alrededor de 35 a 40 especies
212 arbóreas por hectárea (Brown y Malizia 2007; Brown 2009a).

213 *Selva montana*. Según Brown (2009a) ocupa zonas entre 700 y 1.500 msnm.
214 Representa la franja altitudinal de máximas precipitaciones pluviales (más de 2.000
215 mm anuales). En general es un bosque con predominio de especies perennifolias y
216 estacionalidad hídrica menos marcada que la Selva Pedemontana (Brown 2009a).

217 *Bosque montano*. Representa el piso ecológico de *bosques nublados* y ocupa
218 zonas entre 1.500 y 3.000 msnm, lindante con pastizales de neblina (Brown 2009a).

219 De las especies de mayor valor forestal en las Yungas australes, Malizia et al.
220 (2009) citan a la afata (*C. trichotoma*), cebil colorado (*A. colubrina*), cedro kolla
221 (*Cedrela lilloi* C.DC.), cedro oran (*Cedrela balansae* C.DC.), palo lanza o lanza blanca
222 (*P. americana*), lapacho rosado (*T. avellanadae*), nogal criollo (*Juglans australis*
223 Griseb.), palo amarillo (*P. rhamnoides*), palo blanco (*C. multiflorum*), quina (*M.*
224 *peruiferum*), roble salteño (*Amburana cearensis* (Allemao) A.C.Sm), urundel (*A.*
225 *urundeuva*), lapacho amarillo (*Handroanthus lapacho* (K.Schum.) S.O.Grose), horco
226 cebil (*Parapiptadenia excelsa* (Gris.) Lillo.), vivaró (*Pterogyne nitens* Tul.) y laurel
227 blanco (*Nectandra cuspidata* Nees y Mart). En la selva pedemontana se encuentra la
228 de mayor riqueza y densidad de especies de valor forestal, encontrando un marcado
229 cambio en la composición específica y densidad de individuos de estas especies a lo
230 largo del gradiente altitudinal de las Yungas australes (Brown et al. 2002).

231 En las Yungas australes el sistema de aprovechamiento más frecuente
232 consiste en extracción selectiva semi-mecanizado de fuste comercial con corte a
233 motosierra, seguido de desrame, trozado y despunte. Extracción por sistema de
234 arrastre mecanizado (skidders) hasta canchones de acopio, cubicación de madera
235 previa a la carga, pudiendo ser esta última manual o mecanizada. El criterio de
236 selección de los individuos a cortar es por rendimiento de volumen individual. Todas
237 las acciones operativas de cosecha se realizan aproximadamente de mayo a
238 noviembre a razón del régimen pluviométrico que caracteriza a la selva (Minetti 2006;
239 Minetti et al. 2009).

240 Desde finales de siglo XIX se incorpora las Yungas australes a la
241 modernización económica argentina, dando inicio un proceso de extracción de árboles
242 individuales seleccionados seguido de una transformación del uso del suelo,
243 intensificado por mecanización de las operaciones, resultando en una extrema
244 disminución y fragmentación de la selva pedemontana y el corrimiento de la provisión

245 de insumo de madera para su transformación hacia el piso de selva montana (Brown
246 2009; Gil Montero 2009; Minetti 2006; Minetti et al. 2009). Blundo & Malizia (2009)
247 afirman que los ecosistemas intervenidos donde se ha extraído madera de manera
248 selectiva resultan en bosques secundarios en distintas etapas sucesionales, que si
249 bien no es excluyente para que el manejo forestal sea factible, pueden verse afectados
250 negativamente cuando el uso del bosque llega al extremo donde se altera su
251 capacidad de resiliencia y se transforma significativamente la composición de especies
252 y estructura forestal.

253 **Evaluación del Impacto del Aprovechamiento Forestal en Yungas**

254 Malizia et al. (2009) reconocen que en Yungas australes, pesar de la larga
255 historia de la actividad forestal en la región, existe un déficit importante de información
256 base para la planificación del manejo forestal. El conocimiento sobre la distribución y
257 abundancia de especies forestales es escaso, lo que disipa los esfuerzos para la
258 mejora de las prácticas forestales hacia ello y el valor de la producción forestal es
259 considerado marginal con respecto a otras actividades productivas como la
260 hidrocarburífera, la minería o agricultura (soja, caña de azúcar y otros) (Brown 2009b).

261 La bibliografía respecto a evaluaciones de impacto del aprovechamiento
262 forestal en Yungas es escasa, restringiéndose a casos de estudios aislados (Ej. daños
263 a la vegetación remanente de rodales), no existiendo criterios y metodologías
264 unificados para la región en este tipo de evaluaciones, razón por la cual el presente
265 Trabajo Final sea de carácter descriptivo, que justifica la ausencia de hipótesis de una
266 investigación, pero a considerar para las mejoras que se propongan (Anaya &
267 Christiansen 1986; Balducci 2009; Dykstra 1997; FAO 1978, 1996; GMF 2007;
268 Heinrich 1997; Husqvarna 2004; Louman 2006).

269

270 **OBJETIVO GENERAL**

271 El objetivo general del trabajo es evaluar el impacto de las operaciones de
272 aprovechamiento forestal semi-mecanizado en las Yungas australes e identificar áreas
273 de posible mejora.

274 **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

275 Objetivos específicos: 1) Evaluar la eficacia en la ejecución de la técnica de
276 volteo dirigido. 2) Cuantificar la alteración de la estructura forestal debido a tareas de
277 volteo y arrastre. 3) Caracterizar caminos, vías de saca y canchones en función de las
278 pendientes, longitud y ancho. 4) Determinar superficie impactada por la construcción
279 de caminos, vías de saca y canchones. 5) Determinar eficiencia del aprovechamiento
280 forestal. 6) Definir acciones de mejora para reducir impacto de operaciones de
281 Aprovechamiento Forestal. 7) Contribuir un aporte metodológico en trabajos de
282 Evaluación del impacto de operaciones de aprovechamiento forestal en Yungas.

283 **MATERIALES Y MÉTODOS**

284 **Área de estudio**

285 El estudio se realizó en Finca Pintascayo de la localidad Isla de Cañas
286 (departamento Iruya, provincia de Salta. Acceso desde la ciudad de Orán) durante los
287 tranzones correspondientes a los años 2010 y 2011. El área total de la finca es de
288 48.187 ha y corresponde a la Región Fitogeográfica de las Yungas australes. Los tipos
289 forestales de la finca se distribuyen en 56 % de selva pedemontana, 42 % selva
290 montana y 2 % de bosque montano. La topografía se caracteriza por ser relieve
291 montañoso y el clima régimen monzónico, concentrándose las lluvias de octubre a
292 abril y estación seca el resto del año (ver mapa 11, anexo mapas) (Balducci 2009).

293 La metodología propuesta para evaluación del impacto del aprovechamiento
294 forestal en Yungas es una adaptación del Código Modelo de Prácticas de

295 Aprovechamiento Forestal de FAO (1996) en cuatro compartimentos de estudio: tareas
296 de volteo, alteración de la estructura forestal debido a las tareas de volteo y arrastre,
297 caminos, vías de saca y canchones, y eficiencia del aprovechamiento forestal; para
298 luego estructurar la discusión de los resultados sobre los compartimentos que el
299 Código FAO (1996) plantea, y así materializar el objetivo general del presente trabajo.

300 **Tareas de volteo**

301 Las muestras de campaña correspondieron a observaciones directas y
302 mediciones con cinta métrica, clinómetro y brújula SUUNTO. Se observó a cada
303 motosierrista operando y las características de tocón según: cuña direccional
304 (existencia o no; adecuada o deficiente), bisagra (existencia o no) y cortes posteriores
305 a la troza apeada (ej.: despunte o descuate). Se midió diámetro a la altura del pecho
306 (DAP) del individuo a voltear y luego altura máxima y mínima del tocón. Con esto
307 último se realizaron los siguientes promedios: promedio de altura superior de tocón
308 (PAST); altura promedio de tocón (APT); promedio de diferencias entre alturas de
309 tocón (PDAT) y promedio de altura inferior de tocón (PAIT). Se midió pendiente natural
310 del terreno y distancia del desplazamiento del fuste post-corte (distancia tocón y fuste
311 apeado). Se realizaron modelos de regresión lineal simple para determinar la
312 influencia que la pendiente natural del terreno tiene sobre las magnitudes de alturas
313 promedios de tocón y distancia del desplazamiento del fuste post-corte. Con altura
314 promedio del tocón (APT) y diámetro a la altura del pecho (DAP) del individuo apeado
315 se estimó volumen de madera perdida en tocones. Se evaluaron con análisis de la
316 varianza (ANOVA) ($\alpha = 0,05$) las diferencias entre tranzones y motosierristas según
317 alturas promedios de tocón y volumen de madera perdida en los mismos.

318 La metodología de calidad de corte varió según tranzón. El correspondiente al
319 2010 se caracterizó por la observación directa de daños en tocón (astillamientos,
320 quebraduras y reventones) utilizando una escala ordinal de cuatro categorías: I = daño

321 mínimo; II = daño relativo; III = daño importante y IV = daño muy importante. En el
322 tronzón 2011 la calidad del corte se hizo realizando distintas mediciones de ángulos
323 desde el tocón, en coordinación con las operaciones del motosierrista, cuyas
324 direcciones responden a los siguientes criterios: ángulo real de caída (AC = ángulo en
325 cuya dirección el árbol cayó luego del corte), ángulo de menor daño de impacto por
326 caída (AMr = ángulo cuya dirección implica el menor daño a la estructura forestal
327 remanente según los responsables de la evaluación), ángulo de dirección de caída
328 predicho por el motosierrista (AMt = dirección en la que el operario previó voltear),
329 ángulo de dirección de la pendiente (APd = ángulo en donde se encuentra la
330 pendiente más pronunciada), ángulo de caída según la estructura del árbol (AEA =
331 dirección a partir de la estructura de la copa, distribución y dirección de las ramas
332 principales). Sobre la base de las diferencias entre los determinados ángulos se
333 realizaron análisis de la varianza (ANOVA) ($\alpha = 0,05$) para evaluar la eficacia del
334 momento operativo. Las combinaciones analizadas fueron:

335 - Diferencia entre AC - AMr. El contraste busca tener una referencia sobre la eficacia
336 en las tareas de volteo y la permanencia de las existencias juveniles que pudieran ser
337 aprovechadas en el futuro. A menores diferencias, mayores serán las probabilidades
338 de contar con existencias maderables en el futuro.

339 - Diferencia entre AC - AMt. Representa la eficacia en las tareas de volteo por parte de
340 los motosierristas, es decir, en qué manera controlan la direccionalidad de la caída del
341 individuo en la operación de corte. Cuanto menor sean estas diferencias, mayor será
342 la precisión en la predicción de la caída, lo cual deviene en una mejor valoración en el
343 manejo de la técnica de volteo dirigido.

344 - Diferencia entre AC - APd. El contraste busca discernir en qué medida la caída está
345 vinculada a la dirección de la pendiente. A mayores diferencias, mayor será la
346 proporción de técnica aplicada al volteo por parte del motosierrista.

347 - Diferencia entre el AC y AEA. Representa la relación existente entre la caída real y la
348 estructura del árbol de manera tal, que de no aplicarse la técnica de volteo dirigido,
349 ésta última podría condicionar la direccionalidad de la caída. A menores diferencias,
350 mayor incidencia de la estructura del individuo y menor valoración en la eficacia en la
351 ejecución de técnica por parte del motosierrista.

352 - Diferencia entre AMt - AMr. Busca contrastar el criterio del motosierrista respecto al
353 daño a generar en la estructura circundante por impacto de caída con el criterio de los
354 autores de esta evaluación.

355 - Diferencia entre AMt - APd. El contraste busca determinar la incidencia que la
356 pendiente tiene en la toma de decisión por parte del motosierrista al momento de
357 ejecutar las operaciones de corte. Cuanto menor sea la diferencia de los ángulos
358 mayor incidencia habrá.

359 **Alteración de la estructura forestal debido a las tareas de volteo y arrastre**

360 Las muestras de campaña correspondieron a observaciones directas y
361 mediciones con cinta métrica, clinómetro y brújula SUUNTO. La metodología varió
362 según tranzón. Se realizaron muestras de campaña representativas según fueran
363 previas o posteriores al volteo.

364 En el tranzón 2010 las actividades de pre-volteo se realizaron en el mes de
365 junio. Se determinó especie y diámetro a la altura del pecho (DAP) del individuo a
366 voltear. Se tomaron cuatro fotos digitales cenitales a una distancia de 1 m del individuo
367 en dirección norte, sur, este y oeste, que luego se utilizaron para determinar cobertura
368 forestal previa al volteo (%) mediante el software IRFANVIEW 3.0. Se estimó el
369 porcentaje de suelo desnudo, residuos y vegetación (musgos, pteridófitas,
370 dicotiledóneas y monocotiledóneas) en un radio de 15 m con centro en la base del

371 individuo a voltear mediante el método de Braun-Blanquet (Cellini & Martinez Pastur
372 2005; Wilson 2011).

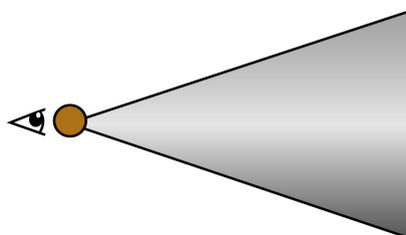
373 Las actividades post-volteo correspondientes a las muestras de campaña del
374 tranzón 2010, se realizaron, unas en el instante posterior al volteo (junio 2010) y otras,
375 con mayor distancia temporal en el mes de agosto de dicho año. Dentro de las del
376 primer grupo (junio 2010) se repitió la secuencia metodológica de toma de fotos
377 digitales en las cuatro direcciones cardinales para contrastar la cobertura forestal
378 posterior al volteo (%). Se instaló una parcela rectangular de largo igual a la distancia
379 entre el tocón y el extremo superior de la copa volteada corregida al plano; y ancho
380 igual al ancho de la copa. Dentro de la misma se midió el DAP de todos los árboles
381 mayores a 10 cm y presencia de daños en fuste y copa, tomando para esto una escala
382 ordinal de tres valoraciones según compartimento. En fuste; 0 = sin daño; 1 = daño
383 parcial que no compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete
384 formación maderable. En copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50 %, sin
385 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
386 al 50 %, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible.

387 Del resto de las actividades post-volteo (agosto 2010), se registró presencia de
388 trozas y rollizos secundarios sin ser arrastrados. Se estimó cobertura de sotobosque
389 mediante el método Braun-Blanquet (Cellini & Martinez Pastur 2005; Wilson 2011).
390 Con esto último se buscó relación entre daños de operaciones del aprovechamiento
391 sobre el sotobosque con la pendiente natural de la parcela, a través de modelos de
392 regresión lineal.

393 Daños vinculados al arrastre se midió solo en tranzón 2010 y se instaló para
394 ello una parcela rectangular de lados igual al ancho y largo de la huella de arrastre de
395 los individuos seleccionados, para luego medir todos los árboles remanentes y
396 clasificarlos en mayores o menores de 20 cm de DAP, sin la determinación de la

397 especie, sólo definiendo la presencia de daños en base y fuste por operaciones de
398 arrastre. Para los daños por arrastre se tomó una escala ordinal de tres valoraciones;
399 0 = sin daño; 1 = daño parcial que no compromete formación maderable; 2 = daño
400 grave que compromete formación maderable. Se estimó longitud, ancho y superficie
401 promedio de impacto debido al arrastre; árboles dañados cada 100 metros y
402 porcentaje de cambio en densidad por arrastre según sean menores o mayores a 20
403 cm de DAP, valoración de daño y compartimento donde se presentaban (base y fuste).
404 Se buscó la relación entre daños en densidad de árboles dañados por arrastre
405 (árboles / ha) según pendiente natural de terreno y DAP del individuo arrastrado, a
406 través de modelos de regresión lineal.

407 La superficie de impacto por caída del árbol se determinó en tranzón 2010
408 midiendo el ángulo real de caída y los extremos que proyectaban los márgenes de la
409 superficie impactada, asumiendo a ésta un modelo de cono invertido (figura 1).

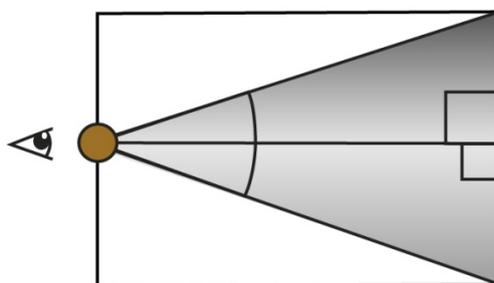


410

411 Figura 1. Superficie de impacto por caída asumiendo un modelo de cono
412 invertido. El claroscuro representa el riesgo de impacto por caída del individuo,
413 disminuyendo hacia los márgenes.

414 La metodología para obtener superficie de impacto por caída consistió en un
415 primer momento, en la deconstrucción del modelo de cono invertido en dos triángulos
416 rectángulos cuyos vértices en ambos casos esté representado por el tocón, la
417 dirección de caída real como cateto mayor, la mitad del ancho de la parcela como

418 cateto menor y las proyecciones de las márgenes como hipotenusas respectivamente.
419 Esto genera que las diferencias existentes entre las proyecciones de los márgenes y la
420 caída real resulten en dos ángulos, denominados de impacto, y que, asumiendo la
421 longitud real de la parcela como magnitud del cateto mayor (distancia entre tocón y
422 extremo superior de la copa volteada corregida al plano) y la mitad del ancho de la
423 parcela como la magnitud del cateto menor (mitad del ancho de copa), permita calcular
424 la superficie de ambos triángulos por trigonometría, y la suma de ambos, la superficie
425 de impacto por caída (figura 2).



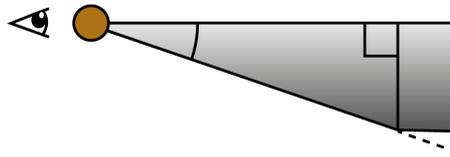
426

427 Figura 2. Superficie de impacto por caída como deconstrucción del cono
428 invertido en dos triángulos rectángulos cuyos vértices en ambos casos están
429 representado por el tocón, la longitud real de la parcela como magnitud del cateto
430 mayor (distancia tocón y el extremo superior de la copa volteada corregida al plano), la
431 mitad del ancho de la parcela como magnitud del cateto menor (mitad del ancho de
432 copa) y las proyecciones de las márgenes como hipotenusas respectivamente. El
433 claroscuro representa el riesgo de impacto por caída del individuo, disminuyendo este
434 hacia los márgenes.

435 Al momento de modelizar las magnitudes medidas con la figura geométrica se
436 visibilizaron inconsistencias vinculadas a la delimitación de las parcelas, por lo cual se
437 utilizaron dos criterios para determinar la superficie de los triángulos rectángulos:

438 • Caso 1. El ángulo de impacto resultante genera un triángulo rectángulo cuyo
439 cateto mayor es menor al largo real de la parcela (distancia tocón y extremo superior
440 de la copa volteada corregida al plano) y su cateto menor es igual a la mitad del ancho
441 real de la parcela (mitad del ancho de copa). En este caso, se suma la superficie de

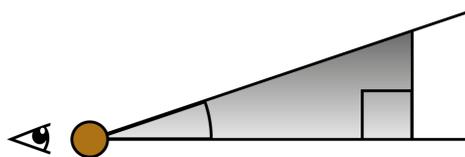
442 dicho triángulo con la del rectángulo formado por la diferencia entre ambas longitudes
443 y la mitad del ancho real de la parcela (figura 3).



444

445 Figura 3. Superficie de impacto por caída, compuesta por un triángulo
446 rectángulo resultante de un ángulo de impacto cuyo cateto mayor es menor al largo
447 real de la parcela (distancia tocón y extremo superior de la copa volteada corregida al
448 plano) y ancho igual a la mitad del ancho de la parcela (mitad del ancho de copa), más
449 la superficie de un rectángulo formado por la diferencia entre ambas longitudes y la
450 mitad del ancho real de la parcela (mitad del ancho de copa). El claroscuro representa
451 el riesgo de impacto por caída del individuo, disminuyendo hacia el margen.

452 • Caso 2. El ángulo de impacto resultante genera un triángulo rectángulo cuyo
453 cateto mayor es igual al largo real de la parcela (distancia tocón y extremo superior de
454 la copa volteada corregida al plano) y el cateto restante, menor a la mitad del ancho
455 real de la parcela. (Figura 4).



456

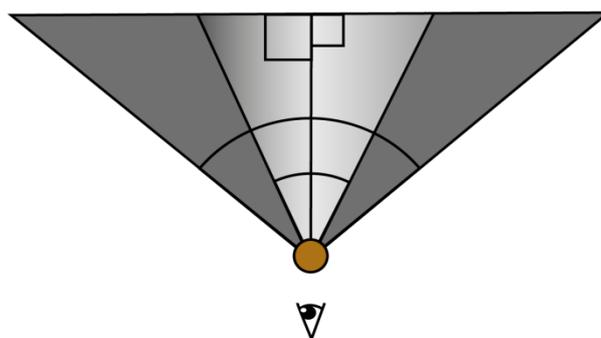
457 Figura 4. Superficie de impacto por caída, compuesta por un triángulo
458 rectángulo resultante de un ángulo de impacto cuyo cateto mayor igual al largo real de
459 la parcela (distancia tocón y extremo superior de la copa volteada corregida al plano) y
460 el cateto restante, menor a la mitad del ancho de la parcela (mitad del ancho de copa).
461 Se considera como superficie de impacto lo alcanzado por el claroscuro, que
462 representa el riesgo de impacto por caída del individuo, disminuyendo hacia el
463 margen.

464 Se calculó porcentaje de superficie dañada de impacto por caída (%), como el
465 cociente entre superficie de impacto por caída y superficie total de parcela.

