

IMPACTOS DE LAS OPERACIONES FORESTALES DE DERRIBO Y ARRASTRE EN EL SALTO, DURANGO

IMPACTS OF FELLING AND SKIDDING OPERATIONS AT EL SALTO, DURANGO

Juan Abel Nájera Luna¹, Oscar Alberto Aguirre Calderón², Eduardo Javier Treviño Garza²,
Javier Jiménez Pérez², Enrique Jurado Ybarra², José Javier Corral Rivas³ y Benedicto Vargas Larreta⁴

RESUMEN

El abastecimiento forestal incide tanto sobre la vegetación residual, como en el suelo y en las fuentes de agua de las áreas de aprovechamiento. Para cuantificar los impactos del derribo y arrastre sobre el arbolado residual y el suelo forestal en la región de El Salto, Durango, se realizó el seguimiento de dichas operaciones en 320 árboles comerciales en los ejidos El Brillante, La Campana, San Pablo y La Victoria. Se registraron los efectos directos en el fuste, la copa de los individuos residuales y en el suelo. La evaluación de los disturbios originados a este último se hizo en 1,182 puntos de control en las áreas de corta de los ejidos bajo estudio, en los cuales se midieron 50 huellas de arrastre por ejido para estimar el volumen de suelo removido. Los resultados mostraron que la efectividad del derribo es del 80%, por lo que constituye la operación con mayor incidencia en el arbolado residual. Se calcularon 3.5 árboles dañados por cada individuo derribado, y las especies más afectadas fueron las del género *Pinus*, con 42% del total. Se determinó que las alteraciones consideradas de moderadas a fuertes se presentaron en 24% de las áreas bajo aprovechamiento y por metro cúbico de madera arrastrada se remueven 0.481 m³ de suelo y materia orgánica.

Palabras clave: Abastecimiento forestal, aprovechamiento forestal, bosque natural, daños al arbolado residual, disturbios al suelo, impactos ambientales.

ABSTRACT

Quantification of environmental impacts of felling and skidding on residual trees and forest soil in El Salto, Durango, forest region by monitoring these operations on 320 felled and skidded commercial trees, was carried out in the El Brillante, La Campana, San Pablo and La Victoria Ejidos. Direct visual effects on stem and crown of residual trees were registered. In order to assess soil disturbances, 1,182 check points throughout the logging study areas were established. In order to determine the volume of soil removed by skidding, measurements of 50 tracks of skid trails in each ejido were recorded too. Results showed that felling effectiveness is 80%, and has the greatest impacts to residual trees. Estimates showed damage upon 3.5 of the remaining trees by each felled tree; pine species were the most damaged, amounting up to 42% of the total. It was also estimated that moderate to strong disturbances are present in 24% of the logging areas and for each cubic meter of skidded wood, 0.481 m³ of soil and organic matter are removed.

Key words: Forest supply, logging, natural forest, damage to residual trees, soil disturbance, environmental impacts.

Fecha de recepción: 10 de junio de 2010

Fecha de aceptación: 29 de septiembre de 2011

¹ Programa de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo-e: jalnajera@yahoo.com.mx.

² Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León

³ Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.

⁴ Instituto Tecnológico de El Salto.

INTRODUCCIÓN

Toda actividad de abastecimiento forestal causa, irremediablemente, algún impacto ya sea a la vegetación remanente, al suelo o a las fuentes de agua (Contreras *et al.*, 2001). Diversos estudios se han enfocado en aumentar el rendimiento y disminuir los costos de las operaciones de abastecimiento forestal; sin embargo, la evaluación de los daños que ocasionan es una tendencia que gana cada vez mayor interés, debido a la importancia ecológica que tiene la conservación y buen manejo de los recursos naturales (Limbeck-Lilienau, 2003).

Los efectos de la extracción maderable en el bosque residual varían en función de su intensidad, y pueden incluir cambios en las condiciones edáficas, daños y pérdida de individuos arbóreos, apertura del dosel o claros y disminución de la cobertura, alteraciones en la estructura y composición florística del rodal, erosión de suelos, contaminación del agua, reducción de la vida silvestre, modificación del hábitat, de la calidad de la madera y del volumen de los árboles (Cline *et al.*, 1991; Martins *et al.*, 1997; Toledo *et al.*, 2001).