466 En el tranzón 2011 la metodología se concentró en la alteración de la
467 estructura forestal de especies maderables dentro de las superficies de impacto por
468 caída. Previo al volteo se determinó especie y DAP del individuo a cortar. En el
469 instante posterior a la caída, desde el punto fijo que representa el tocón del individuo
470 volteado, se midió porcentaje de pendiente natural del terreno (%) y ángulo real de
471 caída del individuo apeado. Se identificaron visualmente los árboles maderables en las
472 cercanías de la zona disturbada y en cada uno de ellos se determinó: ángulo de la
473 dirección en que se encontraban, especie, DAP y presencia de daños en fuste y copa
474 tomando para esto la escala ordinal de tres valoraciones utilizada en el tranzón del año
475 2010 según compartimento en particular (Valores 0, 1 y 2; actividades pos-volteo,
476 Junio 2010). Se midieron los extremos definidos que proyectaban los márgenes de la
477 superficie de impacto por caída para luego establecer la posición relativa de cada
478 individuo, esto es, si se encontraban dentro o fuera de la misma. Aquellos que estaban
479 por fuera, definen un área a la cual denominamos superficie de impacto secundaria
480 por caída, que tiene por propósito visibilizar los daños que se generan en el vuelo
481 circundante en el momento de la caída del individuo. Se estimó distancia entre el tocón
482 y el extremo superior de la copa volteada corregida al plano; y ancho entre los ángulos
483 extremos que incumben a la superficie de impacto y superficie de impacto secundaria
484 por caída.

485 La metodología para estimar superficie de impacto y superficie de impacto
486 secundaria por caída es la misma que se empleó durante el tranzón 2010, esto es,
487 deconstruir el modelo de cono invertido que asume la superficie de impacto (ver figura
488 1) en dos triángulos rectángulos, cuyos vértices en ambos casos esté representado
489 por el tocón, la dirección de caída real como cateto mayor, la mitad del ancho de la

490 parcela que involucran los ángulos extremos como cateto menor y las proyecciones de
491 las márgenes como hipotenusas respectivamente (ver figura 2). Esto genera que las
492 diferencias existentes entre los extremos y la caída real resulten en dos ángulos,
493 denominados de impacto y que, asumiendo la longitud real de la parcela como
494 magnitud del cateto mayor (distancia entre tocón y extremo superior de la copa
495 volteada corregida al plano) y la mitad del ancho de la parcela como la magnitud del
496 cateto menor (mitad del ancho que involucran los ángulos extremos), permita calcular
497 la superficie de ambos triángulos por trigonometría, resultando la suma de ambos, la
498 superficie de impacto por caída. Ante las inconsistencias de modelizar las magnitudes
499 medidas con la figura geométrica se utilizaron los mismos criterios para determinar la
500 superficie de los triángulos rectángulos (ver caso 1, figura 3; caso 2, figura 4). El
501 cálculo de la superficie de impacto secundaria es por defecto, como la diferencia entre
502 la deconstrucción entre un cono invertido mayor, con la superficie de impacto por
503 caída (figura 5).



504

505 Figura 5. Superficie de impacto y superficie de impacto secundaria por caída
506 como deconstrucción del modelo de cono invertido en dos triángulos rectángulos
507 cuyos vértices en ambos casos están representado por el tocón, la longitud real de la
508 parcela como magnitud del cateto mayor (distancia tocón y el extremo superior de la
509 copa volteada corregida al plano), la mitad del ancho de la parcela como magnitud del
510 cateto menor (mitad del ancho involucrados en los ángulos extremos) y las
511 proyecciones de las márgenes como hipotenusas respectivamente. El claroscuro
512 representa el riesgo de impacto por caída del individuo, disminuyendo este hacia los
513 márgenes, siendo representada la superficie de impacto secundaria por un oscuro
514 homogéneo.

515 Respetando las diferencias metodológicas según tronzón, en ambos casos se
516 buscó la relación entre las diferentes valoraciones de daño en fuste y copa (0, 1 y 2)
517 respecto a las variables: DAP de los individuos dañados de impacto por caída, área
518 basal (m² / ha) y densidad (árboles / ha). También la relación entre daños en densidad
519 de árboles y area basal, con la pendiente natural del terreno y DAP de los individuos
520 volteados (ver tareas de volteo) a través de modelos de regresión lineal, y se comparó
521 porcentaje de alteración de la estructura forestal según motosierrista.

522 **Camino, vías de saca y canchones**

523 La metodología de muestras de campaña fue la misma en ambos tronzones.
524 Se eligió un camino principal de uso, en adelante Camino Principal Unitario, y un área
525 piloto seleccionada dentro de la unidad de manejo forestal, abarcando en esta última
526 la totalidad de caminos, vías de saca y arrastre que en ella se encontraron. Del
527 recorrido de los mismos se midió pendiente longitudinal y ancho cada 100 m de
528 distancia, utilizando para ello clinómetro SUUNTO y cinta métrica respectivamente. La
529 pendiente longitudinal se determinó realizando dos mediciones en cada punto definido,
530 con sentidos anterior y posterior a la dirección del camino, considerando el promedio
531 de ambas mediciones el valor de pendiente. Luego se corroboró si la media de los
532 valores se encontraban dentro de los parámetros recomendados por la bibliografía
533 consultada, fijando el límite 10 % de pendiente longitudinal para caminos y 20 % para
534 vías de saca y arrastre, en adelante Picadas (Gayoso & Gayoso 2009, GMF 2007;
535 2010). Pendiente transversal se midió únicamente en Camino Principal Unitario del
536 tronzón 2011, tomando para ello mediciones cada 500 m, utilizando clinómetro
537 SUUNTO, fijando un límite de 5 % para ambos lados de la sección transversal de la
538 plataforma de camino (Gayoso & Gayoso, 2009).

539 En ambos tronzones se determinó superficie de todos los canchones de acopio
540 ubicados a la vera del Camino Principal Unitario y área piloto seleccionada. La

541 metodología de medición es la sumatoria de las figuras geométricas cuyas superficies
542 podían abarcar el contorno del espacio intervenido. Se midieron con cinta métrica
543 lados o radios, según se asumiera una figura rectangular o circular. Al igual que los
544 valores de pendiente longitudinal, se corroboró si los valores de superficie de
545 canchones se encontraban dentro de los parámetros recomendados por la bibliografía
546 consultada, fijando el límite en 900 m² (Gayoso & Gayoso 2009, GMF 2007; 2010).

547 La longitud de los Caminos Principales Unitarios se determinó utilizando GPS,
548 datos procesados posteriormente en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

549 A partir de longitud y ancho de caminos, vías de saca y arrastre (Picadas) de
550 las Áreas pilotos seleccionadas se determinó: Superficie de Caminos y Picadas (m²),
551 Densidad de caminos (m/ m²) y Porcentaje de superficie impactada por operaciones de
552 aprovechamiento forestal (%), incluyendo en ellas a las estimaciones de Superficie de
553 Impacto por Caída. Los canchones de acopio que se encontraron dentro del área, se
554 utilizaron para un análisis de densidad de los mismos (área / canchón). Todos los
555 datos procesados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

556 Los valores promedios de pendiente longitudinal, ancho y superficie de
557 canchones, tanto corresponda a un Camino Principal Unitario o se encontrara dentro
558 del Área piloto seleccionada, fueron comparados mediante un análisis de la varianza
559 (ANOVA) ($\alpha = 0,05$) y test de Tukey ($p < 0,05$).

560 **Eficiencia del Aprovechamiento Forestal**

561 De las áreas piloto correspondientes a las muestras de campaña de los
562 tranzones 2010 y 2011, se contó con una base de datos con el registro de cada árbol
563 según información de: ubicación, especie, DAP, altura de fuste, volumen de troza
564 cubcada en canchón y su movimiento (volteado, arrastrado, cargado). A partir de ello
565 se generaron cuatro categorías de estado según individuo: I = marcado; II = volteado y

566 abandonado; III = volteado, arrastrado y abandonado en canchón; IV = volteado,
567 arrastrado y cargado. Esta información se volcó en un SIG para elaborar mapas de
568 marcación y estado, y determinar según DAP y altura de fuste: volumen de madera no
569 cortado, volumen de madera cortado y no arrastrado, volumen de madera arrastrado y
570 abandonado en canchón y volumen de madera en vías de transformación mecánica en
571 aserradero a través ecuaciones de volumen de fuste sin corteza realizada para un
572 grupo de especies en Yungas por Sevola (1975) (Recopilación, Maggio & Cellini
573 2016). Dicha información se expresó por unidad de área, densidad lineal y superficial
574 de caminos y operaciones de Aprovechamiento Forestal (ver caminos, vías de saca y
575 canchones). Se segregaron los volúmenes según especies.

576 Se determinó tasa de eficiencia del volteo definida como la relación entre el
577 total del volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero sobre
578 el total del volumen de los árboles volteados (Leckoundzou et al. 2010) y el de arrastre
579 como la relación entre el volumen de las trozas arrastradas y el total del volumen de
580 árboles volteados. A partir de la información volcada al SIG se calculó distancia
581 promedio de arrastre para los individuos de categorías III y IV, y se elaboró un mapa
582 de la las distancias de arrastre (Distancia entre ubicación y canchón más cercano).

583 De los datos estimados al evaluar la eficacia en la ejecución de la técnica de
584 volteo dirigido (Ver Tareas de Volteo) se elaboró un modelo de regresión lineal para
585 obtener estimaciones de porcentaje de madera perdida en tocón en relación a los
586 volúmenes de las trozas medidas en canchón según base de datos.

587 **RESULTADOS**

588 **Tareas de volteo**

589 *Observaciones directas*

590 En el tranzón del año 2010 se constató en un sólo caso la presencia de cuña
591 direccional y franja leñosa que compone la bisagra de seguridad de los treinta y seis

592 eventos observados (3 %; n = 1, N = 36). Existieron en la totalidad de los mismos,
 593 cortes posteriores de la troza apeada, tanto despuntes como desculates (ver mapa 1,
 594 anexo mapas). Asimismo en el tranzón correspondiente al año 2011, se observaron
 595 cuñas direccionales inadecuadas que no alcanzan para definir las como tales y
 596 ausencia de franja leñosa que compone la bisagra de seguridad en la totalidad de los
 597 cuarenta y nueve casos observados (0 %; n = 0, N = 49). Tres (3) de los individuos
 598 apeados quedaron suspendidos en el aire por vegetación circundante y en el resto se
 599 constató cortes posteriores a la troza apeada (ver mapa 2, anexo mapas).

600 *Alturas de tocón*

601 En tabla 3 se observan alturas de tocón correspondientes a los tranzones de
 602 los años 2010 y 2011 (ANOVA; test de Tukey).

603 **Tabla 3. Alturas de tocón. Tranzones 2010 y 2011.**

| Altura corte | n | | Altura | | Mín. - Max. | |
|--------------|------|------|----------|-----------|-------------|----------|
| | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 |
| PAST | 36 | 46 | 50 ± 3 c | 54 ± 4 c | 15 - 95 | 26 - 124 |
| APT | 36 | 46 | 35 ± 2 b | 38 ± 2 b | 11 - 63 | 20 - 90 |
| PDAT | 36 | 46 | 30 ± 3 b | 33 ± 4 ab | 4 - 69 | 1 - 100 |
| PAIT | 36 | 46 | 20 ± 2 a | 21 ± 2 a | 7 - 40 | 5 - 70 |
| F | | | 25,39 | 18,60 | | |
| p | | | 0,0001 | 0,0001 | | |

604 PAST: promedio de altura superior de tocón (cm); APT: altura promedio de
 605 tocón (cm); PDAT: promedio de diferencias entre alturas de tocón (cm); PAIT:
 606 promedio de altura inferior de tocón (cm). Mín. = Mínimo (cm); Max. = Máximo (cm).
 607 Los valores se presentan en media ± error estándar.

608 Las alturas de tocón presentan diferencias significativas entre sí (p = 0,0001). A
 609 partir de las observaciones directas, el promedio de altura superior de tocón (PAST) se
 610 torna en una variable crítica en la pérdida de madera, a razón de los cortes de
 611 desculata posteriores al volteo. En Tablas 4 y 5 se muestra una segregación de las
 612 alturas de tocón según motosierrista según tranzón (ANOVA; Test de Tukey).

613

614 Tabla 4. Altura de corte según motosierrista. Tranzón 2010.

| Motosierrista | n | PAST | APT | PDAT | PAIT |
|---------------|----|----------|----------|-----------|-----------|
| Cr | 4 | 53 ± 9 a | 38 ± 2 a | 30 ± 13 a | 23 ± 5 ab |
| Ma | 18 | 49 ± 5 a | 35 ± 3 a | 29 ± 4 a | 20 ± 2 ab |
| Rs | 11 | 50 ± 6 a | 33 ± 3 a | 35 ± 6 a | 15 ± 2 a |
| Uo | 3 | 48 ± 2 a | 38 ± 4 a | 21 ± 6 a | 28 ± 6 b |
| F | | 0,04 | 0,28 | 0,57 | 2,34 |
| P | | 0,9898 | 0,8389 | 0,6390 | 0,0920 |

615 PAST: promedio de altura superior de tocón (cm); APT: altura promedio de
 616 tocón (cm); PDAT: promedio de diferencias entre alturas de tocón (cm); PAIT:
 617 promedio de altura inferior de tocón (cm). Mín. = Mínimo (cm); Max. = Máximo (cm).
 618 Los valores se presentan en media ± error estándar.

619 En 2010 se observa que no hay diferencias significativas entre los
 620 motosierristas, salvo en el promedio de altura inferior de tocón (PAIT) donde el
 621 motosierrista Rs se diferencia del resto (Tabla 4).

622 Tabla 5. Altura de tocón según motosierrista. Tranzón 2011.

| Motosierrista | N | PAST | APT | PDAT | PAIT |
|---------------|----|-----------|----------|------------|----------|
| Cr | 7 | 77 ± 13 b | 48 ± 7 b | 57 ± 13 c | 20 ± 3 a |
| Ma | 10 | 75 ± 9 b | 50 ± 6 b | 50 ± 10 bc | 25 ± 6 a |
| Cp | 15 | 46 ± 4 a | 32 ± 2 a | 29 ± 5 ab | 18 ± 2 a |
| Uo | 14 | 36 ± 2 a | 30 ± 1 a | 13 ± 3 a | 23 ± 2 a |
| F | | 9,97 | 8,30 | 7,89 | 1,12 |
| P | | 0,0001 | 0,0002 | 0,0003 | 0,3508 |

623 PAST: promedio de altura superior de tocón (cm); APT: altura promedio de
 624 tocón (cm); PDAT: promedio de diferencias entre alturas de tocón (cm); PAIT:
 625 promedio de altura inferior de tocón (cm). Mín. = Mínimo (cm); Max. = Máximo (cm).
 626 Los valores se presentan en media ± error estándar.

627 En 2011 el contraste entre alturas de tocón es más pronunciado,
 628 diferenciándose los motosierristas Cr y Ma en el promedio de altura superior de tocón
 629 (PAST), altura promedio (APT) y en diferencias entre las alturas de tocón (PDAT)
 630 (Tabla 5).

631 *Comparación alturas de tocón entre tranzones*

632 Las variables de alturas de tocón comparadas entre tranzones no muestran
 633 diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$). Distinto es el comportamiento cuando se
 634 comparan los motosierristas que operaron en ambos casos, a sabiendas que el
 635 número de muestras puede no ser representativo. De los tres, Cr no muestra

636 diferencias significativas ($n = 4$, 2010; $n = 7$, 2011), presentando una tendencia en
637 mayores magnitudes de las variables en el año 2011 para PAST ($F = 1,70$; $p =$
638 $0,2248$), APT ($F = 1,24$; $p = 0,2937$) y PDAT ($F = 1,92$; $p = 0,1997$). Ma muestra el
639 mismo comportamiento anterior, presentando diferencias significativas entre el 2011 (n
640 $= 10$) y 2010 ($n = 18$) para PAST ($F = 7,19$; $p = 0,0126$), APT ($F = 6,01$; $p = 0,0213$) y
641 PDAT ($F = 5,42$; $p = 0,0279$). Uo presenta mayores magnitudes para el tranzón del
642 año 2010 ($n = 3$) por sobre 2011 ($n = 14$) en PAST ($F = 12,54$; $p = 0,0030$) y APT ($F =$
643 $5,68$; $p = 0,0308$).

644 *Influencia de la pendiente natural del terreno*

645 En relación a la influencia que la pendiente natural del terreno tiene sobre la
646 caída del individuo apeado, los modelos de regresión lineal muestran una vinculación
647 directa ($p < 0,05$) en ambos tranzones para las variables: distancia del desplazamiento
648 del fuste post-corte (distancia tocón y fuste apeado) y promedio de diferencias entre
649 alturas de tocón (PDAT), y sólo para el tranzón 2011, las variables promedio de altura
650 superior de tocón (PAST) y altura promedio de tocón (APT). Estos casos dan cuenta
651 que a mayor pendiente, mayor magnitud de las variables; influencia que se entiende
652 como una tendencia de que no se estaría ejecutando de manera eficaz la técnica de
653 volteo dirigido, ya que una correcta manipulación en la direccionalidad de la caída no
654 debería estar supeditada a la misma. El mayor número de variables en vinculación
655 directa con la pendiente del tranzón 2011 respecto a 2010 puede deberse a
656 diferencias topográficas entre los mismos (ver mapas 1,2 y 11, anexo mapas).

657 *Volumen de madera perdida en tocón*

658 El volumen promedio de madera perdida en tocón para la campaña
659 correspondiente al tranzón 2010 es de $0,07 \text{ m}^3 \pm 0,01$ ($n = 36$; Min. = $0,02 \text{ m}^3$, Máx. =
660 $0,19 \text{ m}^3$) y para el tranzón 2011 es $0,10 \text{ m}^3 \pm 0,01$ ($n = 46$; Min. = $0,05 \text{ m}^3$, Máx. = $0,27$
661 m^3). Ambos presentan diferencias significativas ($F = 13,55$; $p = 0,0004$). En el caso del

662 tronzón 2010 no hay diferencias significativas entre los motosierristas operando (F =
 663 0,96; p = 0,4250); distinto del caso correspondiente al tronzón 2011 donde sí las hay,
 664 siendo Uo quien se diferencia del resto por ser menor el volumen de madera perdida
 665 en tocón (0,08 m³ ± 0,01 a), seguido por Cp (0,10 m³ ± 0,01 ab), Cr (0,13 m³ ± 0,03
 666 ab), y último Ma (0,14 m³ ± 0,02 b) (F = 3,63; p = 0,0204).

667 *Calidad de corte*

668 En tabla 6 se muestran los resultados de la caracterización metodológica de
 669 calidad de corte correspondiente al tronzón del año 2010, propuesta en función de los
 670 daños en tocón.

671 Tabla 6. Calidad de corte según daños en tocón. Tronzón 2010.

| | S/D | I | II | III | IV |
|-------------|-----|----|----|-----|----|
| Astillas | 25 | 33 | 5 | 30 | 7 |
| Quebraduras | 19 | 30 | 11 | 33 | 7 |
| Reventones | 89 | 0 | 0 | 9 | 2 |

672 S/D = sin daño (%); I = daño mínimo (%); II = daño relativo (%); III = daño
 673 importante (%) y IV = daño muy importante (%).

674 En la misma se observa como relevante que aproximadamente al menos un 40
 675 % de los casos presenta daños importantes de astillamientos y quebraduras. En el
 676 caso de los reventones, que sería la expresión máxima de la no eficacia en la
 677 ejecución de la técnica de volteo dirigido, se presenta en el 11 % (Tabla 6).

678 En tabla 7 se muestran los resultados de la caracterización metodológica de
 679 calidad de corte correspondientes al tronzón del año 2011 sobre distintas mediciones
 680 de ángulos desde un punto fijo representado por el tocón.

681 Tabla 7. Calidad de corte según medición ángulos desde tocón. Tronzón 2011.

| Mt | N | AC-AMr | AC-AMt | AC-APd | AC-AEA | AMt-AMr | AMt-APd |
|----|----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Cr | 7 | 24 ± 11 a | 18 ± 5 a | 106 ± 29 b | 55 ± 18 a | 23 ± 9 a | 80 ± 21 a |
| Cp | 15 | 25 ± 4 a | 18 ± 7 a | 33 ± 7 a | 24 ± 4 a | 18 ± 4 a | 29 ± 6 a |
| Ma | 11 | 32 ± 13 a | 37 ± 17 a | 32 ± 14 a | 26 ± 8 a | 28 ± 14 a | 55 ± 18 a |
| Uo | 15 | 34 ± 7 a | 22 ± 4 a | 52 ± 18 ab | 30 ± 9 a | 17 ± 6 a | 32 ± 12 a |
| F | | 0,37 | 0,83 | 3,26 | 1,90 | 0,39 | 2,52 |
| P | | 0,7784 | 0,4853 | 0,0304 | 0,1441 | 0,7578 | 0,0704 |

682 Mt = motosierrista. AC = ángulo real de caída (°); AMr = ángulo de menor daño
683 de impacto por caída (°); AMt = ángulo de dirección de caída predicho por el
684 motosierrista (°); APd = ángulo de dirección de la pendiente (°); AEA = ángulo de caída
685 según la de según la estructura del árbol (°). Los valores se presentan en media ±
686 error estándar.

687 En la mayoría de los análisis de varianza (ANOVA) las diferencias no son
688 significativas. Esto puede deberse a la escasez en el número de muestras. En ningún
689 caso se ajusta a lo deseable aunque se observa la tendencia en cuanto al control
690 sobre la direccionalidad de la caída se refiere, siendo mayor en el motosierrista Cr
691 sobre el resto, a partir de que las diferencias entre el ángulo de real de caída (AC)
692 tienden a ser menores respecto al ángulo de menor daño (AMr) y al ángulo de caída
693 predicho por el motosierrista (AMt); y se aleja respecto a la dirección de la pendiente
694 natural del terreno (APd) y la incidencia de la estructura del individuo apeado (AEA).
695 Por otro lado, aunque no existe una tendencia clara respecto al contraste de criterio
696 por impacto de caída entre el motosierrista (AMt) y los autores de este Trabajo Final
697 (AMr), sí se observa que al momento de decidir sobre la direccionalidad de la caída
698 (AMt) existe una mayor desvinculación de la pendiente del terreno (APd) en el
699 motosierrista Cr (Tabla 7).

700 **Alteración de la estructura forestal debido a las tareas de volteo y arrastre**

701 *Impacto por caída para tronzón 2010*

702 El promedio en el cambio de cobertura forestal fue $14 \% \pm 2$ ($n = 36$; Min. = 1
703 %, Máx. = 56 %) (ver mapa 1, anexo mapas). La superficie de impacto por caída
704 promedio fue $120 \text{ m}^2 \pm 6$ ($n = 36$; Min. = 54 m^2 , Máx. = 198 m^2) y superficie de parcela
705 $215 \text{ m}^2 \pm 6$ ($n = 36$; Min. = 100 m^2 , Máx. = 472 m^2). Ambas presentan diferencias
706 significativas entre sí ($F = 49,58$; $p = < 0,0001$). El promedio del porcentaje de
707 superficie de impacto por caída fue $57 \% \pm 2$ ($n = 36$; Min. = 37 %, Máx. = 77 %),
708 arrojando una vinculación inversa con la pendiente del terreno ($+ 66 - 0,54 * \text{pendiente}$
709 (%)) = porcentaje de superficie de impacto por caída; $p = 0,0010$; $R^2 = 28 \%$).

710 En tabla 8 se muestra daños en fuste y copa respecto a variables DAP (cm),
 711 área basal (m² / ha) y densidad (arb / ha), según escala ordinal de tres valoraciones.

712 Tabla 8. Daños DAP (cm), área basal (m² / ha) y densidad (arb / ha). Tranzón 2010.

| Daño | DAP (F) | AB (F) | DN (F) | DAP (C) | AB (C) | DN (C) |
|------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| 0 | 22 ± 1 a | 28 ± 2 b | 588 ± 31 b | 21 ± 1 a | 23 ± 2 b | 530 ± 31 b |
| 1 | 27 ± 2 b | 8 ± 1 a | 120 ± 17 a | 30 ± 2 b | 9 ± 2 a | 102 ± 14 a |
| 2 | 19 ± 2 a | 4 ± 1 a | 132 ± 22 a | 21 ± 1 a | 6 ± 1 a | 165 ± 22 a |
| F | 11,22 | 58,46 | 109,28 | 17,32 | 34,05 | 90,43 |
| p | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |

713 DAP = diámetro a la altura del pecho (cm); AB = área basal (m² / ha); DN =
 714 densidad (arb / ha). F = fuste; C = copa. Para fuste; 0 = sin daño; 1 = daño parcial que
 715 no compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
 716 maderable. Para copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50 %, sin
 717 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
 718 al 50 %, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se
 719 presentan en media ± error estándar.

720 La mayoría de los individuos que componen la parcela no sufre daño alguno
 721 (AB (F) (C); DN (F) (C); Tabla 8). En la misma se observa que los individuos de menor
 722 DAP son los que mayor intensidad de daño sufren tanto en fuste como en copa (DAP
 723 (F) (C); Tabla 8); existiendo una vinculación directa de esta tendencia sobre el área
 724 basal y densidad. En tabla 9 se observa los daños en porcentajes.

725 Tabla 9. Porcentaje de daño según valoración en fuste y copa. Tranzón 2010.

| Daños por caída | Valoración | | Mínimo | | Máximo | |
|------------------|------------|-----------|--------|-------|--------|-------|
| | 2 | 1 y 2 | 2 | 1 y 2 | 2 | 1 y 2 |
| Area basal fuste | 7 ± 1 a | 22 ± 3 ab | 0 | 0 | 27 | 59 |
| Area basal copa | 15 ± 2 bc | 35 ± 3 b | 0 | 3 | 54 | 79 |
| Densidad fuste | 10 ± 2 ab | 21 ± 2 a | 0 | 0 | 31 | 44 |
| Densidad copa | 18 ± 2 c | 29 ± 2 ab | 0 | 6 | 50 | 54 |
| F | 7,41 | 6,90 | | | | |
| P | 0,0002 | 0,0002 | | | | |

726 Porcentaje de daño según compartimento (%). Fuste; 1 = daño parcial que no
 727 compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
 728 maderable. Copa; 1 = daño parcial, entre 25 y 50%, sin comprometer crecimiento,
 729 mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor al 50%, comprometiendo
 730 el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se presentan en media ± error
 731 estándar.

732 En la misma se observa que el compartimento copa presenta mayores
733 porcentajes de daños, existiendo diferencias significativas, tanto para la valoración de
734 mayor intensidad de daño (2) como para el conjunto de ambas (1 y 2) (tabla 9).

735 *Daños según pendiente y DAP de individuos volteados para tronzón 2010*

736 En relación a la influencia que la pendiente natural del terreno y DAP de los
737 individuos volteados tiene sobre daños de impacto por caída a través de modelos de
738 regresión lineal (valoraciones 1 y 2), sólo muestra vinculación directa con la pendiente
739 ($p < 0,05$), las variables densidad fuste (arb / ha), densidad copa (arb / ha), porcentaje
740 daño área basal fuste (%) y porcentaje daño densidad fuste (%).

741 *Alteración de la estructura forestal (%) según motosierrista para tronzón 2010*

742 Los motosierristas no muestran diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$),
743 salvo para las variables área basal fuste (2) y densidad fuste (1 y 2). En el primer caso,
744 Uo se diferencia como el que menor alteración genera ($2 \% \pm 1 a$), seguido por Ma (5
745 $\% \pm 1 ab$) y Rs ($11 \% \pm 3 ab$), y por último Cr quien es el que mayor alteración produce
746 ($12 \% \pm 5 b$) ($F = 3,05$; $p = 0,0425$). En relación a la variable densidad fuste (1 y 2), Uo
747 se diferencia como el que menor alteración genera ($12 \% \pm 4 a$), seguido por Ma (17%
748 $\pm 3 ab$) y Cr ($17 \% \pm 5 ab$), y por último Rs ($30 \% \pm 3 b$) ($F = 3,77$; $p = 0,0202$).

749 *Impacto por arrastre para tronzón 2010*

750 De los treinta y seis (36) árboles con que se trabajó, catorce (14) no se
751 retiraron; y en los casos en que sí fueron, 90 % no registró rollizos secundarios

752 La superficie de impacto por arrastre promedio fue $32 \text{ m}^2 \pm 6$ ($n = 22$, Min. = 1
753 %, Máx. = 85 %), con una longitud promedio de $18,6 \text{ m} \pm 2,8$ ($n = 22$; Min. = 0,9 m,
754 Máx. = 42,2 m) y ancho promedio de $1,6 \text{ m} \pm 0,1$ ($n = 22$; Min. = 0,8 m, Máx. = 2,0 m).
755 En tabla 10 se observa que en el trayecto del arrastre, la base de los individuos
756 adyacentes es el compartimento que más daño sufre, principalmente en aquellos
757 mayores a 20 cm de DAP ($p=0,0363$).

758 Tabla 10. Daños (1 y 2) arrastre c / 100 m, según sean individuos > o < a 20 cm DAP.

| Daño por arraste | n | Media ± EE | Mínimo | Máximo |
|-------------------|----|-------------|--------|--------|
| < 20 cm DAP Base | 22 | 3,3 ± 1,0 a | 0,0 | 12,9 |
| < 20 cm DAP Fuste | 22 | 0,2 ± 0,2 a | 0,0 | 3,8 |
| > 20 cm DAP Base | 22 | 9,7 ± 5,1 a | 0,0 | 111,1 |
| > 20 cm DAP Fuste | 22 | 0,3 0,3 a | 0,0 | 6,5 |
| F | | 2,97 | | |
| P | | 0,0363 | | |

759 Árboles dañados por arrastre (valoraciones 1 y 2) cada 100 m según
 760 compartimento base o fuste en individuos adyacentes al trayecto, sean éstos menores
 761 (<) o mayores (>) a 20 cm de DAP. 1 = daño parcial que no compromete formación
 762 maderable; 2 = daño grave que compromete formación maderable Los valores se
 763 presentan en media ± error estándar.

764 En relación a la densidad se observa la misma tendencia, donde la alteración
 765 promedio en la base de individuos menores a 20 cm DAP es 35 % ± 10 (n = 22, Min. =
 766 0 %, Máx. = 100 %) y para mayores de 20 cm DAP es 44 % ± 10 (n = 22, Min. = 1 %,
 767 Máx. = 100 %) (Valoraciones 1 y 2). Los modelos de regresión lineal muestran que no
 768 existe influencia de la pendiente natural de terreno, ni DAP de individuos volteados,
 769 sobre daños por arrastre (p > 0,05), salvo en la variable Densidad en Base de
 770 individuos mayores a 20 cm DAP, donde se tiende a una significancia (p = 0,0654).

771 *Impacto sobre sotobosque para tranzón 2010*

772 En tabla 11 se observa los porcentajes de cobertura de sotobosque según
 773 método Braun-Blanquet sea suelo desnudo, residuos y vegetación. Esta última se
 774 disgrega en monocotiledóneas, dicotiledóneas, pteridófitas y musgos.

775 Tabla 11. Impacto sobre sotobosque según método Braun-Blanquet.

| Momento | n | BBVeg | BBSd | BBRes | BBMon | BBDic | BBPtef | BBMus |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Pre-Vlt | 36 | 63 ± 3 b | 12 ± 2 a | 25 ± 2 a | 21 ± 2 b | 31 ± 2 b | 6 ± 1 a | 5 ± 1 a |
| Post-Vlt | 22 | 41 ± 2 a | 25 ± 1 b | 34 ± 2 b | 13 ± 1 a | 20 ± 1 a | 4 ± 1 a | 4 ± 1 a |
| F | | 29,31 | 24,05 | 8,13 | 14,36 | 25,14 | 2,50 | 1,25 |
| P | | <0,0001 | <0,0001 | 0,0061 | 0,0004 | <0,0001 | 0,1198 | 0,2678 |

776 Porcentaje de cobertura de suelo (%) según el método Braun-Blanquet. Pre-Vlt
 777 = pre-volteo; Post-Vlt = post-volteo. BBVeg = vegetación (%); BBSd = suelo desnudo
 778 (%); BBRes = residuos (%); BBMon = monocotiledóneas (%); BBDic = dicotiledóneas
 779 (%); BBPtef = pteridófitas (%); BBMus = musgos (%). Los valores se presentan en
 780 media ± error estándar.

781 Existen diferencias significativas entre porcentajes de cobertura según
782 momento de muestra, observándose un aumento del suelo desnudo y residuos en
783 detrimento de la vegetación en un 22 %, monocotiledóneas y dicotiledóneas
784 principalmente. Esto puede responder simplemente al cambio estacional, sin encontrar
785 vinculación directa con operaciones de aprovechamiento forestal. Los modelos de
786 regresión lineal no vinculan la pendiente del terreno a cambios en coberturas en
787 sotobosque ($p > 0,05$).

788 *Impacto por caída para tronzón 2011*

789 La superficie de impacto por caída promedio fue $132 \text{ m}^2 \pm 9$ ($n = 46$; Min. = 36
790 m^2 , Máx. = 300 m^2) y superficie de impacto secundaria $69 \text{ m}^2 \pm 12$ ($n = 46$; Min. = 54
791 m^2 , Máx. = 198 m^2). Ambas presentan diferencias significativas entre sí ($F = 17,85$; $p =$
792 $< 0,0001$). La superficie de impacto por caída no muestra diferencias significativas
793 entre tronzones ($F = 1,25$; $p = 0,2660$) (ver mapa 2, anexo mapas). A diferencia del
794 tronzón anterior, el correspondiente al año 2011 la metodología se concentró en
795 evaluar la alteración de la estructura forestal de especies maderables dentro de las
796 superficies de impacto por caída segregadas (de impacto e impacto secundaria), razón
797 por la cual no es factible comparar la alteración en ambos tronzones. En tabla 13 se
798 muestra daños en fuste y copa dentro de la superficie de impacto respecto a las
799 variables DAP (cm), área basal (m^2 / ha) y densidad (arb / ha), según escala ordinal de
800 tres valoraciones. La composición de especies maderables fue: afata (*C. trichotoma*),
801 cebil colorado (*A. colubrina*), lanza blanca (*P. americana*), lapacho amarillo (*H.*
802 *lapacho*), laurel blanco (*N. cuspidata*) y tipa blanca (*T. tipu*).

803

804

805

806 Tabla 12. Daños según DAP (cm), área basal (m² / ha) y densidad (arb / ha). Especies
807 maderables en superficie de impacto por caída. Tranzón 2011.

| Daño | DAP (F) | AB (F) | DN (F) | DAP (C) | AB (C) | DN (C) |
|------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| 0 | 32 ± 2 a | 9 ± 2 a | 113 ± 13 a | 34 ± 3 a | 9 ± 2 a | 106 ± 14 a |
| 1 | 45 ± 4 a | 15 ± 5 a | 90 ± 12 a | 35 ± 4 a | 11 ± 3 a | 114 ± 16 a |
| 2 | 34 ± 4 a | 14 ± 7 a | 159 ± 62 a | 34 ± 4a | 14 ± 7 a | 144 ± 64 a |
| F | 1,90 | 0,62 | 0,80 | 0,06 | 0,35 | 0,37 |
| P | 0,1726 | 0,5454 | 0,4597 | 0,9398 | 0,7095 | 0,6938 |

808 DAP = diámetro a la altura del pecho (cm); AB = área basal (m² / ha); DN =
809 densidad (arb / ha). F = fuste; C = copa. Para fuste; 0 = sin daño; 1 = daño parcial que
810 no compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
811 maderable. Para copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50%, sin
812 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
813 al 50%, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se
814 presentan en media ± error estándar.

815 En lo que a superficie de impacto corresponde, se observa que en las variables
816 área basal (m² / ha) y densidad (arb / ha) muestran que la gran mayoría de las
817 existencias maderables dentro de la misma sufren daños, con la tendencia a que los
818 mismos están vinculados el tamaño de los individuos, siendo los de menores DAP los
819 más afectados y copa el compartimento más dañado (DAP (F) (C); tabla 12).

820 En tabla 13 se muestra daños en fuste y copa dentro de la superficie de
821 impacto secundaria respecto a las variables DAP (cm), área basal (m² / ha) y densidad
822 (arb / ha), según escala ordinal de tres valoraciones. La composición de especies
823 maderables fue: afata (*C. trichotoma*); cebil colorado (*A. colubrina*), cedro (*C.*
824 *balansae*), lanza blanca (*P. americana*), lapacho amarillo (*H. lapacho*), laurel blanco
825 (*N. cuspidata*), tipa blanca (*T. tipu*), palo blanco (*C. multiflorum*) y vivaró (*P. nitens*).

826 Tabla 13. Daños según DAP (cm), área basal (m² / ha) y densidad (arb / ha). Especies
827 maderables en superficie de impacto secundaria por caída. Tranzón 2011.

| Daño | DAP (F) | AB (F) | DN (F) | DAP (C) | AB (C) | DN (C) |
|------|----------|----------|------------|-----------|----------|------------|
| 0 | 34 ± 2 a | 21 ± 4 a | 240 ± 33 a | 32 ± 2 a | 21 ± 4 a | 240 ± 33 a |
| 1 | 20 ± 0 a | 2 ± 0 a | 78 ± 0 a | 38 ± 10 a | 9 ± 4 a | 61 ± 17 a |
| 2 | 26 ± 3 a | 8 ± 0 a | 181 ± 55 a | 25 ± 3 a | 8 ± 0 a | 202 ± 66 a |
| F | 2,15 | 1,60 | 0,73 | 1,52 | 1,35 | 1,80 |
| P | 0,1349 | 0,2199 | 0,4904 | 0,2357 | 0,2759 | 0,1837 |

828 DAP = diámetro a la altura del pecho (cm); AB = área basal (m² / ha); DN =
829 densidad (arb / ha). F = fuste; C = copa. Para fuste; 0 = sin daño; 1 = daño parcial que
830 no compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
831 maderable. Para copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50%, sin

832 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
833 al 50%, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se
834 presentan en media \pm error estándar.

835 En superficie de impacto secundaria, más allá que no existan diferencias
836 significativas, se observa la misma tendencia que sucede en tranzón correspondiente
837 al año 2010, donde la contemplación de áreas no alcanzadas por el impacto atenúa la
838 dimensión de los daños. Esto es, la gran mayoría de los individuos no sufre daño
839 alguno (AB (F) (C); tabla 13) y de las existencias dañadas, los de menor tamaño, con
840 mayor intensidad (DAP (F) (C); Tabla 13)), siendo la copa el compartimento más
841 dañado (DN (F) (C); Tabla 13). Lo anterior se ratifica al comparar las medias de la
842 misma valoración (0, 1 y 2) para las tres variables entre ambas superficies de impacto
843 segregadas (de impacto e impacto secundaria). Las únicas que presentan diferencias
844 significativas, tanto para el compartimento fuste como copa, son la valoración 0 (Sin
845 daño) en área basal y densidad. En fuste, el área basal no dañado es
846 significativamente superior en superficie de impacto secundaria que en superficie de
847 impacto propiamente dicho ($21 \text{ m}^2 / \text{ha} \pm 4 \text{ b}$; $9 \text{ m}^2 / \text{ha} \pm 2 \text{ a}$) ($F = 5,86$; $p = 0,0202$).
848 Sucede similar tendencia en densidad ($240 \text{ arb} / \text{ha} \pm 33 \text{ b}$; $113 \text{ arb} / \text{ha} \pm 13 \text{ a}$) ($F =$
849 $9,05$; $p = 0,0046$). En copa ocurre el mismo comportamiento donde el área basal no
850 dañada es significativamente superior en la superficie de impacto secundaria ($21 \text{ m}^2 /$
851 $\text{ha} \pm 4 \text{ b}$; $9 \text{ m}^2 / \text{ha} \pm 2 \text{ a}$) ($F = 4,21$; $p = 0,0476$), como en la variable densidad (240 arb
852 $/ \text{ha} \pm 33 \text{ b}$; $106 \text{ arb} / \text{ha} \pm 14 \text{ a}$) ($F = 8,16$; $p = 0,0071$). Cuando la alteración de la
853 estructura forestal se formula en porcentil se observa con mayor claridad que la gran
854 mayoría de las existencias dentro de la superficie de impacto sufren daños, siendo el
855 compartimento copa el más afectado (tablas 14 y 15).

856

857

858 Tabla 14. Porcentaje de daños según área basal (%). Tranzón 2011.

| | n | AB Fuste (2) | AB Fuste (1y2) | AB Copa (2) | AB Copa (1y2) |
|-----------------|----|--------------|----------------|-------------|---------------|
| S. Impacto | 22 | 24 ± 8 a | 38 ± 10 b | 30 ± 9 b | 55 ± 10 b |
| S.I. Secundaria | 28 | 13 ± 6 a | 14 ± 6 a | 10 ± 5 a | 16 ± 6 a |
| F | | 1,20 | 4,65 | 4,06 | 11,76 |
| P | | 0,2779 | 0,0360 | 0,0494 | 0,0013 |

859 S. Impacto = superficie de impacto. S.I. Secundaria = superficie de impacto
 860 secundaria. AB = área basal (%). Para fuste; 0 = sin daño; 1 = daño parcial que no
 861 compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
 862 maderable. Para copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50 %, sin
 863 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
 864 al 50 %, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se
 865 presentan en media ± error estándar.

866 Tabla 15. Porcentaje de daños según densidad (%). Tranzón 2011.

| | n | DN Fuste (2) | DN Fuste (1y2) | DN Copa (2) | DN Copa (1y2) |
|-----------------|----|--------------|----------------|-------------|---------------|
| S. Impacto | 22 | 24 ± 8 a | 38 ± 10 b | 29 ± 9 a | 54 ± 10 b |
| S.I. Secundaria | 28 | 14 ± 6 a | 15 ± 6 a | 11 ± 5 a | 17 ± 6 a |
| F | | 0,96 | 4,11 | 3,33 | 11,19 |
| P | | 0,3316 | 0,0483 | 0,0744 | 0,0016 |

867 S. Impacto = superficie de impacto. S.I. Secundaria = superficie de impacto
 868 secundaria. DN = densidad (%). Para fuste; 0 = sin daño; 1 = daño parcial que no
 869 compromete formación maderable; 2 = daño grave que compromete formación
 870 maderable. Para copa; 0 = sin daño; 1 = daño parcial, entre 25 y 50 %, sin
 871 comprometer crecimiento, mostrando capacidad de resiliencia; 2 = daño grave, mayor
 872 al 50 %, comprometiendo el crecimiento hasta ser irreversible. Los valores se
 873 presentan en media ± error estándar.

874 Tanto en área basal como densidad se presenta el mismo comportamiento en
 875 superficie de impacto. El 24 % de las existencias maderables presenta daños
 876 comprometiendo la formación maderable en fuste y 30 % de daños graves en el
 877 compartimento copa. Cuando se incluyen los daños de menor intensidad, con
 878 capacidad de resiliencia, el impacto alcanza el 38 % en fuste y 55 % en copa. Salvo en
 879 la valoración de mayor daño en fuste (2), la tendencia es que los daños presenten
 880 diferencias significativas entre las superficies de impacto (tabla 15). Los modelos de
 881 regresión lineal no vinculan la pendiente del terreno ni DAP de los individuos
 882 volteados, al porcentaje de daños de impacto por caída en fuste y copa en ninguna de
 883 las dos superficies; a la vez que no existen diferencias significativas en la alteración de
 884 la estructura forestal entre los motosierristas operando ($p > 0,05$).