Una vez que los aprovechamientos forestales se tecnificaron, se reconocieron los impactos en los árboles residuales y en el suelo (Akay, 2006; Eroğlu *et al.*, 2009). Cada sistema incide de distinta manera; la mala aplicación y supervisión de las operaciones de apertura de caminos, derribo y arrastre ocasionan serios daños en los bosques naturales, debido a la existencia de especies y árboles de diversas clases de edad (Han-Sup y Kellogg, 2000a; Solgi y Najafi, 2007; Yilmaz y Akay, 2008). Un daño excesivo en el arbolado residual detiene su crecimiento y por lo tanto, sus beneficios económicos futuros. Cualquier afectación en el fuste disminuye su calidad y su valor potencial (Han-Sup y Kellogg, 2000b; Clatterbuck, 2006).

Los individuos dañados en la parte interna de la corteza reaccionan formando áreas secas, como consecuencia del bloqueo de vasos y de barreras para la savia; aunque, se requiere la remoción de la corteza para que aumente el riesgo de ataque por hongos e insectos, lo que depende, además del tamaño de la herida, de la estación climática del año, la región geográfica y la especie (Wästerlund, 1992; citado por Lineros *et al.*, 2003). Para reducir los impactos es necesario tomar algunas medidas preventivas, como asegurar las direcciones de caída de los árboles durante el derribo, una buena planificación de los carriles y brechas de acceso, capacitar a los trabajadores forestales en técnicas de trabajo de bajo impacto y disminuir las distancias de arrastre, entre otras acciones (Yilmaz y Akay, 2008).

Existen diversas metodologías para evaluar los efectos del aprovechamiento, que se tienen que implementar una vez concluidos los trabajos o durante el avance de las operaciones (Contreras *et al.*, 2001). En el estado de Durango se carece de

INTRODUCTION

Every forest supply activity irremediably has some impact over the remaining vegetation, to the ground or water sources (Contreras *et al.*, 2001). Several studies have focused on increasing the yield and lower the cost of forest supply operations; however, the assessment of damages that they produce is a growing tendency, from the ecologic importance of conservation and good management of natural resources (Limbeck-Lilienau, 2003).

The effect of wood extraction in the residual forest varies according to their intensity and may include changes in the edaphic state, damages and loss of tree individuals, canopy opening and reduction of tree cover, altered stand structure and flora composition, soil erosion, water pollution, reduction of wildlife, habitat modifications as well as in wood and tree volume (Cline *et al.*, 1991; Martins *et al.*, 1997; Toledo *et al.*, 2001).

Once logging became managed by technology, the impacts upon residual trees and the ground were acknowledged (Akay, 2006; Eroğlu *et al.*, 2009). Each system affects in a different way; its wrong application and operations supervision of road opening, felling and skidding operations provoke serious damages to natural forests, due to the existence of species and trees of several age classes (Han-Sup and Kellogg, 2000a; Solgi and Najafi, 2007; Yilmaz and Akay, 2008). An excessive damage on residual trees stops their growth and thus, their future economic benefits. Any injury in the stem lowers its quality and potential value (Han-Sup and Kellogg, 2000b; Clatterbuck, 2006).

The individuals with damages in the internal part of the bark react by forming dry areas, as a consequence of vessel obstruction and sap barriers, even though the removal of bark is necessary to increase the risk of fungi or insect attack, which depends, too, of the size of the wound, of the season, the geographic region and the species (Wästerlund, 1992 in Lineros *et al.*, 2003). To lower impacts it is necessary to take some preventions, such as assuring the direction of tree felling, a good planning of access tracks and pathways, to train forest laborers on low-impact techniques and to reduce skidding distances, among several actions (Yilmaz and Akay, 2008).

There are several methodologies to assess the effects of logging that must be implemented once labors conclude during the operations advance (Contreras *et al.*, 2001). In Durango State, there is a lack of present-day information about the degree of damage that results from felling and skidding to residual trees and forest ground; therefore, the aims of the actual study are to quantify the effect of such operations in four forest ejidos in the El Salto region, at Durango State; to document these effects and make recommendations about corrective actions that help to improve logging.

información actualizada relativa al nivel de daños que ocasionan las actividades de derribo y arrastre al arbolado residual y al suelo forestal, por lo que los objetivos del presente estudio son cuantificar el efecto de dichas operaciones en cuatro ejidos forestales de la región de El Salto, Durango, documentar los efectos y recomendar las acciones correctivas que tiendan a mejorar los aprovechamientos forestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del área de estudio