885 **Caminos, vías de saca y canchones**

886 *Camino Principal Unitario para tranzón 2010*

887 En tranzón 2010 la longitud del tramo medido fue de 6.009 m (6 km). Pendiente
888 longitudinal promedio $8 \% \pm 0,3$ ($n = 93$; Min. = 2 %, Máx. = 15 %), siendo el 20 % ($n =$
889 19, $N = 93$) de los puntos medidos, superiores a 10 % de pendiente longitudinal.
890 Ancho promedio $6,6 \text{ m} \pm 0,2$ ($n = 93$; Min. = 4,2 m, Máx. = 11,8 m). Se midieron diez
891 (10) canchones durante el tramo transitado, siendo uno (10 %) mayor a 900 m^2 y la
892 superficie promedio de los mismos $672 \text{ m}^2 \pm 62$ ($n = 10$; Min. = 489 m^2 , Máx. = 1.170
893 m^2). La totalidad del los canchones menores a 900 m^2 estaban al borde del camino
894 principal, presentando un ensanchamiento del mismo, con distanciamiento medio de
895 $584 \text{ m} \pm 99$ ($n = 9$; Min. = 184 m, Máx. = 888 m) (ver mapa 3, anexo mapas).

896 *Área piloto seleccionada para tranzón 2010*

897 En tranzón 2010 la superficie del área seleccionada fue $1.260.547 \text{ m}^2$ (126 ha).
898 Dentro de la misma, longitud del camino principal medido fue 1.577 m (1,6 km),
899 presentando pendiente longitudinal promedio $8 \% \pm 0,4$ ($n = 23$; Min. = 5 %, Máx. = 14
900 %) y 17 % ($n = 4$, $N = 23$) de los puntos medidos superiores al 10 % de pendiente
901 longitudinal. Ancho promedio $5,9 \text{ m} \pm 0,2$ ($n = 23$; Min. = 4,9 m, Máx. = 8,2 m).
902 Superficie del Camino Principal dentro del Area seleccionada 9.304 m^2 (1 ha).
903 Pendiente longitudinal promedio no presentó diferencias significativas entre camino
904 principal dentro del área seleccionada y el CP Unitario ($F = 0,20$; $p = 0,6566$). Ancho
905 promedio presentó diferencias significativas entre Caminos ($F = 4,57$; $p = 0,0346$).

906 Dentro del área piloto se encontraron veintidós (22) vías de saca y arrastre, en
907 adelante picadas, de longitud promedio $184 \text{ m} \pm 41$ ($n = 22$; Min. = 20 m, Máx. = 632
908 m), siendo sumatoria de longitudes 4.044 m (4 km). La pendiente longitudinal
909 promedio para picadas fue de $18 \% \pm 0,8$ ($n = 101$; Min. = 1 %, Máx. = 40 %), donde el
910 31 % ($n = 31$; $N = 101$) de los puntos, superaban el 20 % de pendiente longitudinal. El

911 ancho promedio de las picadas dentro del area seleccionada fue $4,7 \text{ m} \pm 0,1$ ($n = 101$;
912 Min. = 2,9 m, Máx. = 8,9 m). Superficie total de picadas 19.007 m^2 (2 ha).

913 De la comparación entre todos los puntos correspondientes a caminos
914 principales, tanto Camino Principal Unitario como al correspondiente dentro del área
915 seleccionada, muestra que la pendiente longitudinal promedio es $8 \% \pm 0,3$ ($n = 116$;
916 Min. = 2 %, Máx. = 15 %), siendo significativas las diferencias con la pendiente
917 longitudinal promedio de las Picadas ($F = 132,65$; $p = < 0,0001$). En el caso del ancho,
918 el promedio $6,5 \text{ m} \pm 0,1$ ($n = 116$; Min. = 4,2 m, Máx. = 11,8 m) también presenta
919 diferencias significativas con el ancho promedio de Picadas ($F = 94,73$; $p = < 0,0001$).

920 La densidad lineal de caminos para el área seleccionada del tranzón 2010
921 corresponde a $45 \text{ m} / \text{ha}$, ocupando la red de caminos una superficie de 28.311 m^2 (3
922 ha). La densidad superficial de caminos es $225 \text{ m}^2 / \text{ha}$ y el porcentaje de impacto por
923 red de caminos del 2 %. Se midieron cinco (5) canchones dentro del área
924 seleccionada, siendo uno (20 %) mayor a 900 m^2 . La superficie promedio de los
925 mismos fue $760 \text{ m}^2 \pm 191$ a ($n = 5$; Min. = 159 m^2 , Máx. = 1.343 m^2). No presentan
926 diferencias significativas con la superficie promedio con los correspondientes al
927 Camino Principal Unitario ($F = 0,31$; $p = 0,5857$). De la totalidad del los canchones
928 menores a 900 m^2 , los mismos estaban al borde del camino principal presentando un
929 ensanchamiento del mismo, con distanciamiento medio de $545 \text{ m} \pm 215$ ($n = 4$; Min. =
930 88 m , Máx. = 1.127 m), no siendo significativo con el distanciamiento en el Camino
931 Principal Unitario ($F = 0,03$; $p = 0,8593$). Esto arroja un área de bosque por canchón
932 de 25 ha y 30 m^2 de canchón por ha. La totalidad de las canchones suman 3.803 m^2
933 ($0,4 \text{ ha}$), que juntos con la superficie de la red de caminos, abarcan 32.115 m^2 (3,2 ha),
934 representando el 3 % del área seleccionada. Según registros se voltearon 130 árboles,
935 que multiplicados por la superficie de impacto por caída promedio ($120 \text{ m}^2 \pm 6$; ver
936 *impacto por caída para tranzón 2010*) arroja una superficie total 15.600 m^2 . Esto

937 último, sumado a la superficie de la red caminos y canchones, arroja una superficie de
938 47.715 m², siendo una densidad de 379 m² / ha, representando el 4 % el porcentaje de
939 impacto por operaciones de aprovechamiento forestal (ver mapa 3, anexo mapas).

940 *Camino Principal Unitario para tranzón 2011*

941 En tranzón 2011 la longitud del tramo medido fue 4.235 m (4 km). Pendiente
942 longitudinal promedio 7 % ± 0,5 (n = 52; Min. = 1 %, Máx. = 15 %), siendo el 23 % (n =
943 12, N = 52) de los puntos medidos, superiores al 10 % de pendiente longitudinal. La
944 pendiente transversal, tanto en plano izquierdo como derecho, fue 2 % ± 0,3 (n = 10;
945 Min. = 1 %, Máx. = 3 %). Ancho promedio de camino 8,3 m ± 0,3 (n = 52; Min. = 4,7 m,
946 Máx. = 14,6 m). Se midieron dos (2) canchones durante el tramo transitado, siendo
947 sólo uno (50 %), mayor a 900 m² y superficie promedio de los mismos 885 m² ± 269 (n
948 = 2; Min. = 616 m², Máx. = 1.153 m²). El canchón menor a 900 m² se encontró al borde
949 del camino principal como un ensanchamiento del mismo y el distanciamiento entre
950 ambos canchones fue de 350 m (ver mapa 4, anexo mapas).

951 *Area piloto seleccionada para tranzón 2011*

952 En tranzón 2011 la superficie del área seleccionada fue 310.317 m² (31 ha).
953 Longitud del camino principal dentro de la misma fue 784 m (0,8 km), presentando una
954 pendiente longitudinal promedio de 6 % ± 1,0 (n = 13; Min. = 1 %, Máx. = 11 %) y el 31
955 % (n = 4; N = 13) de los puntos medidos, superiores al 10 % de pendiente longitudinal.
956 Ancho promedio del camino principal dentro del area seleccionada fue 10,8 m ± 0,6 (n
957 = 13; Min. = 6,9 m, Máx. = 15,2 m), razón por la cual la superficie de 8.467 m² (1 ha).
958 Pendiente longitudinal promedio no presentó diferencias significativas entre camino
959 principal dentro del área seleccionada y el Camino Principal Unitario (F = 0,87; p =
960 0,3536). Ancho promedio entre ambos caminos principales sí mostraron diferencias
961 significativas (F = 11,05; p = 0,0015). Dentro del área piloto se encontraron doce (12)
962 vías de saca y arrastre, en adelante picadas, de longitud promedio 48 m ± 18 (n = 12;

963 Min. = 1 m, Máx. = 224 m), siendo sumatoria de longitudes 571 m (0,6 km). Pendiente
964 longitudinal promedio para picadas fue $15 \% \pm 1,5$ ($n = 22$; Min. = 3 %, Máx. = 29 %),
965 donde el 23 % ($n = 5$; $N = 22$) de los puntos correspondientes a Picadas, superaban el
966 20 % de pendiente longitudinal. Ancho promedio de las picadas dentro del area
967 seleccionada fue $5,2 \text{ m} \pm 0,2$ ($n = 22$; Min. = 3,5 m, Máx. = 7,2 m), razón por la cual
968 superficie de las mismas corresponde a 2.969 m^2 (0,3 ha). De la comparación entre
969 todos los puntos correspondientes a caminos principales, tanto Camino Principal
970 Unitario como al correspondiente dentro del área seleccionada, muestra que la
971 pendiente longitudinal promedio $7 \% \pm 0,4$ a ($n = 65$; Min. = 1 %, Máx. = 15 %), siendo
972 significativas las diferencias con la pendiente longitudinal promedio de las Picadas ($F =$
973 $62,4$; $p = < 0,0001$). Lo mismo ocurre con el ancho promedio $8,8 \text{ m} \pm 0,3$ ($n = 65$; Min.
974 = $4,7 \text{ m}$, Máx. = $15,2 \text{ m}$) para caminos principales, presentando diferencias
975 significativas con el ancho promedio de picadas ($F = 42,26$; $p = < 0,0001$).

976 La densidad lineal de caminos para el área seleccionada del tranzón 2011
977 corresponde a $44 \text{ m} / \text{ha}$, ocupando la red de caminos una superficie de 11.436 m^2 (1,1
978 ha). La densidad superficial de caminos es $369 \text{ m}^2 / \text{ha}$ y el porcentaje de impacto por
979 red de caminos del 4 %. Se midió un (1) sólo canchón dentro del área seleccionada,
980 siendo menor a 900 m^2 . La superficie del mismo fue 642 m^2 (0,06 ha). Esto arroja un
981 área de bosque por canchón de 31 ha y 20 m^2 de canchón por ha. El canchón junto a
982 la superficie de la red de caminos abarcan 12.078 m^2 (1,2 ha), representando el 4 %
983 del área seleccionada. Según registros se voltearon 134 árboles, que multiplicados por
984 la superficie de impacto por caída promedio ($132 \text{ m}^2 \pm 9$; ver *impacto por caída para*
985 *tranzón 2011*) arroja una superficie total de 17.688 m^2 . Esto último sumado a la
986 superficie de la red caminos y canchones, arroja una superficie de 29.766 m^2 , siendo
987 una densidad de $960 \text{ m}^2 / \text{ha}$, representando el 10 % del area piloto seleccionada, el

988 porcentaje de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal (ver mapa 4,
989 anexo mapas).

990 *Comparación de caminos y picadas entre tranzones*

991 Todas las variables entre tranzones presentan diferencias significativas, menos
992 pendiente longitudinal promedio de picadas. De los tramos medidos de Camino
993 Principal Unitario para ambos tranzones, pendiente longitudinal promedio presenta
994 diferencias significativas ($F = 4,10$; $p = 0,0448$), así como ancho promedio ($F = 26,84$;
995 $p = < 0,0001$). El mismo comportamiento sucede entre caminos principales dentro del
996 área piloto seleccionada, donde las diferencias son significativas para pendiente
997 longitudinal promedio ($F = 6,81$; $p = 0,0134$) y ancho promedio ($F = 103,79$; $p <$
998 $0,0001$) entre tranzones. En relación a las picadas dentro de las áreas seleccionadas
999 en ambos tranzones, la longitud promedio presenta diferencias significativas ($F = 5,61$;
1000 $p = 0,0240$), así como el ancho de las mismas ($F = 3,98$; $p = 0,0482$). Pendiente
1001 longitudinal promedio de Picadas entre tranzones no presentan diferencias
1002 significativas ($F = 1,28$; $p = 0,2604$) (ver mapa 3 y 4, anexo mapas).

1003 **Eficiencia del Aprovechamiento Forestal**

1004 Ante las inconsistencias entre las estimaciones de volumen de fuste sin corteza
1005 a partir de las ecuaciones realizadas por Sevola (1975) y los registros de trozas
1006 medidas en canchón a las que se tuvieron acceso, se decidió estructurar los
1007 resultados según estado (I, II, III y IV) en función de las ecuaciones de volumen; y las
1008 estimaciones de volumen de madera perdida en tocón, sobre el registro de cubicación.

1009 *Tranzón 2010*

1010 Del área piloto seleccionada tranzón 2010, el volumen de madera no cortado (I)
1011 fue 244 m^3 ($n = 241$; 67 %; volumen fuste medio = $1,01 \text{ m}^3 \pm 0,02 \text{ a}$; Min. = $0,54 \text{ m}^3$,
1012 Máx. = $2,18 \text{ m}^3$), volumen de madera cortado y no arrastrado (II) 31 m^3 ($n = 31$; 8 %;
1013 volumen fuste medio = $0,98 \text{ m}^3 \pm 0,08 \text{ a}$; Min. = $0,55 \text{ m}^3$, Máx. = $2,15 \text{ m}^3$), volumen de

1014 madera arrastrado y abandonado en canchón (III) 21 m³ (n = 20; 6 %; volumen fuste
 1015 medio = 1,03 m³ ± 0,09 a; Min. = 0,55 m³, Máx. = 1,87 m³), volumen de madera en vías
 1016 de transformación mecánica en aserradero (IV) 71 m³ (n =79; 19 %; volumen fuste
 1017 medio = 0,90 m³ ± 0,03 a; Min. = 0,47 m³, Máx. = 1,79 m³), sin presentar diferencias
 1018 significativas entre volumen fuste medio según estado (F = 2,37; p = 0,07).

1019 En tabla 16 se observa volumen de madera según estado expresado por área,
 1020 densidad lineal y superficial de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal
 1021 correspondiente al tranzón del año 2010 (ver mapa 7, anexo mapas).

1022 Tabla 16. Volumen según estado por unidad lineal y superficial. Tranzón 2010.

| Volumen | Área | DN Lineal | DN Superficie | DN Impacto |
|---------|------|-----------|---------------|------------|
| I | 1,94 | 5,42 | 1,08 | 0,64 |
| II | 0,25 | 0,69 | 0,14 | 0,08 |
| III | 0,17 | 0,47 | 0,09 | 0,06 |
| IV | 0,56 | 1,58 | 0,32 | 0,19 |

1023 I = volumen de madera no cortado; II = volumen de madera cortado y no
 1024 arrastrado; III = volumen de madera arrastrado y abandonado en canchón; IV =
 1025 volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero. Area =
 1026 superficie del área piloto seleccionada (m² / ha); DN Lineal = densidad lineal de
 1027 caminos (m³ / m / ha); DN Superficie = densidad superficie de caminos (m³ / m² / ha);
 1028 DN = densidad superficie de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal (m³
 1029 / m² / ha).

1030 En tabla 17 se observa segregación de volumen de madera según estado por
 1031 especies marcadas correspondientes al tranzón 2010 (ver mapa 5, anexo mapas).

1032 Tabla 17. Volumen según estado segregado por especies. Tranzón 2010.

| Especie | n | I | II | III | IV |
|------------------|-----|-----|----|-----|----|
| Cebil | 303 | 201 | 26 | 13 | 54 |
| Cedro | 33 | 19 | 2 | 2 | 8 |
| Horco Cebil | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| Lanza Blanca | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Lapacho Amarillo | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 |
| Lapacho Rosado | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Laurel Blanco | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| Pacara | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Quina Colorada | 16 | 12 | 0 | 0 | 1 |
| Urundel | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |

1033 I = volumen de madera no cortado (m³); II = volumen de madera cortado y no
 1034 arrastrado (m³); III = volumen de madera arrastrado y abandonado en canchón (m³); IV
 1035 = volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero (m³).

1036 *Tranzón 2011*

1037 Del área piloto seleccionada tranzón 2011, volumen de madera no cortado (I)
1038 fue 153 m³ (n = 108; 45 %; volumen fuste medio = 1,42 m³ ± 0,04 ab; Min. = 0,75 m³,
1039 Máx. = 3,43 m³), volumen de madera cortado y no arrastrado (II) 85 m³ (n = 57; 25 %;
1040 volumen fuste medio = 1,50 m³ ± 0,06 b; Min. = 0,95 m³, Máx. = 3,14 m³), volumen de
1041 madera arrastrado y abandonado en canchón (III) 29 m³ (n = 23; 8 %; volumen fuste
1042 medio = 1,27 m³ ± 0,06 a; Min. = 0,95 m³, Máx. = 2,33 m³), volumen de madera en vías
1043 de transformación mecánica en aserradero (IV) 76 m³ (n =54; 22 %; volumen fuste
1044 medio = 1,40 m³ ± 0,05 ab; Min. = 0,90 m³, Máx. = 2,93 m³), sin presentar diferencias
1045 significativas los volumen fuste medio según estado (F = 1,87; p = 0,1346).

1046 En tabla 18 se observa volumen de madera según estado expresado por área,
1047 densidad lineal y superficial de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal
1048 correspondiente al tranzón del año 2011 (ver mapa 8, anexo mapas).

1049 **Tabla 18. Volumen según estado por unidad lineal y superficial. Tranzón 2011.**

| Volumen | Area | DN Lineal | DN Superficie | DN Impacto |
|---------|------|-----------|---------------|------------|
| I | 4,94 | 3,48 | 0,41 | 0,16 |
| II | 2,74 | 1,93 | 0,23 | 0,09 |
| III | 0,94 | 0,66 | 0,08 | 0,03 |
| IV | 2,45 | 1,72 | 0,21 | 0,08 |

1050 I = volumen de madera no cortado; II = volumen de madera cortado y no
1051 arrastrado; III = volumen de madera arrastrado y abandonado en canchón; IV =
1052 volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero. Area =
1053 superficie del área piloto seleccionada (m² / ha); DN Lineal = densidad lineal de
1054 caminos (m³ / m / ha); DN Superficie = densidad Superficie de caminos (m³ / m² / ha);
1055 DN = densidad superficie de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal (m³
1056 / m² / ha).

1057 En tabla 19 se observa segregación de volumen de madera según estado por
1058 especies marcadas correspondientes al tranzón 2011 (ver mapa 6, anexo mapas).

1059

1060

1061

1062 Tabla 19. Volumen según estado segregado por especies. Tranzón 2011.

| Especie | n | I | II | III | IV |
|----------------|-----|-----|----|-----|----|
| Afata | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Cebil | 220 | 127 | 78 | 27 | 72 |
| Cedro | 6 | 4 | 0 | 2 | 2 |
| Laurel | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Quina Colorada | 10 | 10 | 7 | 0 | 2 |
| Tipa Blanca | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Urundel | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 |

1063 I = volumen de madera no cortado (m³); II = volumen de madera cortado y no
 1064 arrastrado (m³); III = volumen de madera arrastrado y abandonado en canchón (m³); IV
 1065 = volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero (m³).

1066 Se observa en ambos tranzones bajo volumen de madera por unidad lineal y
 1067 superficial (tablas 16 y 18) y la preponderancia de cebil (*A. colubrina*) en la
 1068 composición de especies marcadas (tablas 17 y 19).

1069 *Tasa de eficiencia del volteo y arrastre*

1070 La tasa de eficiencia del volteo, volumen de madera en vías de transformación
 1071 mecánica en aserradero sobre el volumen de madera total volteado, fue del 58 % en
 1072 2010 y 40 % para 2011. La tasa de volumen en vías de transformación mecánica en
 1073 aserradero sobre el volumen marcado fue del 19 % en 2010 y 22 % para 2011. La tasa
 1074 de la eficiencia en el arrastre, volumen de madera arrastrado sobre el total volteado,
 1075 fue del 75 % para 2010 y 55 % para 2011. De la distancia promedio de arrastre para
 1076 los individuos de categorías III y IV según mapas confeccionados por SIG, arroja una
 1077 distancia promedio de 360 m ± 22 a (n = 55; Min. = 45 m, Máx. = 615 m) para el
 1078 tranzón correspondiente al año 2010, y 243 m ± 12 b (n = 77; Min. = 11 m, Máx. = 547
 1079 m) para 2011, siendo las diferencias entre ambas significativas (F = 24,39; p = 0,0001)
 1080 (ver mapas 9 y 10, anexo mapas).

1081 *Volumen de madera perdida en tocón según el volumen de las trozas medidas*
 1082 *en canchón*

1083 El modelo de regresión lineal $-0,14 + 0,0043 * DAP =$ volumen de madera
 1084 perdida en tocón (n = 82; F = 66,74; p = <0,0001; R² = 45 %), muestra para el tranzón

1085 2010 un volumen promedio de $0,07 \text{ m}^3 \pm < 0,01$ ($n = 79$; Min. = $0,05 \text{ m}^3$, Máx. = $0,18$
1086 m^3); representando un $8 \% \pm 0,19$ ($n = 79$; Min. = 5% , Máx. = 13%) de madera
1087 perdida en relación a los volúmenes de las trozas medidas en canchón (IV). Para el
1088 tranzón 2011 el volumen en tocón promedio fue $0,10 \text{ m}^3 \pm < 0,00$ ($n = 54$; Min. = $0,07$
1089 m^3 , Máx. = $0,22 \text{ m}^3$); representando el $8 \% \pm 0,44$ ($n = 54$; Min. = 3% , Máx. = 21%) de
1090 madera según trozas medidas en canchón (IV). Volumen de madera perdido en tocón
1091 presenta diferencias significativas entre tranzones ($F = 44,83$; $p = < 0,0001$), no
1092 siendo así en el caso del porcentaje de volumen perdido en tocón según trozas
1093 medidas en canchón ($F = < 0,0001$; $p = 0,9932$) (ver mapas 11, anexo mapas).

1094 **DISCUSIÓN**

1095 **Planificación del Aprovechamiento**

1096 El presente trabajo representa la última etapa de la planificación de las
1097 operaciones de aprovechamiento forestal, para evaluar y definir mejoras, al servicio de
1098 los responsables del trazado estratégico del mismo, en un sentido restringido de
1099 gestión de conocimiento forestal (Sánchez de Puerta 1996). La discusión de los
1100 resultados se estructura según criterios del Código FAO (1996) para el paradigma de
1101 Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR) según operaciones involucran: ingeniería
1102 de caminos, corta, extracción, carga, transporte, coordinación de fuerza laboral y
1103 evaluación de los resultados en función de lo planificado (FAO 1996; Dykstra 1997;
1104 Heinrich 1997) (ver mapa 11, anexo mapas).

1105 **Ingeniería de caminos**

1106 Los criterios vinculantes se basan en que el diseño y trazado de toda la red de
1107 caminos sea reducido al mínimo posible, a la vez que se garantice el buen
1108 funcionamiento del transporte mayor y menor (Anaya & Chistiansen 1986, FAO 1996).

1109 En Pintascayo, la densidad de red de caminos varía según variable que se
1110 trate. Para densidad lineal prácticamente no existen diferencias; $45 \text{ m} / \text{ha}$ (2010) y 44

1111 m / ha (2011), no siendo así en densidad superficial, 225 m² / ha (2010) (2 % de
1112 ocupación) y 369 m² / ha (2011) (4 % de ocupación). El ancho de plataforma de
1113 camino explica la diferencia significativa. Leckoundzou et al. (2010) encuentran en un
1114 trabajo de evaluación equivalente sobre 50 has de un establecimiento forestal en la
1115 provincia de Guantánamo (Cuba), una densidad lineal de 166 m / ha (17 % de
1116 ocupación), señalando como referencia apropiada una densidad lineal del 66 m / ha
1117 para operaciones en bosques tropicales.

1118 Si se contrasta el volúmen de madera en vías de transformación mecánica (IV)
1119 a razón del área seleccionada, 0,56 m³ / ha (2010) y 2,45 m³ / ha (2011) a partir de la
1120 evaluación en Yungas, en ambos casos se observa que la densidad de caminos
1121 guarda una proporción alta en relación al volumen de madera que se transporta. Pinto
1122 et al. (2002) cita para un trabajo equivalente de evaluación de aprovechamiento
1123 forestal en la región del Amazonas Occidental con manejo forestal sobre un área de
1124 muestreo de 202 ha, con densidad de caminos de 666,47 m² / ha y rendimiento de 18
1125 m³ / ha, contrastando el rendimiento sobre la densidad de caminos arroja un valor de
1126 5,46 m³ / m² / ha. En relación a esta evaluación hecha en Yungas, los valores son 0,32
1127 m³ / m² / ha para 2010 y 0,21 m³ / m² / ha para 2011. La mayor densidad de caminos
1128 hace que el rendimiento de volumen de madera en vías de transformación mecánica
1129 (IV) del año 2011 se diluya respecto al 2010 (tablas 16 y 18) (ver mapa 7, 8 y 11,
1130 anexo mapas).

1131 El contraste señalado anteriormente valoriza la importancia de que el diseño,
1132 trazado y construcción de toda la toda la red sea correctamente dimensionado para
1133 evitar ineficiencias y pérdidas en la productividad. En la bibliografía consultada no hay
1134 acuerdo acerca de los parámetros adecuados, dependiendo mucho de las
1135 características del terreno, métodos y maquinarias que el sistema de aprovechamiento
1136 prevea y si se contempla por caminos no solo a la plataforma sino además a las obras

1137 de drenaje y seguridad. Gayoso & Gayoso (2009) establecen 4 m y FAO (1978) 6 m
1138 aproximadamente, al límite de ancho de plataforma de camino principal para tareas
1139 mecanizadas. Leckoundzou et al. (2010) encuentran en su trabajo de evaluación un
1140 ancho de plataforma promedio de 7,2 m para caminos principales y 4,5 m para
1141 Picadas. Para Pintascayo en 2010, el ancho de calzada fue 6,6 m para Camino
1142 Principal Unitario, 5,9 m de ancho para camino principal dentro del área piloto y 4,7 m
1143 para ancho de Picadas. En 2011 los valores aumentan, siendo 8,3 m, 10,8 m y 5,2 m
1144 respectivamente, todas diferencias significativas que explican las diferencias en las
1145 magnitudes de densidad lineal y superficial de caminos (ver mapa 7, 8 y 11, anexo
1146 mapas).

1147 Otras de las características importantes vinculado al diseño de caminos son las
1148 pendientes longitudinales y transversales (Anaya & Christiansen 1986). Al igual que en
1149 el ancho de plataforma, en la bibliografía consultada no existe acuerdo acerca de una
1150 magnitud de pendiente longitudinal adecuada, resultando límites razonables los 10 %
1151 para caminos principales y 20 % para vías de saca y arrastre (Picadas) (FAO 1978;
1152 Gayoso & Gayoso 2009; GMF 2007; 2010). Este parámetro resulta crítico en los
1153 costos operativos del transporte mayor y menor, así como en el riesgo en intensidad
1154 de procesos erosivos. En Pintascayo los promedios de pendiente longitudinal de los
1155 caminos principales son significativamente mayor en tranzón 2010 (8 %, CP Unitario y
1156 8 % CP área piloto) que en 2011 (7 %, CP Unitario y 6 % CP Area Piloto), no siendo
1157 así en el caso de las Picadas (18 %, 2010; 15 %, 2011). El porcentaje de puntos
1158 superiores al límite de pendiente longitudinal establecido, es para Camino Principal
1159 Unitario similar en ambos casos (20 %, 2010; 23 % 2011), no así dentro de las áreas
1160 pilotos seleccionadas, donde los porcentajes son mayores en tranzón 2010 (17 % CP
1161 área piloto; 31 % picadas) que 2011 (10 % CP área piloto; 23 % picadas). Pendiente

1162 transversal medida en Camino Principal Unitario 2011 respetó los límites establecidos
1163 (ver mapa 3, 4 y 11, anexo mapas).

1164 **Operaciones de corta**

1165 Los criterios vinculantes se basan sobre el control en la direccionalidad de la
1166 caída del árbol apeado, preservación de la seguridad del operario, reducción al mínimo
1167 de daños en madera y estructura forestal circundante y la coordinación con
1168 movimientos de extracción posteriores (FAO 1996, Husqvarna 2004).

1169 En cuanto a control de direccionalidad de la caída del árbol apeado se refiere,
1170 para esta evaluación en Pintascayo se puede hablar de una precariedad técnica en la
1171 ejecución de las operaciones de corta en ambos tranzones. Salvo excepciones, no se
1172 observaron cuñas direccionales ni franjas leñosas que constituyeran la bisagra de
1173 seguridad en el tocón resultante, que diera prueba de una correcta ejecución de la
1174 técnica de volteo dirigido. Esto fue coherente con los resultados obtenidos en la
1175 metodología utilizada para el tranzón 2011 para medir control sobre la direccionalidad
1176 de caída. Mas allá de la reivindicación metodológica que representa la innovación de
1177 medir ángulos cuyas direcciones contemplan variables importantes a tener en cuenta
1178 al momento de la decisión del corte de volteo (estructura del árbol, dirección de la
1179 pendiente, estructura forestal circundante), de todos los motosierristas evaluados, el
1180 operario Cr se distinguió sobre el resto, en términos de un mayor dominio del momento
1181 operativo sin ser significativo el contraste (tabla 7). Otra variable a tener en cuenta fue
1182 la marcada influencia de la pendiente de terreno sobre la caída de los individuos
1183 volteados que arrojaban los modelos de regresión lineal, que sumado a la clara
1184 tendencia acerca de que las alturas de los cortes superiores fueron alrededor de los 50
1185 cm (tabla 3), fundamentan que el control sobre la direccionalidad de la caída del árbol
1186 apeado sea precario. Leckoundzou et al. (2010) destaca que la altura de corte
1187 inapropiada ocupa el primer lugar dentro de las causas de pérdida de madera para

1188 una evaluación equivalente en Guantánamo (Cuba) (ver mapa 1, 2 y 11, anexo
1189 mapas).

1190 En relación a preservación de la seguridad del operario, mas allá del riesgo que
1191 implicaron los tres individuos suspendidos en tranzón 2011 y la precaridad técnica
1192 señalada anteriormente, no se observaron accidentes ni impericias que denoten
1193 agravantes (ver mapa 1, 2 y 11, anexo mapas).

1194 Respecto al criterio de reducir al mínimo daños en madera, esto se tuvo en
1195 cuenta principalmente en tranzón 2010, en donde el 40 % de los casos presentaba
1196 daños importantes de astillamientos y quebraduras (tabla 6), que sumado a las
1197 observaciones de cortes posteriores de desculates en ambos tranzones y las alturas
1198 de corte elevadas (tablas 3, 4 y 5), hicieran que las pérdidas de madera en tocón
1199 fueran del 8 % del volumen de las trozas medidas en canchón en ambos tranzones. Lo
1200 señalado anteriormente sumado a las ineficiencias en tareas de volteo, son indicios de
1201 que no se tiende hacia la reducción de daños (ver mapa 1, 2 y 11, anexo mapas).

1202 En cuanto al criterio de reducir al mínimo los daños en la vegetación
1203 circundante por impacto de volteo, es relevante que el promedio de superficie de
1204 impacto por caída no presentó diferencias significativas entre tranzones, sin ser clara
1205 la tendencia de la influencia que tiene la pendiente natural del terreno sobre ésta. A su
1206 vez, el cambio de cobertura forestal promedio de 14 % hace que esta variable no tome
1207 relevancia para la evaluación. Al igual que Pinto et al. (2002), se encuentra que la
1208 mayor proporción de la estructura forestal circundante no sufre daño por operaciones
1209 de impacto. Dentro de la superficie de impacto, son los individuos de menor DAP los
1210 que mayor daño sufren y copa, el compartimento más dañado (tablas 8 y 12). Esto
1211 último se visibiliza aún más cuando se presentan los daños en porcentaje (tablas 9, 14
1212 y 15). Si bien la metodología para medir alteración de la estructura forestal por caída
1213 varió según campaña de muestreo, ya que en 2010 las mediciones se hicieron en

1214 función de una parcela general que incluía a la superficie de impacto por caída y en el
1215 correspondiente al tranzón 2011, segregadas según fuera superficie de impacto y
1216 superficie de impacto secundaria por caída respectivamente, se reivindica la
1217 innovación metodológica hecha para el 2011, por ser más eficiente en su operatividad
1218 y evitar el efecto de atenuación de la dimensión de los daños, al no contemplar áreas
1219 no alcanzadas por el impacto y renovales que no son de interés maderable. Así todo,
1220 contemplando las diferencias metodológicas, para el tranzón 2010 los porcentajes de
1221 daños en Copa llegan a valores del 35 % (tabla 9) y para 2011, del 55 % de especies
1222 maderables (tabla 14). Por otro lado es pertinente destacar la relevancia que tiene la
1223 superficie de impacto por caída en la perspectiva global, principalmente en tranzón
1224 2011, donde el 60 % de la superficie impactada corresponde a la caída de árboles
1225 volteados; y en 2010, 25 % (ver mapa 1, 2, 7, 8 y 11, anexo mapas).

1226 En cuanto a coordinación con movimientos de extracción posteriores se refiere,
1227 para esta evaluación en Pintascayo no se tomó en cuenta.

1228 De los criterios directrices que estructuran las operaciones de volteo, se
1229 observa que el motosierrista Cr fue quien mejores tendencias presentó sobre control
1230 en la direccionalidad de la caída para tranzón 2011, más allá que no existieron
1231 contrastes significativos. Sin embargo, este operario no es el que menor valor presentó
1232 para los modelos que marcaban vinculación directa entre alteración de estructura
1233 forestal por motosierrista en tranzón 2010, ni volúmen de madera perdida en tocón en
1234 tranzón 2011. Estas premisas no tienen mayor interés que el de problematizar acaso,
1235 si el control sobre la direccionalidad de la caída del árbol apeado es a costa de
1236 pérdidas de madera en tocón y estructura forestal circundante. Visibilizado esto, para
1237 esta evaluación, las operaciones de corta son un momento operativo a mejorar.

1238

1239

Extracción

1240

1241

1242

1243

El criterio vinculante de la extracción por arrastre se basa en llevar al mínimo la red de caminos, vías de saca y arrastre, sugiriendo el uso de métodos alternativos que requieran menores tracciones al suelo como ser carga elevada con cables, aeronavegación y uso de animales, de ser viable.

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260

1261

1262

1263

1264

El sistema de extracción por arrastre es el método más adoptado para este momento operativo, caracterizado por ser necesaria una mínima red de vías de saca y caminos para poder extraer la madera y estar asociado a daños de alteración y compactación de suelo, que si bien no alcanza a ser de la magnitud irreversible como sucede en el caso de construcción de caminos principales, tienen impactos negativos en la productividad del ecosistema. Mac Donagh et al. (2010) afirman que, para bosques subtropicales en Misiones (Argentina), la compactación de suelo ya es significativa con las primeras pasadas del tránsito de los skidders y que la atenuación de impactos a la que se llegaría por red de arrastre llevada a su mínima expresión, no necesariamente implicaría menores impactos, ya que lo que se suple con la rigidez del diseño de la red de caminos, tiene su contralor en el disturbio en la estructura y compactación del suelo intervenido, que es de carácter acumulativo, atribuyendo mayores causas del nivel de impacto a características topográficas que los recaudos que se tomen. Esto se puede generalizar a otras zonas, como las Yungas australes, existiendo bibliografía vinculante que aborda los impactos en función de la intensidad y carga del tránsito de la maquinaria forestal que tienen sobre el suelo (Fernández et al. 2000, 2001; Fernández 2002). Si bien la metodología empleada para esta evaluación no contempló alteración de estructura y compactación del suelo por tránsito de maquinaria, se lo menciona en tanto acercamiento a la dimensión de los efectos del espacio intervenido (4 %, 2010; 10 %, 2011). De los impactos del arrastre evaluados en tranzón 2010, se menciona como relevante la tendencia de ser árboles más

1265 dañados aquellos mayores de 20 cm de DAP en el compartimento de la base (44 % en
1266 densidad de árboles maderables circundante al trayecto del arrastre). Por otro lado, la
1267 metodología de evaluar impactos de las operaciones mediante el contraste cobertura
1268 de suelo por método Braun-Blanquet no resultó eficaz (tabla 11) (Cellini & Martínez
1269 Pastur 2005; Wilson 2011) (ver mapa 1, 2, y 11, anexo mapas).

1270 El Código FAO (1996) cita una ocupación del espacio de la red de vías de saca
1271 entre un 20 y el 40% de la superficie para un corte final; y entre 60 y 80% para el caso
1272 de una entresaca en bosques templados europeos. Para esta evaluación de
1273 Pintascayo existe una baja ocupación del espacio por arrastre (2 %, 2010; 4%, 2011).
1274 Leckoundz et al (2010) citan un espacio de ocupación por vías de saca del 17,3 %
1275 para una densidad lineal de caminos de 167 m / ha, sugiriendo como una densidad
1276 lineal adecuada para bosques tropicales del 66 m / ha. Al comparar densidad lineal
1277 para arrastre en Pintascayo (45 m / ha, 2010; 44 m / ha, 2011), los valores se ubican
1278 dentro de parámetros razonables (ver mapa 9, 10 y 11, anexo mapas).

1279 Leckoundz et al (2010) afirma que la alta densidad en infraestructura de vías de
1280 saca y canchones acopio para bosques tropicales obedece a la falta de información
1281 sobre la ubicación de los árboles cortados y la escasa coordinación sobre los
1282 movimientos de los skidders dentro del área de aprovechamiento, señalando las trozas
1283 no encontradas, como evidencia de una inadecuada planificación de las operaciones
1284 de aprovechamiento. En la metodología utilizada para esta evaluación en Pintascayo
1285 durante el tranzón 2010, de los treinta y seis (36) árboles con que se trabajó, catorce
1286 (14) (39 %) no habían sido retirados, siendo la longitud promedio de vía de arrastre
1287 18,6 m (ver mapa 1, anexo mapas). En relación a esto último, para el momento
1288 operativo de la extracción, se tuvo en cuenta la definición de Picadas, que contempla
1289 tanto las vías de arrastre como de saca. En el área piloto 2010 la longitud media de
1290 picadas fue de 184 m (n = 22; 2 % ocupación del espacio) y en 2011, 48 m (n = 12; 4

1291 % ocupación del espacio). Es decir, la extracción fue más eficiente en 2010 que el año
1292 posterior, ya que los volúmenes de madera arrastrada (III) por densidad superficial
1293 fueron similares (0,09 m³ / m² / ha, 2010; 0,08 m³ / m² / ha, 2011) y no así los
1294 rendimientos de arrastre (III) (0,17 m³ / ha, 2010; 0,94 m³ / ha, 2011) (tablas 16 y 18)
1295 Esto es coherente con la tasa de la eficiencia en el arrastre, volumen de madera
1296 arrastrado sobre el total volteado, 75 % para 2010 y 55 % para 2011 (ver mapa 9, 10 y
1297 11, anexo mapas).

1298 **Operaciones de Carga**

1299 El criterio vinculante para las operaciones de carga se basa en que los
1300 canchones de acopio sean de la menor extensión posible sin que se limiten los
1301 movimientos operativos necesarios. La bibliografía recomienda que el diseño trazado
1302 de los mismos deba ser en el marco de la planificación de la red de caminos. Los
1303 canchones de acopios son espacios físicos donde se acumulan, clasifican y
1304 almacenan temporalmente las trozas que fueron extraídas, para ser cargadas y
1305 transportadas hacia los centros de transformación de la madera. Se asume que son
1306 lugares de alto tránsito e impacto, similar al producido por la construcción de caminos
1307 principales por la necesidad de operar sobre un piso consolidado. Una vez que el
1308 canchón deja de ser operativo se recomienda medidas de rehabilitación que faciliten el
1309 restablecimiento de la vegetación.

1310 Si bien el Código (FAO 1996) propone límites de 500 y 1000 m² según se trate
1311 de trozas de pequeñas o grandes dimensiones, la bibliografía consultada acuerda que
1312 sea adecuado el límite de 900 m², sugiriendo que el diseño de los mismos sea un
1313 ensanchamiento de caminos principales para aprovechar superficie residual (FAO
1314 1996; Gayoso & Gayoso 2009; GMF 2007; 2010; Leckoundz et al 2010). Gayoso &
1315 Gayoso (2009) afirma que el espaciamiento de las canchas de acopio depende de
1316 factores topográficos, estructura del rodal, restricciones ambientales y distancias

1317 económicamente viable de costos de arrastre, para lo cual dependerá de la estrategia
1318 adecuada para cada aprovechamiento forestal, citando como referencia un
1319 espaciamiento medio entre canchas en donde las distancias media de arrastre se
1320 ubiquen en el rango de los 150 a 200 m y 15 a 25 has tributarias por instalación. En la
1321 evaluación hecha para Yungas, en 2010 la distancia promedio de arrastre fue de 360
1322 m y 25 has promedio por canchón; y para 2011, 243 m y 31 has respectivamente. Es
1323 decir, el distanciamiento medio de arrastre sería un aspecto evaluar con mayor
1324 precisión para su mejora y la densidad de canchones estaría dentro de los parámetros
1325 razonables. Por otro lado el grueso de los canchones se encontró por debajo del límite
1326 establecido de 900 m² (superficie promedio 672 m² para 2010 y 885 m² para 2011) y
1327 su diseño representando un ensanchamiento de caminos principales. Leckoundzou et
1328 al. (2010) encuentra para una evaluación equivalente en Guantánamo (Cuba) una
1329 superficie promedio de canchones de acopio de 1100 m² con un 2,1 % de ocupación
1330 del área afectada. En el caso de Yungas, el porcentaje de ocupación por parte de
1331 canchones fue del 0,3 % para 2010 y 0,2 % para 2011 (ver mapa 9, 10 y 11, anexo
1332 mapas).

1333 **Fuerza laboral**

1334 Los criterios vinculantes se basan en el funcionamiento de la fuerza laboral
1335 entendida como la organización que ejecuta las tareas de aprovechamiento, como
1336 también en sus dimensiones de salud, alimentación, formación, seguridad, eficacia,
1337 motivación, destreza de la tarea y condiciones de campamento.

1338 Para esta evaluación definimos a las tasas de eficiencia como indicadores
1339 viables acerca del funcionamiento de la organización de la fuerza laboral. La tasa del
1340 volteo, volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero sobre
1341 el volumen de madera total volteado, fue del 58 % (0,32 m³ / m² / ha) en 2010 y 40 %
1342 (0,21 m³ / m² / ha) para 2011. Es decir, que en tranzón 2010 se trabajó mejor que el

1343 año posterior. Esto es coherente con la tasa de la eficiencia en el arrastre, volumen de
1344 madera arrastrado sobre el total volteado, 75 % para 2010 y 55 % para 2011 (ver
1345 mapa 7, 8 y 11, anexo mapas).

1346 La tasa de volumen en vías de transformación mecánica en aserradero sobre el
1347 volumen marcado fue similar: 19 % en 2010 y 22 % para 2011. En relación a esto
1348 último, existe la incertidumbre en poder afirmar si fue estrictamente una marcación o
1349 responde más bien un criterio de inventario. Al no contar con acceso de algún Plan
1350 estratégico que avale las operaciones se desarrollen dentro de un proceso de
1351 ordenación de bosques se hace la mención. Mas allá de esto, la preponderancia en la
1352 marcación, como en el resto de las operaciones, se centran en el cebil (*A. colubrina*) y
1353 secundariamente en el cedro (*C. balansae*), luego el resto de las especies marcadas
1354 (tablas 17 y 19) (ver mapa 5, 6, anexo mapas).