La toma de los datos se realizó en los meses de enero a mayo del año 2009, en los bosques naturales de los ejidos El Brillante, La Victoria, San Pablo y La Campana, del municipio Pueblo Nuevo, Durango, los cuales forman parte de la región forestal de El Salto que se localiza en el sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Las altitudes fluctúan entre 1,400 y 2,600 m. El clima es semi-húmedo templado o semi-frío, que se vuelve templado o semi-seco en el lado oriental de la sierra. El área de estudio se caracteriza por presentar, en su parte alta, relieve característico y algunas mesetas alineadas en dirección suroeste a noreste, lomeríos y zonas onduladas; en la parte media, donde la altitud es más baja, las pendientes son de moderadas a fuertes y culminan en cañones, mismos que tienen una gran variación altitudinal y topografía generalmente escarpada. Por su ubicación geográfica, se tienen diversas condiciones de vegetación, desde masas puras de encino y pino hasta bosques mezclados de pino-encino (UCODEFO 6, 1997). De acuerdo con la información contenida en las cartas edafológicas (INEGI, 1988) y según la clasificación de Unidades FAO/UNESCO (1970) modificada por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (DETENAL, 1979), el área de estudio comprende diferentes tipos de suelos, pero predominan los Cambisoles, Litosoles, Feozems y Regosoles. Los tratamientos silvícolas utilizados en los predios bajo manejo forestal son el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y variantes del Método de Selección (SmartWood, 2004; 2005; 2006a; 2006b).

Métodos y maquinaria de aprovechamiento

El derribo del arbolado se lleva a cabo con motosierras, y el arrastre se hace con el apoyo de grúas mecánicas, *skidder* y tracción animal. La carga se realiza en forma manual y con motogrúa operada por dos cableros que enganchan y controlan el arrastre y carga de las trozas, un operador de motogrúa y un limpia bosques. Hernández y Alcazar (2003) denominan al sistema actual de arrime de trocería en México "jalón libre o directo", ya que el arrime se hace al ras del suelo, con un solo cable de acero sin estorbos, el cual se desenreda manualmente del carrete que contiene el malacate de la motogrúa. En el extremo del cable se afianza un gancho, que facilita el amarre

MATERIALS AND METHODS

Study area

Data were taken from January to May, 2009, in the natural forests of El Brillante, La Victoria, San Pablo y La Campana ejidos, of Pueblo Nuevo municipality, in Durango State, which are part of the El Salto forest region, which is located in the Sierra Madre Occidental mountain range. Altitudes have a range between 1,400 and 2,600 m. Climate is semi-humid and mild or semi cold, that becomes mild or semi dry in the Eastern face of the mountains. The study area has the typical profile of the upper lands and some flatlands aligned in the Southwest to Northwest direction, hills and wavy zones; in the middle part, where altitude is lower, there are slopes from soft to intense that get into canyons, which have altitude variation and a topography regularly craggy. In regard to its geographic location, there are diverse vegetation conditions, from pure oak and pine masses to mixed forests of pine and oak (UCODEFO 6, 1997). According to the information in soil maps (INEGI, 1988) and to the FAO/UNESCO (1970) Units adjusted by DETENAL (1979), the study area includes different types of soils, but Cambisols, Litosols, Feozems and Regosols, prevail. The forest management treatments used in the properties are the Forestry Development Method (MDS) and variations of the Selection Method (SmartWood, 2004; 2005; 2006a; 2006b).

Logging methods and machines

Tree felling is made with power saws and skidding by skidders and hauled by animals. Loading is man-made and with a motor crane operated by two persons who handle the cables that they hook and control hauling and loading of the logs, an operator of the motor crane and a person that takes care of leaving the place clean. Hernández and Alcázar (2003) name the present system of moving logs as "free or direct pull", since hauling is made very closet o the ground, with one single aerial cable, which is manually untangled from the coil that holds the winch of the motorcrane. At the extreme of the cable a hook is strengthened, which facilitates to tie up the load and that, regularly is made up by one single log. Direct pull rarely gets as far as 250 m in regard to the pathway; usually the average hauling distances are from 120 to 150 m.

Assessment of the of felling direction

In each ejido, 80 labeled trees were selected to be felled, by means of the selective cutting treatment, and were classified according to the criteria of Cordero and Meza (1992):

1. Well-made cut, no damages are observed and the direction and felling cuts are well oriented.

de la carga y que, por lo regular, se conforma de una sola troza. El jalón directo excepcionalmente alcanza distancias de 250 m, con respecto al camino; normalmente, se emplean distancias promedio de arrastre de 120 a 150 m.