1355 **Evaluación del Aprovechamiento Forestal de Impacto Reducido (AIR)**

1356 Los criterios de evaluación del Código FAO (1996) se basan en: trazado real de
1357 los caminos, vías de arrastre y canchones; condición, consolidación y parámetros en la
1358 construcción de los mismos (transporte mayor principalmente); porcentaje zona
1359 disturbada por operaciones de aprovechamiento forestal; alteraciones en la estructura
1360 forestal, mediciones de pérdida de madera en tocones y trozas abandonadas *in situ*;
1361 evaluación de la etapa de marcación, es decir, en qué grado las existencias señaladas
1362 para su corta respondían un criterio de organización o eventualmente a una estrategia
1363 de conversión; control de las medidas de higiene y seguridad de los operarios
1364 forestales; análisis y evaluación de los costos financieros de las operaciones.

1365 Salvo en el cálculo y análisis de costos financieros, control de higiene y
1366 alojamiento, condiciones de seguridad de los momentos operativos, mantenimiento,
1367 carga y medidas de seguridad pertinente al transporte mayor y la incertidumbre de que
1368 las operaciones se desarrollen dentro de un proceso de ordenación de bosques por no

1369 contar con acceso al plan cuya fundamentación avale que las acciones se desarrollen
1370 en un marco de manejo forestal, la metodología de evaluación propuesta para este
1371 trabajo de evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en Yungas se
1372 aproxima a los criterios propuestos por el Código (FAO 1996) para un
1373 Aprovechamiento Forestal de Impacto Reducido (AIR). Será tarea futura innovar en
1374 una metodología que incorpore las ausencias anteriormente señaladas.

1375 **CONCLUSIONES**

1376 En relación a los criterios de organización podemos afirmar que en un area de
1377 nuestro correspondiente a tranzones de los años 2010 y 2011 en Pintascayo (Salta,
1378 Argentina), las operaciones de aprovechamiento involucraron bajo volumen de madera
1379 por hectárea, con baja ocupación de terreno pero a priori ineficiente en proporción a
1380 infraestructura de caminos y funcionamiento ($0,19 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{ha}$, 2010; $0,08 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{ha}$,
1381 2011. Volumen de madera en vías de transformación mecánica en aserradero (IV)
1382 sobre Densidad superficial de impacto por operaciones de aprovechamiento forestal) y
1383 sin poder afirmar que se desarrollen en el marco de un plan de manejo forestal. Si bien
1384 no fueron operaciones de aprovechamiento tradicional, y que en el tranzón 2010 se
1385 trabajó mejor que en 2011 salvo en los parámetros de pendiente longitudinal de
1386 caminos, requiere aún de inversiones de mejora para aproximarse a los criterios de
1387 Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR).

1388 En relación a la eficacia en la ejecución de volteo, se puede hablar de una
1389 precariedad técnica en la misma, en ambos tranzones, por marcada influencia de la
1390 pendiente de terreno sobre la caída de los individuos volteados, la tendencia de ser 50
1391 cm la altura superior de corte y escasas muestras sobre control en direccionalidad de
1392 caída del árbol apeado. Se sugiere la capacitación de los operarios en esta técnica.

1393 Al cuantificar la alteración de la estructura forestal debido a tareas de volteo y
1394 arrastre se encuentra que la mayor proporción de la estructura forestal circundante no

1395 sufre daño por operaciones de impacto, aunque el énfasis de mejora para atenuar las
1396 alteraciones sigue estando en el fortalecimiento de la formación de los operarios que
1397 ejecutan dichos momentos operativos.

1398 Al caracterizar caminos y vías de saca y arrastre, el excedente de puntos
1399 superior a los límites establecidos para ancho de plataforma y pendiente longitudinal
1400 de caminos, evidencia que el diseño y trazado de los mismos sea un momento
1401 operativo a mejorar para un adecuado funcionamiento del transporte mayor y menor
1402 (Anaya & Christiansen 1986), como también el distanciamiento medio de arrastre. Los
1403 valores de densidad de caminos y canchones se encuentran dentro de los parámetros
1404 razonables.

1405 La superficie impactada por construcción de caminos, vías de saca y
1406 canchones representa un bajo porcentaje de ocupación para ambos tranzones (3 %,
1407 2010; 4 %, 2011). El porcentaje se eleva cuando se incluyen a las superficies de
1408 impacto por caída (4 %, 2010; 10 %, 2011).

1409 Si bien en el tranzón 2010 se trabajó mejor, la eficiencia del funcionamiento del
1410 aprovechamiento forestal fue bajo, siendo el volumen de madera en vías de
1411 transformación mecánica en aserradero sobre el volumen de madera total volteada,
1412 del 58 % en 2010 y 40 % para 2011.

1413 Las estrategias de mejora son en dirección de fortalecer la organización de la
1414 fuerza laboral que ejecuta los momentos operativos del aprovechamiento forestal,
1415 principalmente en la elaboración del plan de manejo forestal por ser la baja tasa de
1416 marcación (19 %, 2010; 22 %, 2011) un indicio de problemas en planificación, las
1417 operaciones de corte y su contralor en alteración de estructura forestal circundante y el
1418 diseño, trazado y construcción de caminos para el Transporte mayor y menor (Anaya
1419 & Christiansen 1986).

1420 Para finalizar, se ha contribuido con un aporte metodológico para trabajos de
1421 evaluación del impacto de operaciones de aprovechamiento forestal en Yungas,
1422 cercano al modelo de Aprovechamiento de Impacto Reducido (AIR) (FAO 1996).

1423 **BIBLIOGRAFÍA**

1424 **Anaya H. & Christiansen P.** 1986. Editorial del Instituto Interamericano de
1425 Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de de Libros y Materiales Educativos No.
1426 76. Costa Rica. Aprovechamiento Forestal. Análisis de apeo y transporte. 248 pp.

1427 **Balducci E.** 2009. Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en finca
1428 Pintascayo. GMF Latinoamericana S.A. Informe técnico. 29 pp.

1429 **Blundo C. & Malizia L. R.** 2009. Cap. 15. Pp. 387-405. En Selva Pedemontana de las
1430 Yungas. Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro. García Bes
1431 P., Lomáscolo T, Blendinger P. G. y Brown A. D. (Eds.). Ediciones del Subtrópico-
1432 Fundación Proyungas. Diciembre, 2009. Tucumán, Argentina. 490 Pp.

1433 **Brown A. D.** 1995. Fitogeografía y conservación de las selvas de montaña del
1434 noroeste de Argentina. Pp: 663-672. Biodiversity and conservation of Neotropical
1435 montane forests. Churchill S.P, Balslev H, Forero E y J.L. Luteyn (Eds.). New York
1436 Botanical Garden, New York.

1437 **Brown A. & Kappelle M.** 2001. Introducción a los Bosques Nublados del Neotrópico:
1438 una síntesis regional. Pp. 25–40 en Bosques Nublados del Neotrópico. Kappelle M. y
1439 A.D. Brown (Eds.). Editorial Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de
1440 Heredia.

1441 **Brown A. D., Grau A., Lomáscolo T. & Gasparri N. I.** 2002. Una estrategia de
1442 conservación para las Selvas Subtropicales de Montaña (Yungas) de Argentina.
1443 Ecotrópico 15(2): 147–159.

- 1444 **Brown A. & Malizia L.** 2007. Caracterización ambiental eco regional. Pp. 25-66 en
1445 Finca San Andrés: un espacio de cambios ambientales y sociales en el Alto Bermejo.
1446 Brown A.D., García Moritán M., Selva pedemontanas de las Yungas. Ventura B.N.,
1447 Hilgert N.I. y L.R. Malizia Ediciones del Subtrópico–Fundación ProYungas, Tucumán.
1448 325 Pp.
- 1449 **Brown A.** 2009 a. Las selvas Pedemontanas de las Yungas. Manejo sustentable y
1450 conservación de la biodiversidad de un ecosistema prioritario del noroeste argentino.
1451 Cap. 1. Pp. 14-37. En Selva Pedemontana de las Yungas. Historia natural, ecología y
1452 manejo de un ecosistema en peligro. García Bes P., Lomáscolo T, Blendinger P. G. y
1453 Brown A. D. (Eds.). Ediciones del Subtrópico-Fundación Proyungas. Diciembre, 2009.
1454 Tucumán, Argentina. 490 Pp.
- 1455 **Brown A.** 2009 b. Conservación y desarrollo sustentable, dos caras de la misma
1456 moneda. Epílogo. Pp. 453-457. En Selva Pedemontana de las Yungas. Historia
1457 natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro. García Bes P., Lomáscolo T,
1458 Blendinger P. G. y Brown A. D. (Eds.). Ediciones del Subtrópico-Fundación Proyungas.
1459 Diciembre, 2009. Tucumán, Argentina. 490 Pp.
- 1460 **Cellini J. M. & Martinez Pastur G.** 2005. Manejo de los recursos naturales en Tierra
1461 del Fuego, Argentina. Estado actual de la cuenca del Valle de Andorra, Tierra del
1462 Fuego. Una propuesta de manejo de los recursos naturales. Eae. Editorial académica
1463 española. 140 pp.
- 1464 **Costantino I.** 1957. Pasado, Presente y Futuro Forestal Argentino. Conferencia
1465 pronunciada en el Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos. Ministerio de
1466 Agricultura y Ganadería. Administración Nacional de Bosques. Buenos Aires, 1957.
- 1467 **Dykstra D. P.** 1997. Aprovechamiento de Impacto Reducido: Convirtiendo los
1468 Resultados de la Investigación en Prácticas de Campo. En BOLFOR; CIFOR; IUFRO.

1469 1998. "Memorias del Simposio Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal
1470 Sostenible en América Tropical". Santa Cruz de la Sierra, Bolivia 15-20 de Julio de
1471 1997. 378 Pp.

1472 **FAO.** 1978. Organización de la Naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
1473 Estudio FAO, Montes. Volumen 2. Planificación de carreteras forestales y sistemas de
1474 aprovechamiento. Subdirección de explotación y transporte forestal; Dirección de
1475 industrias forestales; Departamento de Montes. Roma. Cuaderno técnico. 171 Pp.

1476 **FAO.** 1980. Motosierras en los bosques tropicales. Manual preparado por la
1477 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación y la Oficina
1478 Internacional del Trabajo. Colección FAO: Capacitación. Roma, 1980.

1479 **FAO.** 1996. Código Modelo de prácticas de aprovechamiento forestal FAO. Disponible
1480 <http://www.fao.org/docrep/v6530s/v6530s00.htm>. Ultimo acceso: abril de 2014.

1481 **Fernández R., Lupi A., Mc Donagh P., Pahr N., Garibaldi J., Alvez M., Marek M. &**
1482 **Cortez P.** 2000. Compactación de suelos causada por el aprovechamiento de bosques
1483 subtropicales en Misiones, Argentina. Avances en Ingeniería Agrícola. Ed. Facultad
1484 Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires.

1485 **Fernández R., Lupi A., Mc Donagh P., Crechi E., Pahr N., O'Lery H., Martiarena R.,**
1486 **& Falher J.** 2001. Efectos de la intensidad de tránsito durante la tala rasa sobre el
1487 crecimiento del Pinus taeda y la densidad aparente de suelos rojos del noreste de
1488 Argentina. II Simposio Latinoamericano sobre Manejo Forestal. Pp: 305-318.
1489 Universidad Federal de Santa María. Septiembre 2001. RS. Brasil.

1490 **Fernández R.** 2002. Estrategias para minimizar impactos de la cosecha forestal.
1491 Balance de nutrientes y condiciones físicas del suelo. XVII Jornadas Forestales de
1492 Entre Ríos. Concordia, Octubre 2002. 21 Pp.

- 1493 **Gayoso A. J. & Gayoso M. S.** 2009. Vías de saca. Extracción forestal en plantaciones
1494 bajo restricciones ambientales. Ed. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad
1495 Austral de Chile. 100 Pp.
- 1496 **Gil Montero R.** 2009. La Selva y el "mundo exterior". Cap. 2. Pp. 65-69. En Selva
1497 Pedemontana de las Yungas. Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en
1498 peligro. García Bes P., Lomáscolo T, Blendinger P. G. y Brown A. D. (Eds.). Ediciones
1499 del Subtrópico-Fundación Proyungas. Diciembre, 2009. Tucumán, Argentina. 490 Pp.
- 1500 **GMF Latinoamericana S.A.** 2007. Manual para Aprovechamientos de Impacto
1501 Reducido (AIR) en las Yungas. Manual Técnico. 9 Páginas.
- 1502 **GMF Latinoamericana S.A.** 2010. Manual para la construcción de caminos forestales.
1503 Manual Técnico. 8 Páginas.
- 1504 **Heinrich R.** 1997. Aprovechamiento ambientalmente apropiado para mantener los
1505 Bosques Tropicales. En BOLFOR; CIFOR; IUFRO. 1998. "Memorias del Simposio
1506 Internacional sobre Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical".
1507 Santa Cruz de la Sierra, Bolivia 15-20 de Julio de 1997. 378 Páginas.
- 1508 **Husqvarna.** 2004. El trabajo con una motosierra. Manual para un uso seguro y eficaz.
1509 Manual técnico.82 pp.
- 1510 **Leckoundz A., Álvarez Lazo D., Cándano Acosta F., Alaejos Gutierrez J. & Torres**
1511 **Alvarez E.** 2010. Evaluación de las operaciones de aprovechamiento forestal en la
1512 Empresa Forestal Integral (EFI) Baracoa, Cuba. VI Simposio Internacional Sobre
1513 Manejo Sostenible de Recursos Forestales. 3 Pp.
- 1514 **Louman B.** 2006. Cap. 12. Pp. 361-394. Aprovechamiento de impacto reducido en
1515 bosques latifoliados húmedos Tropicales. Orozco L., Brumér C., Quirós D.; editores.
1516 Turrialba, Costa Rica. CATIE 442 Pp. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; no. 63).

- 1517 **Maggio A. & Cellini J. M.** 2016. Ecuaciones de volumen y biomasa de especies
1518 forestales de la República Argentina. Dirección de Bosques. Ministerio Ambiente y
1519 Desarrollo Sustentable de la Nación. Argentina. 219 Pp.
- 1520 **Malizia L. R., Pacheco S. & Loiselle B. A.** 2009. Árboles de valor forestal en las
1521 Yungas de la Alta Cuenca del Río Bermejo. Cap. 4. Pp. 105-120. En Selva
1522 Pedemontana de las Yungas. Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en
1523 peligro. García Bes P., Lomáscolo T, Blendinger P. G. y Brown A. D. (Eds.). Ediciones
1524 del Subtrópico-Fundación Proyungas. Diciembre, 2009. Tucumán, Argentina. 490 Pp.
- 1525 **Mac Donagh P., Rivero L., Garibaldi J., Alvez M., Cortez P., Marek M., Erbetta D.,**
1526 **Fernández R., Phar N. & Toma T.** 2010. Effects of selective harvesting on traffic
1527 pattern and soil compaction in a subtropical forest in Guarani, Misiones, Argentine.
1528 *Scientia Forestalis*. Piracicaba v. 38, n. 85. p. 343-352. Marzo 2010.
- 1529 **Meza A., Carrera F. & Louman B.** 2006. Cap. 2. Pp. 29-47. Sistemas de
1530 aprovechamiento forestal. Aprovechamiento de impacto reducido en bosques
1531 latifoliados húmedos Tropicales. Orozco L., Brumér C., Quirós D.; editores. Turrialba,
1532 Costa Rica. CATIE 442 Pp. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; no. 63).
- 1533 **Minetti J.** 2006. Aprovechamiento forestal del cedro en las Yungas de Argentina. Pp.
1534 143-154 en *Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*.
1535 Pacheco S. y A.D. Brown (Eds.). Ediciones del Subtrópico–Fundación ProYungas,
1536 Tucumán. 207 Pp.
- 1537 **Minetti J., Bessonart S. J. & Balducci E. D.** 2009. La actividad forestal en la Selva
1538 Pedemontana del norte de Salta. Cap. 14. Pp. 367-385. En *Selva Pedemontana de las*
1539 *Yungas. Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro*. García Bes
1540 P., Lomáscolo T, Blendinger P. G. y Brown A. D. (Eds.). Ediciones del Subtrópico-
1541 Fundación Proyungas. Diciembre, 2009. Tucumán, Argentina. 490 Pp.

- 1542 **Pinto A. C. M., Lopes de Souza A., Paulo de Souza A., Cardoso Machado C.,**
 1543 **Minette L. J. & Bartolomeu do Vale A.** 2002. Análise de Danos de Colheita de
 1544 madeira em floresta tropical úmida sob regime de Manejo Florestal Sustentado na
 1545 Amazonia Occidental. Sociedade de Investigações Florestais. R. Árvore, Viçosa-MG,
 1546 v.26, n.4, p.459-466, 2002.
- 1547 **Robirosa M., Cardarelli G., Lapalma A.I. & colaboración de Caleti S.** 1990.
 1548 Turbulencia y Planificación Social. Editorial Siglo XXI. Argentina.
- 1549 **Roviere M. R.** 1993. Planificación estratégica de recursos humanos en salud.
 1550 Organización Panamericana de la salud. Of. Regional OMS. Serie de desarrollo de
 1551 Recursos Humanos Número 96.
- 1552 **Sánchez de Puerta F.** 1996. Extensión agraria y desarrollo rural. Secretaría General
 1553 Técnica. Centro de Publicaciones. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
 1554 Madrid, España.
- 1555 **Sevola, Y.** 1975. Cubicación de árboles en el inventario forestal del noroeste
 1556 argentino. Documento de trabajo N°20. FAO:DP/ARG/70/536. Salta, Argentina.
- 1557 **Wilson J. B.** 2011. Cover plus: ways of measuring plant canopies and the terms used
 1558 for them. Journal of Vegetation Science 22. Pp. 197–206.

1559 **Agradecimientos**

1560 A mi familia, Manuel, Griselda, José, Henrich, Sarah, Alfonso; Federico, mis
 1561 amigos, los compañeros y autoridades del Hogar Universitario Federico Ozanam.

1562 "Entre las sendas del monte
 1563 trapito de nube oscura
 1564 desflecándose en el aire
 1565 va la sombra de la viuda,
 1566 la dibuja el refucilo
 1567 le moja el pelo la lluvia (...)"
 1568 Leguizamón & Perez (1983). Zamba para la viuda. Fragmento.

1569

1570

1571

1572

1573

1574

1575

1576

1577

Anexo Mapas

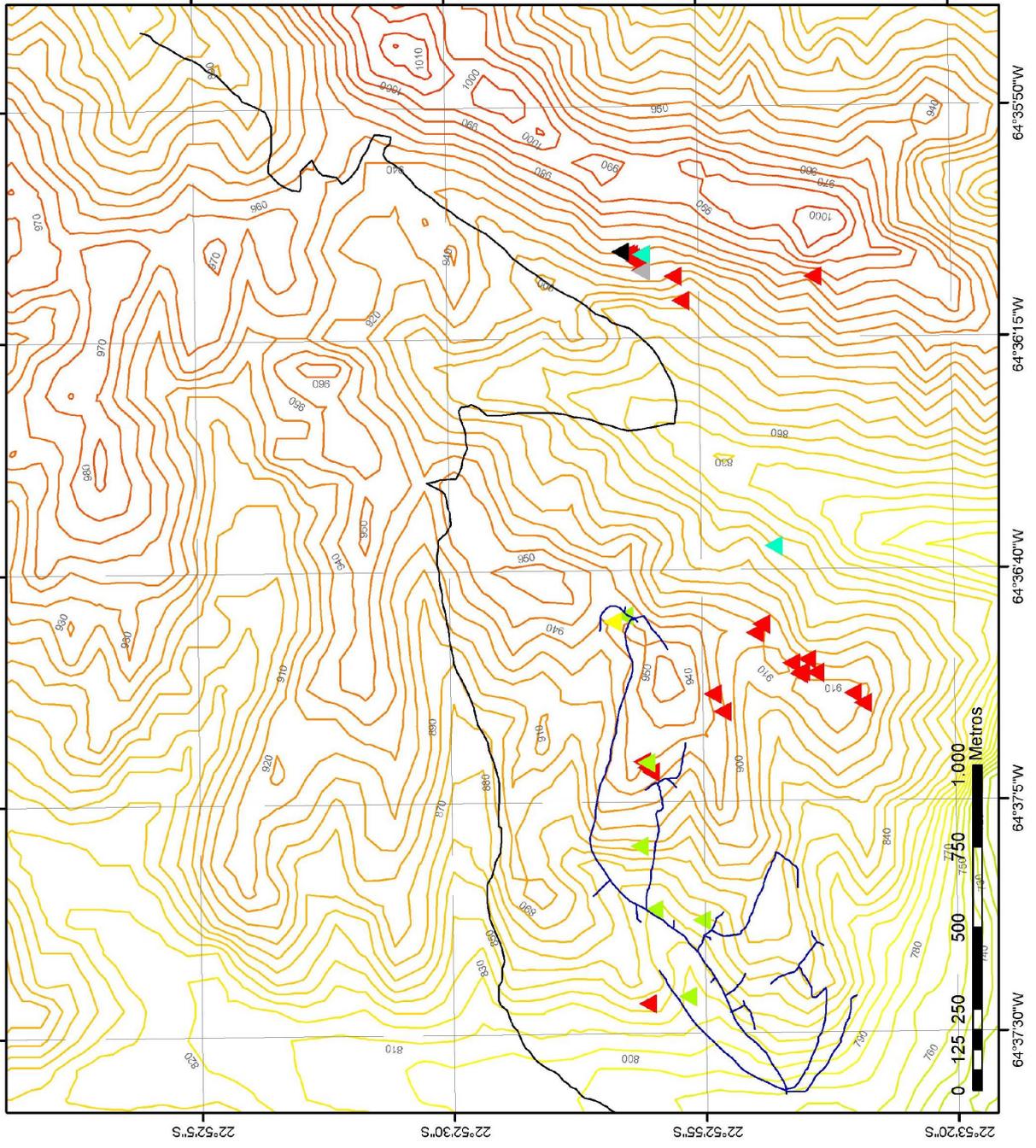
M A P A 1

Campaña 2010 Volteo Dirigido y Alteración Estructura Forestal.



Referencias

-  Cebil (25)
-  Cedro (6)
-  Lapacho Amarillo (1)
-  Nogal (1)
-  Quina Colorada (2)
-  Tipa Blanca (1)
-  CPUnitario2010
-  RedAreaPiloto2010



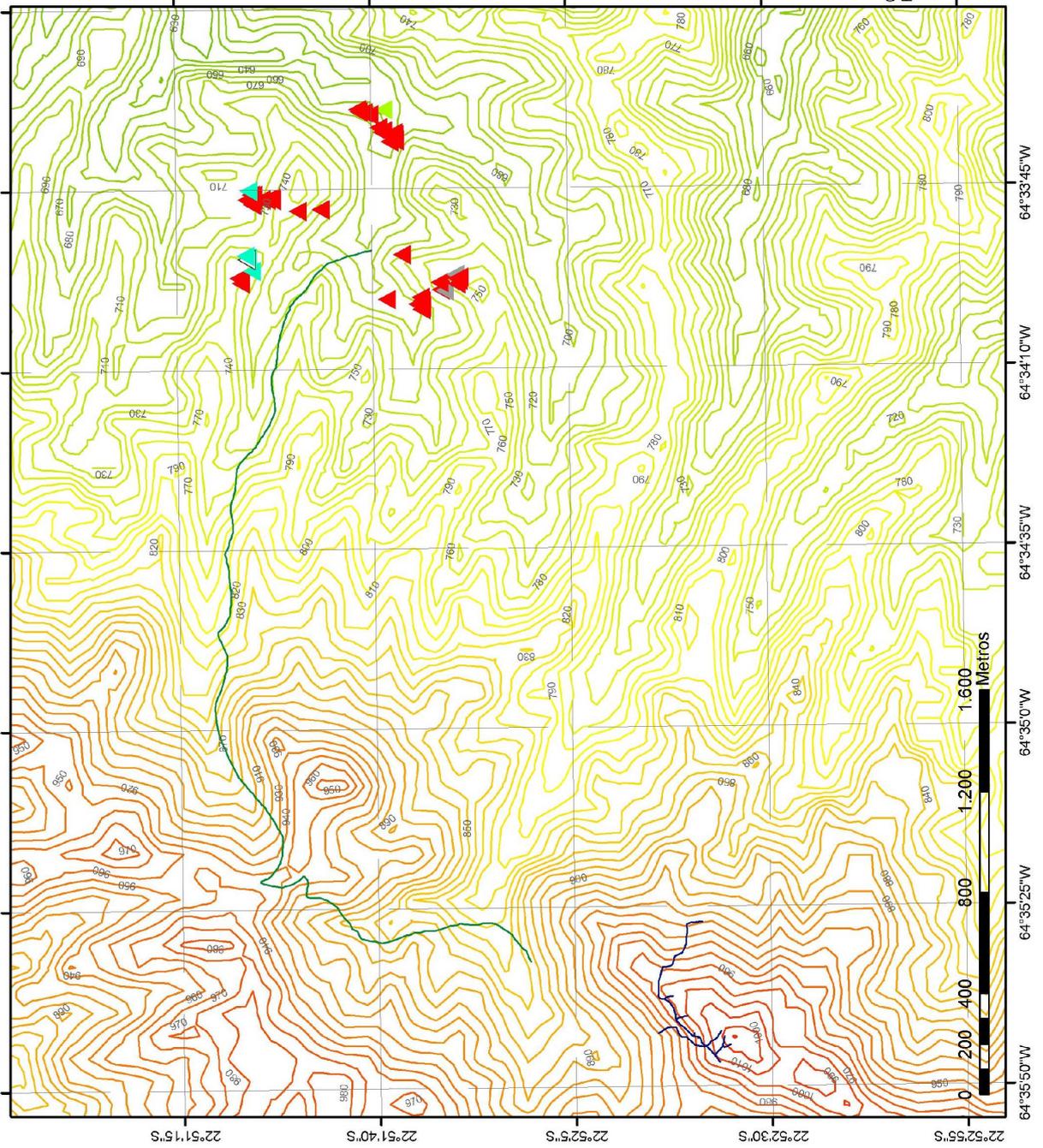
CPUnitario: Camino Principal Unitario;
RedAreaPiloto: Caminos y Vías de saca del área piloto.

M A P A 2

Campaña 2011 Volteo Dirigido y Alteración Estructura Forestal.



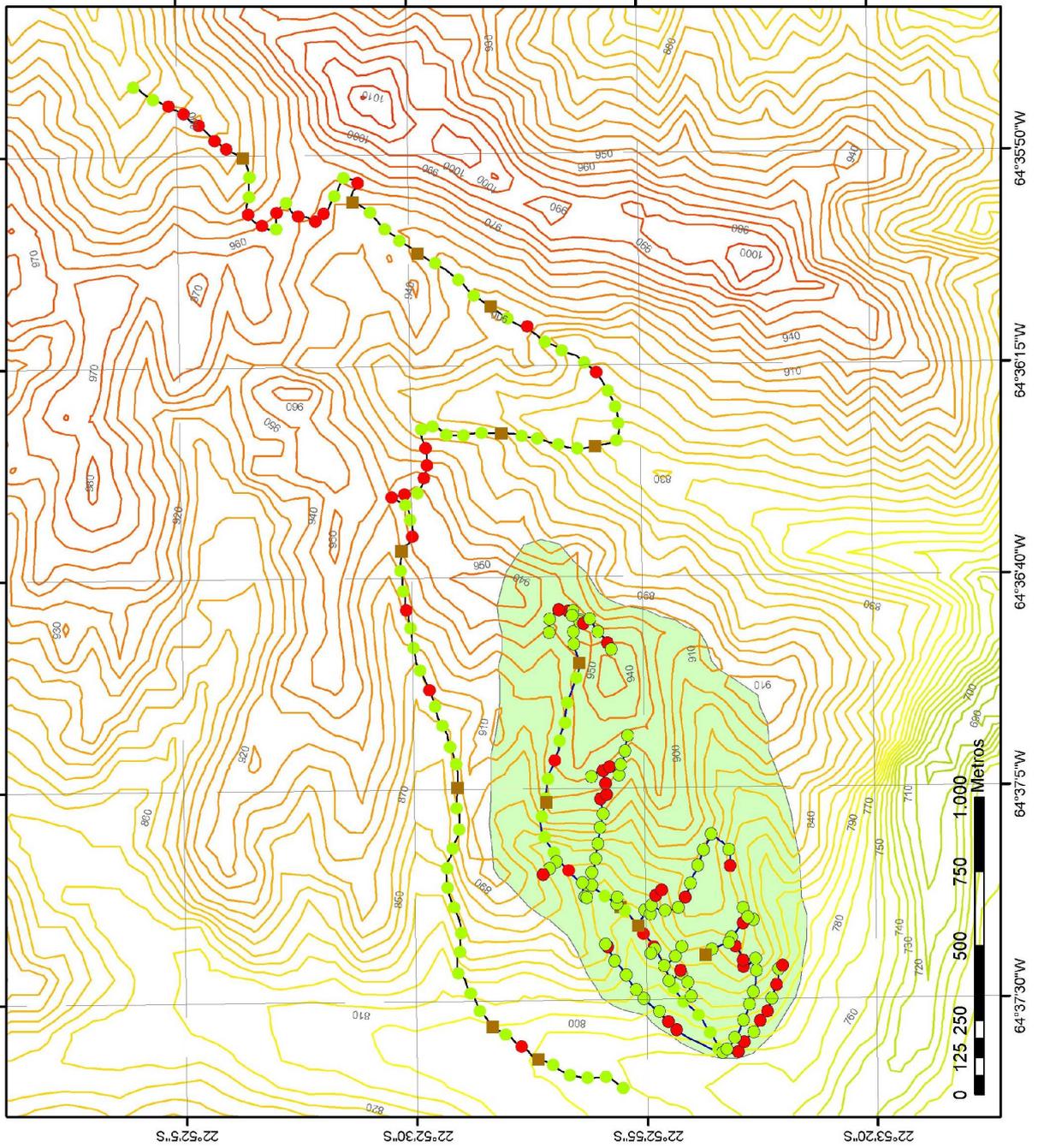
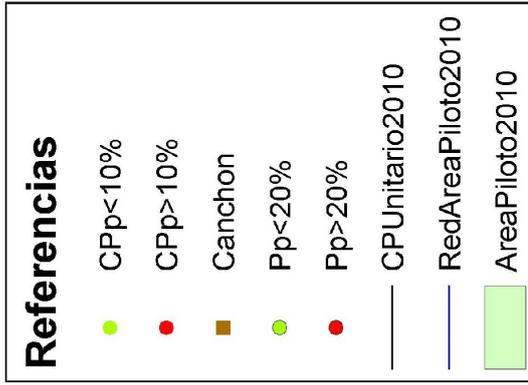
| Referencias | |
|-------------|--------------------|
| | Cebil (41) |
| | Cedro (1) |
| | Palo Blanco (1) |
| | Quina Colorada (4) |
| | Tipa Blanca (2) |
| | CPUnitario2011 |
| | RedAreaPiloto2011 |



CPUnitario: Camino Principal Unitario;
RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca de área piloto.

M A P A 3

Campaña 2010 Caminos.



Cpp: Pendiente del camino principal;
Pp: Pendiente de la placada;
%: Porcentaje de la pendiente;
CP Unitario: Camino Principal Unitario;
RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

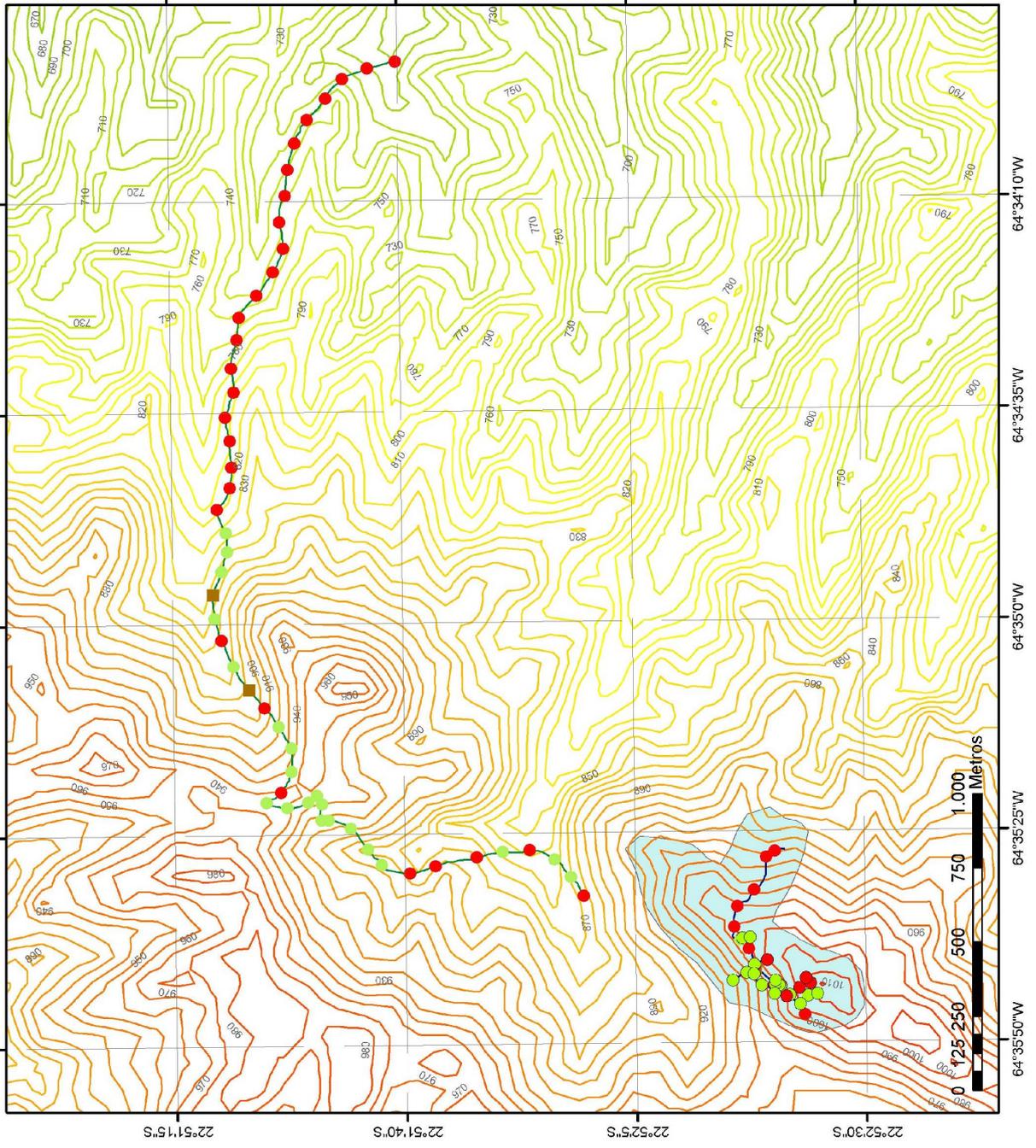
M A P A 4

Campaña 2011 Caminos.



Referencias

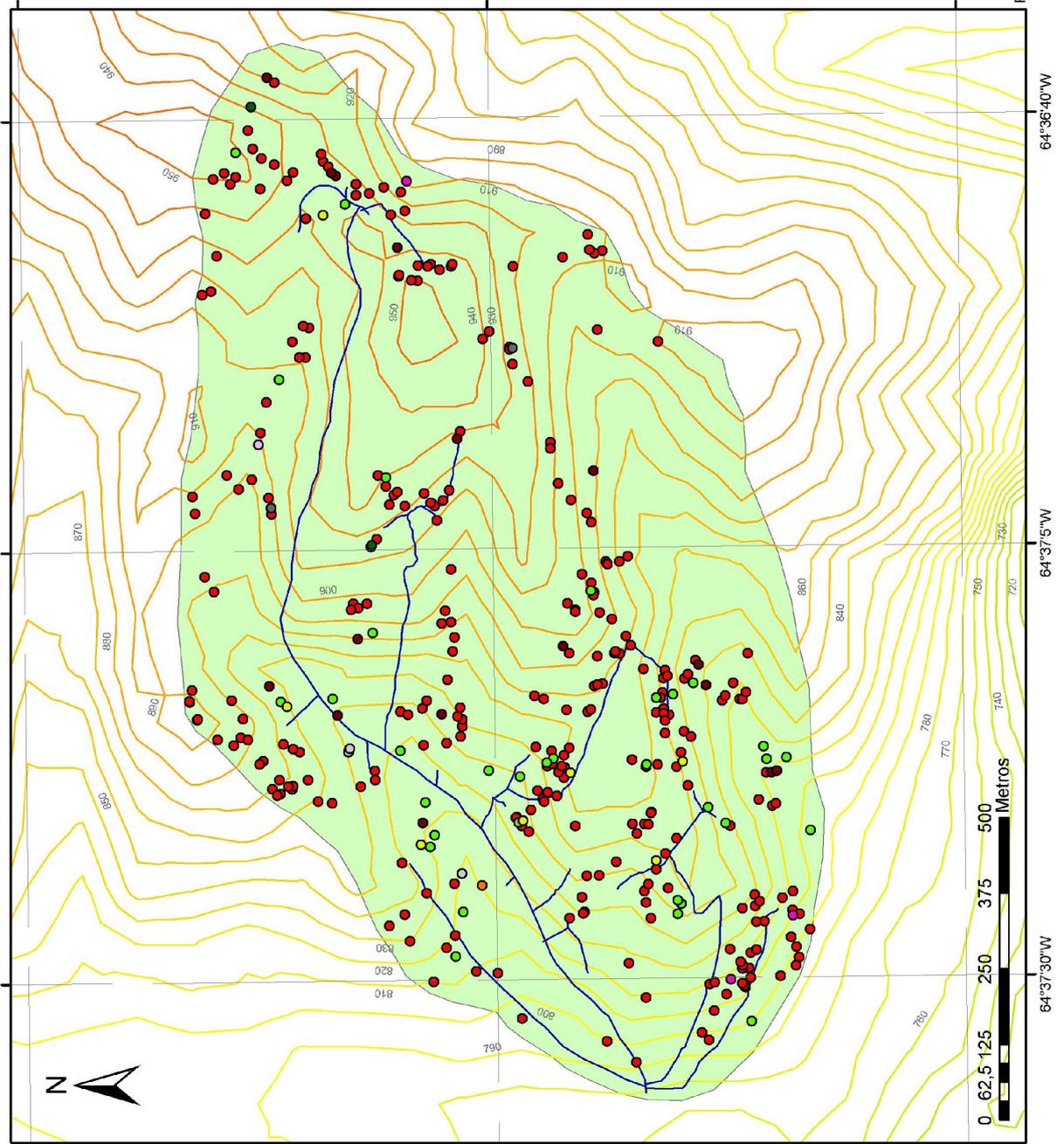
- Pp > 20%
- Pp < 20%
- Canchón
- CPp > 10%
- CPp < 10%
- CPUnitario2011
- RedAreaPiloto2011
- AreaPiloto2011



CPp: Pendiente del camino principal;
 Pp: Pendiente de la placada;
 %: Porcentaje de la pendiente;
 CPUnitario: Camino Principal Unitario;
 RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

M A P A 5

Campaña 2010 Eficiencia del aprovechamiento. Marcación.



Referencias

Especie

- Cebil (303)
- Cedro (33)
- Horco Cebil (3)
- Lanza Blanca (2)
- Lapacho Amarillo (7)
- Lapacho Rosado (1)
- Laurel Blanco (3)
- Pacara (1)
- Quina Colorada (16)
- Urundel (2)

— RedAreaPiloto2010

AreaPiloto2010

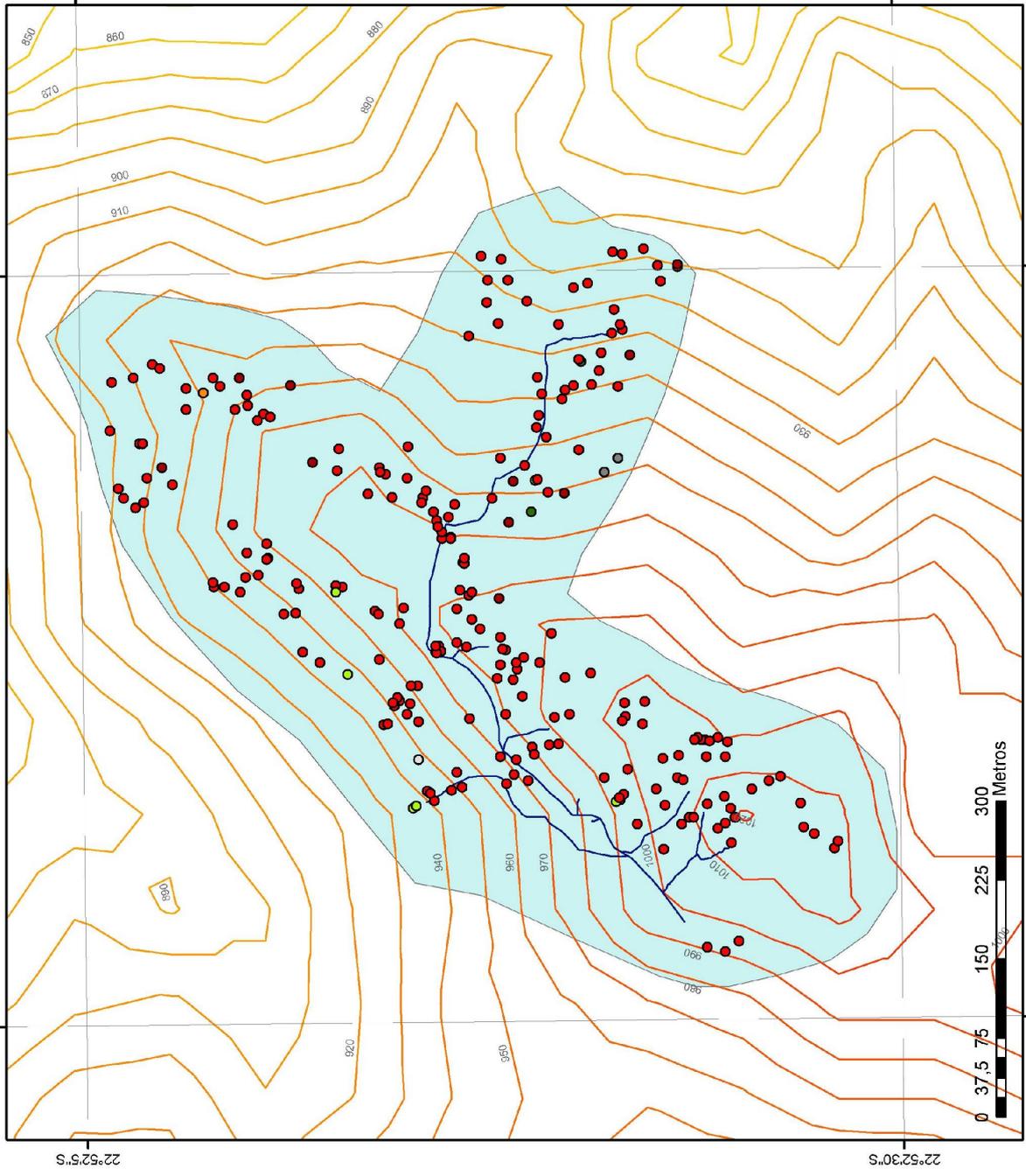
RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

M A P A 6

Campaña 2011 Eficiencia del aprovechamiento. Marcación.



| Referencias | |
|---------------------|----------------------------|
| Especie | |
| Afata (1) | ● (Red circle) |
| Cebil (220) | ● (Red circle) |
| Cedro (6) | ● (Green circle) |
| Laurel (1) | ○ (White circle) |
| Quina Colorada (10) | ● (Red circle) |
| Tipa Blanca (2) | ● (Grey circle) |
| Urundel (2) | ● (Green circle) |
| RedAreaPiloto2011 | — (Blue line) |
| AreaPiloto2011 | ■ (Light blue shaded area) |



RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

64°35'25\"/>

64°35'50\"/>

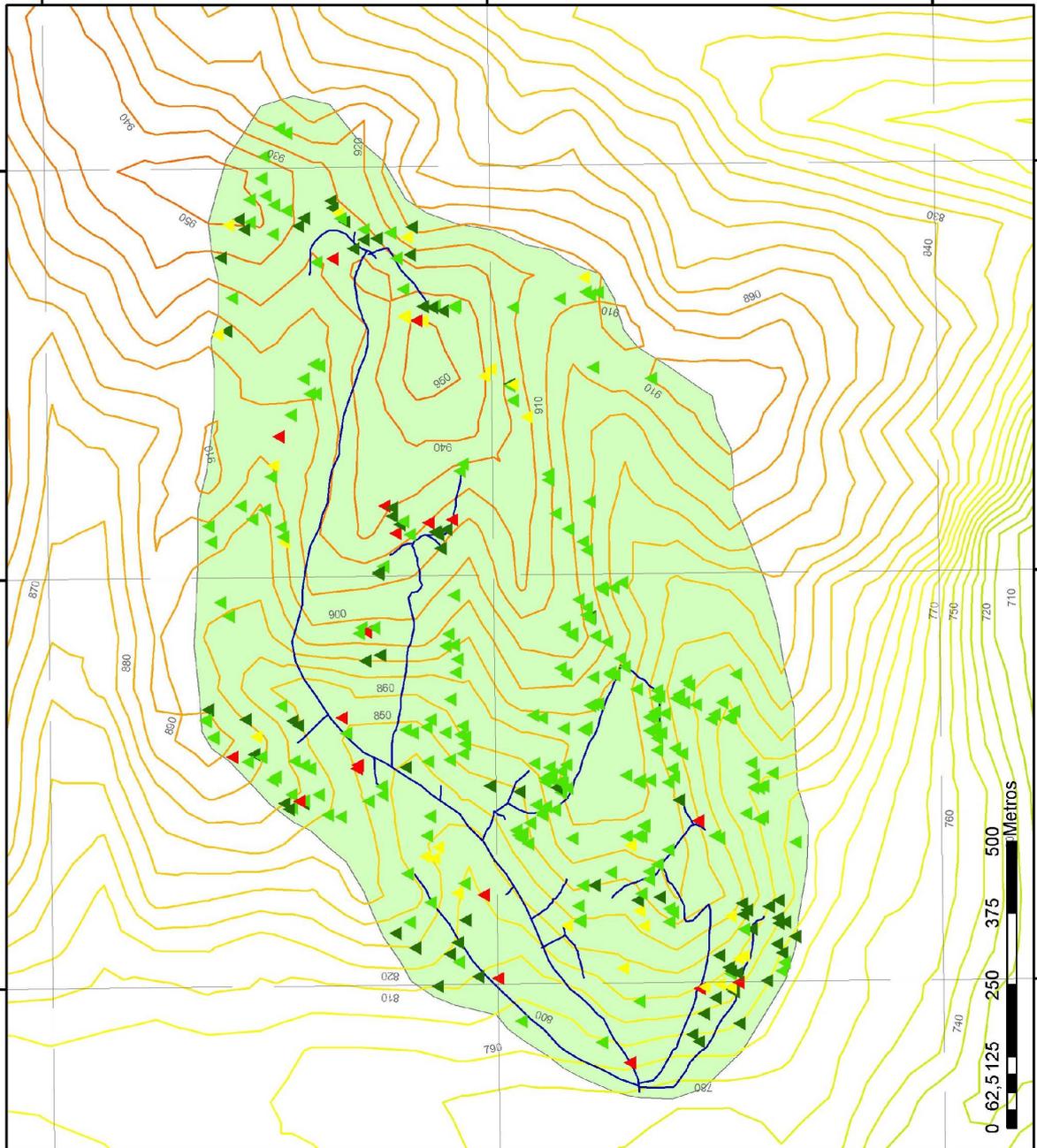
M A P A 7

Campaña 2010 Eficiencia del aprovechamiento. Estado final.



Referencias

| | | | | | | |
|---------------|---|----|-----|----|-------------------|----------------|
| Estado | I | II | III | IV | RedAreaPiloto2010 | AreaPiloto2010 |
| | | | | | | |



I: Marcado, II: Volteado y abandonado;
 III: Volteado, arrastrado y abandonado en canchón;
 IV: Volteado, arrastrado y cargado;
 RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

M A P A 8

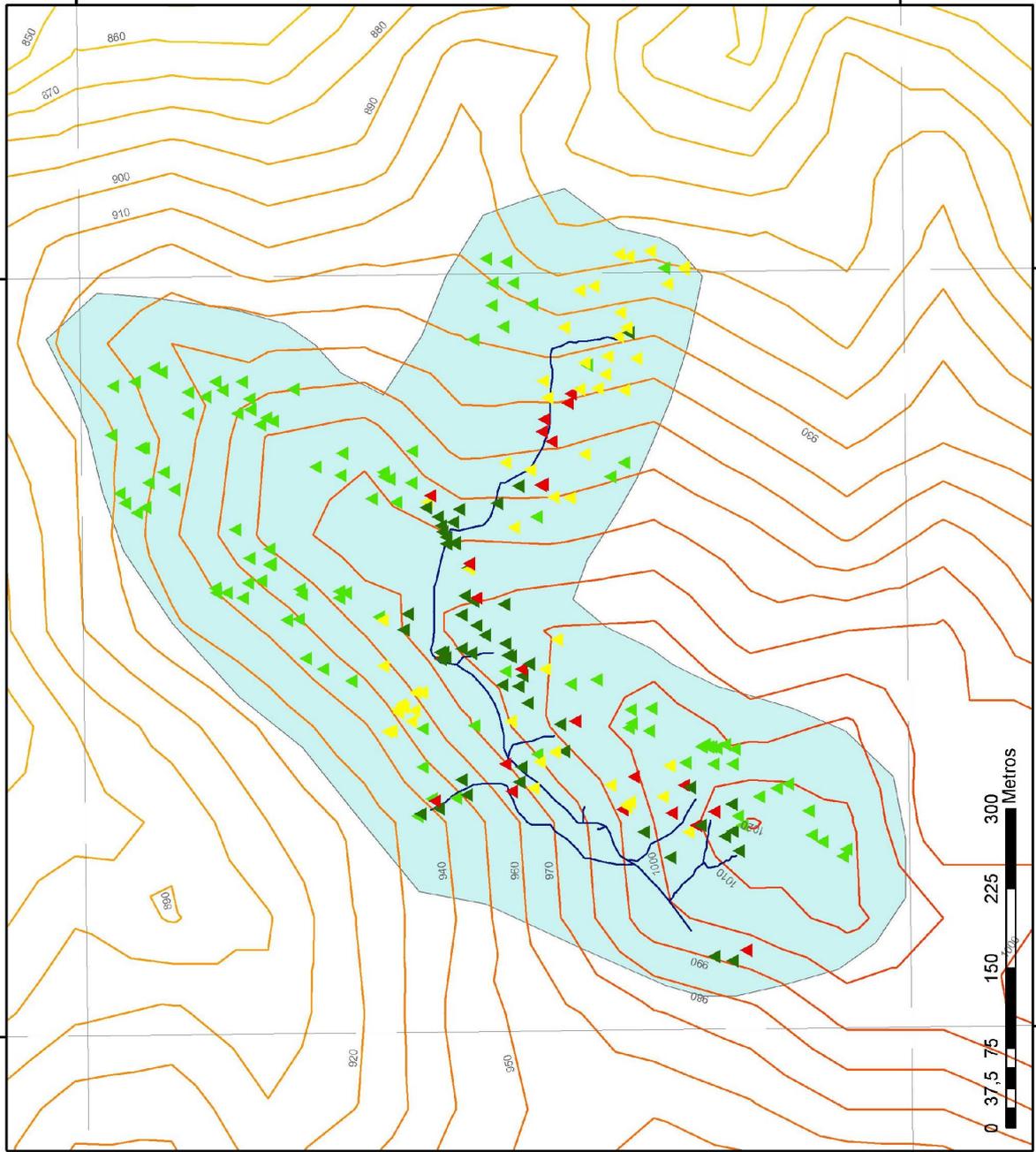
Campaña 2011 Eficiencia del aprovechamiento. Estado Final.

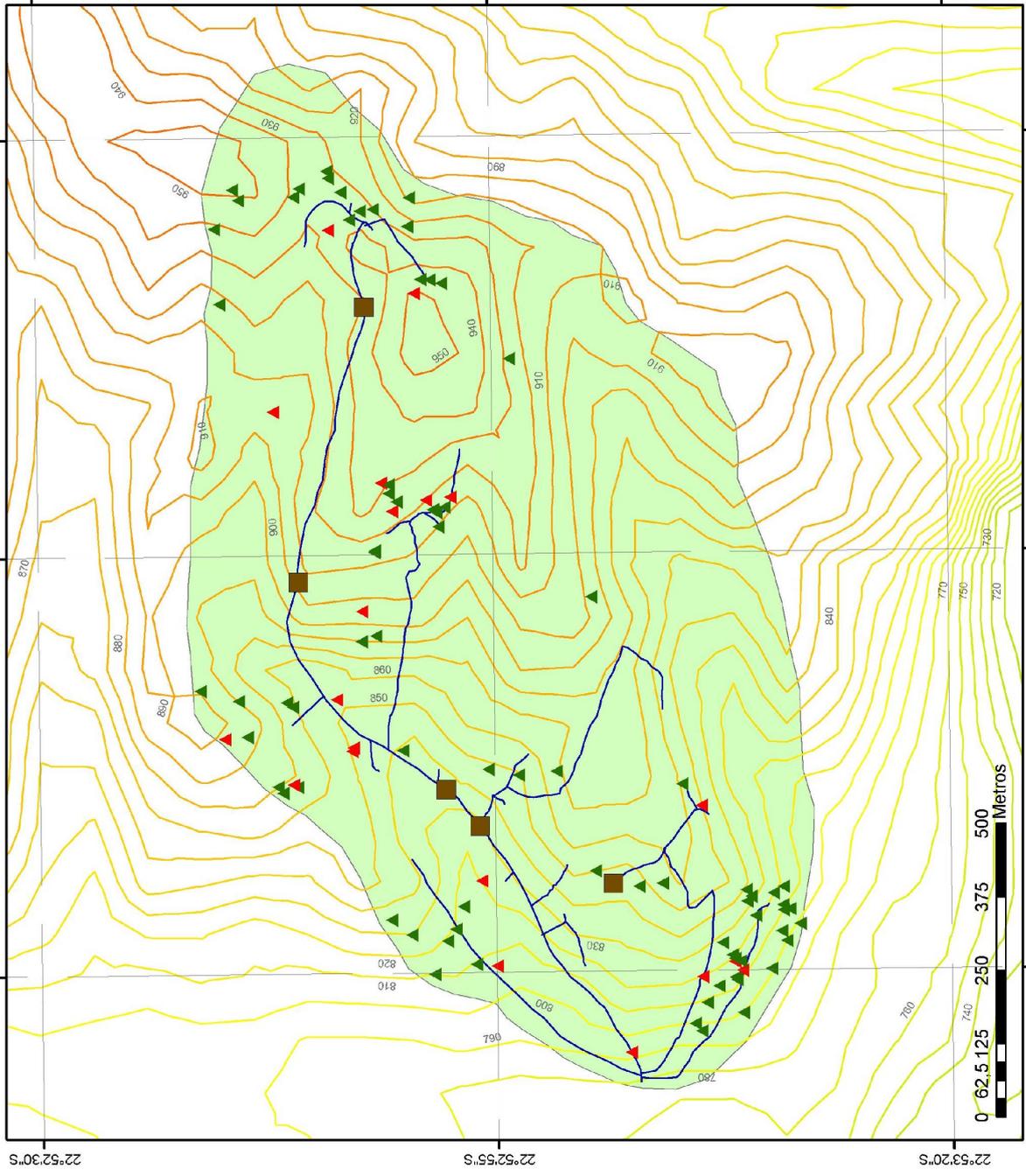


Referencias

| | | | | | | |
|--------|---|----|-----|----|-------------------|----------------|
| Estado | I | II | III | IV | RedAreaPiloto2011 | AreaPiloto2011 |
| | | | | | | |

I: Marcado, II: Volteado y abandonado;
III: Volteado, arrastrado y abandonado en canchón;
IV: Volteado, arrastrado y cargado;
RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.





M A P A 9

Campaña 2010

Eficiencia del aprovechamiento.
Distancia de arrastre.



Referencias

- Canchón

Estado

- ▲ III
- ▲ IV

— RedAreaPiloto2010

■ AreaPiloto2010

I: Marcado, II: Volteado y abandonado;
 III: Volteado, arrastrado y abandonado en canchón;
 IV: Volteado, arrastrado y cargado;
 RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.



22°52'30\"S

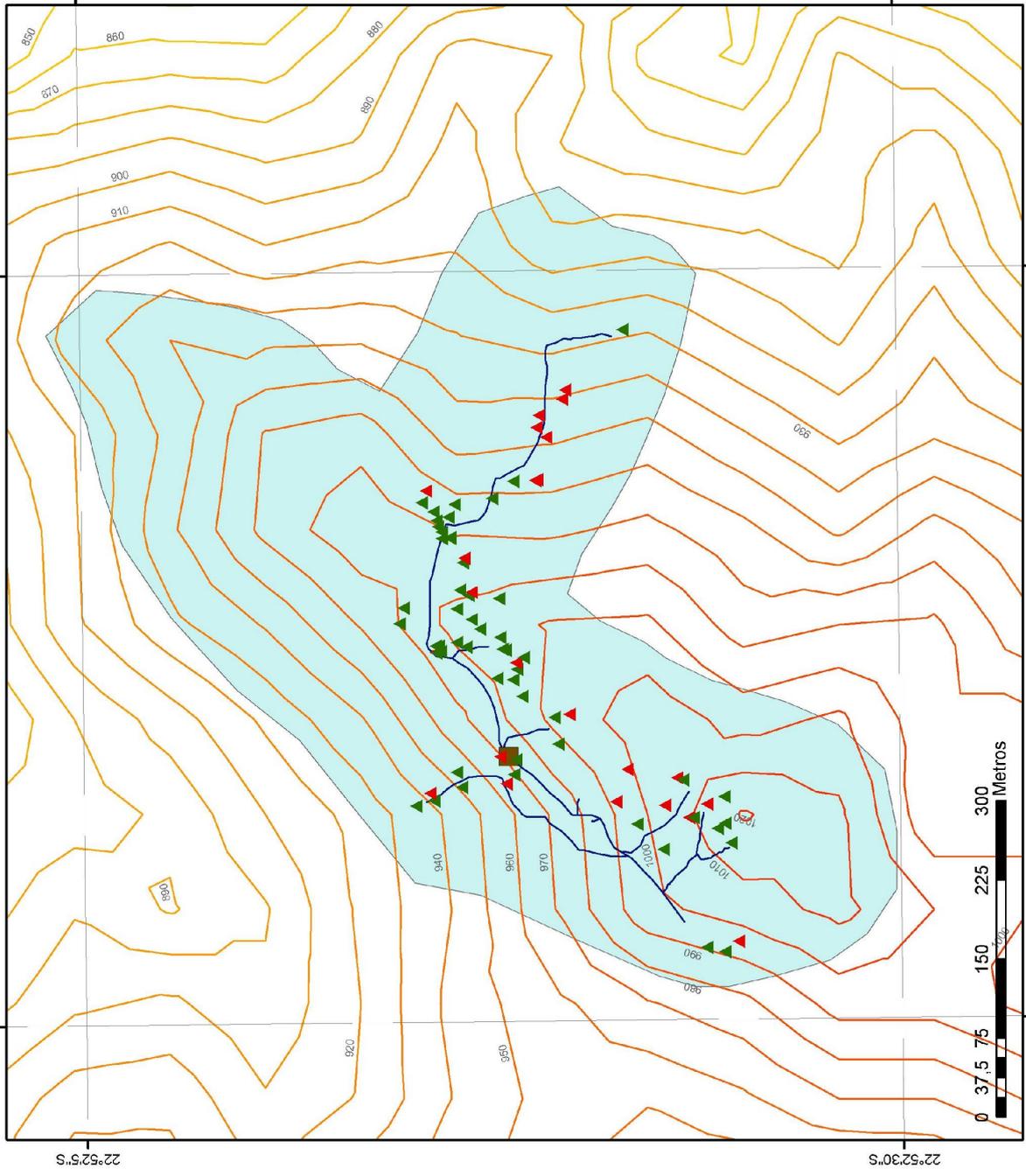
22°52'55\"S

22°53'20\"S

64°37'30\"W

64°37'5\"W

64°38'40\"W



M A P A 1 0

Campaña 2011
 Eficiencia del
 aprovechamiento.
 Distancia de arrastre.



Referencias

- Canchon

Estado

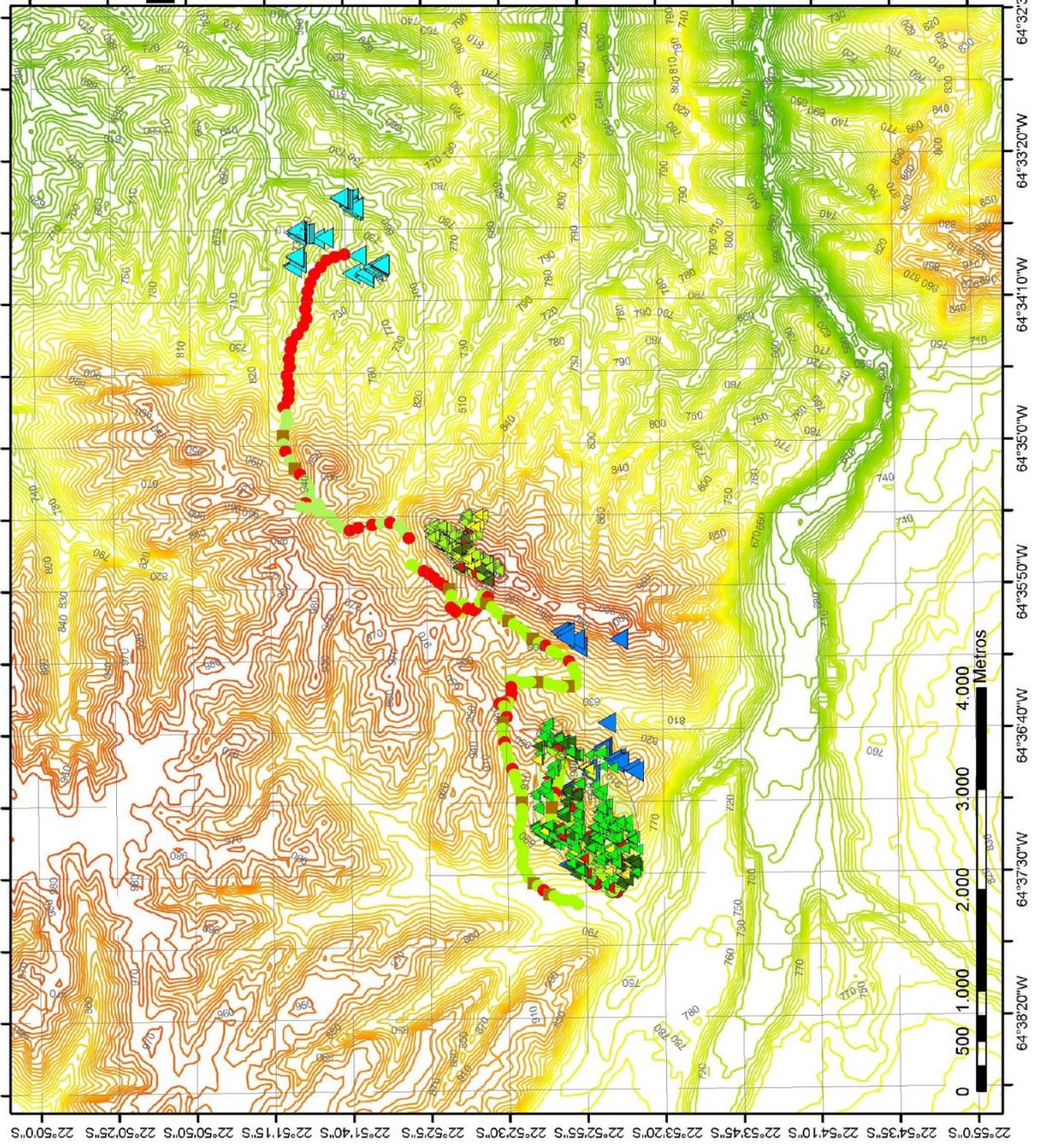
- III
- IV

- RedAreaPiloto2011
- AreaPiloto2011

III: Volteado, arrastrado y abandonado en canchón;
 IV: Volteado, arrastrado y caigado;
 RedAreaPiloto: Caminos y vías de saca del área piloto.

M A P A 11

Evaluación Aprovechamiento Forestal en Yungas 2010-2011.



Arboles2010: Arboles para evaluar Volteo Dirigido y Alteración de Estructura Forestal en 2010;
 Arboles2011: Arboles para evaluar Volteo Dirigido y Alteración de Estructura Forestal en 2011;
 CPp: Pendiente del Camino Principal;
 Pp: Pendiente de la picada;
 %: Porcentaje de la Pendiente;
 I: Marcado; II: Volteado y abandonado;
 III: Volteado, arrastrado y abandonado en canchón;
 IV: Volteado, arrastrado y cargado.