Evaluación de la dirección de caída de árboles

Se seleccionaron al azar 80 árboles marcados para su derribo, en cada ejido, mediante el tratamiento de cortas selectivas, y se clasificaron según los criterios de Cordero y Meza (1992):

1. Corte bien realizado, no se aprecian daños y los cortes de dirección y de caída están bien orientados.
2. Corte bien realizado, no se aprecian daños, pero los cortes de dirección y de caída no están bien orientados.
3. Fractura de fuste en la parte inferior por caída sobre obstáculo.

Para determinar la calidad de los cortes en el derribo, se empleó la siguiente relación:

$$\% \text{ Tipo de corte} = \frac{\text{Suma de árboles por tipo de daño}}{\text{Total de daños}} \times 100$$

Evaluación de los años del arbolado residual por el derribo y arrastre

Para cuantificar el número y el tipo de daños a los árboles remanentes, a causa del derribo y arrastre de los 80 árboles seleccionados por ejido, se colectó la información de los individuos remanentes afectados de manera directa por la caída y los arrastres de los árboles. La evaluación de daños incluyó la siguiente información por árbol afectado:

1. Especie.
2. Diámetro normal o diámetro a la base
3. Altura del árbol

Tipo de daño en el árbol:

4. Árbol quebrado u oprimido
5. Árbol inclinado
6. Daño superficial a la corteza
7. Madera expuesta

Causa del daño:

1. Derribo
2. Arrastre

Tipo de daños a la copa:

8. Pérdida de menos del 33% de la copa
9. Pérdida de la copa entre 33-67%
10. Pérdida de más del 67% de la copa pero no total
11. Pérdida total de copa

2. Well-made cut, no damages are observed but the direction and felling cuts are not well oriented.
3. Fracture at the lower part of the stem as it fell over an obstacle.

In order to determine the quality of cuts for felling, the following relation was used:

$$\% \text{ Type of cut} = \frac{\text{Sum of cuts per individual class}}{\text{Total of cuts}} \times 100$$

Assessment of the years of the residual trees from felling and skidding

To quantify the number and type of damages to the remaining tree from felling and skidding of the trees that were selected from each ejido, the information about the remaining individuals affected directly from felling and skidding of trees. The assessment of damages includes the following information per affected tree:

1. Species
2. Normal diameter or diameter of the base
3. Tree height

Type of damage in the tree:

1. Broken or oppressed tree
2. Crooked tree
3. Superficial damage to the bark
4. Exposed wood

Cause of damage:

1. Felling
2. Skidding

Type of damages to the crown:

1. Loss of less than 33% of the crown
2. Loss of 33-67% of the crown
3. Loss of more than 67% of the crown, but not all
4. Total loss of the crown

The residual trees the following relation was used to determine damage percent of:

$$\text{Tree damage \%} = \frac{\text{Sum of trees by type of damage}}{\text{Total damage}} \times 100$$

Assessment of soil impacts

Contreras *et al.* (2001) pointed out that the evaluation of damages to the ground has the purpose of determining its degree of disturbance in the space considered. A sampling along transects of the whole logging area was made, with observation points every 20 m; 312 sampling spots covered 13 ha of El Brillante ejido;

Para determinar el porcentaje de daños al arbolado residual se empleó la relación:

$$\% \text{ Afectación del arbolado} = \frac{\text{Suma de árboles por tipo de daño}}{\text{Total de daños}} \times 100$$

Evaluación de impactos al suelo

Contreras *et al.* (2001) señalan que la valoración de daños al suelo tiene como fin determinar su nivel de alteración en la superficie considerada. Se realizó un muestreo a lo largo de transectos en la totalidad de la superficie bajo aprovechamiento, con observaciones cada 20 m; 312 puntos de muestreo correspondieron a 13 ha del ejido El Brillante, 238 puntos en 10 ha del ejido La Campana, 245 puntos en 10 ha del ejido San Pablo y 385 puntos en 15 ha del ejido La Victoria. La valoración de disturbios se hizo con base en la clasificación de Cordero y Meza (1992):

1. Sin disturbio: materia orgánica en su lugar, sin evidencia de compactación.
2. Algún disturbio: materia orgánica removida pero en su lugar.
3. Materia orgánica removida y suelo expuesto.
4. Suelo removido y exposición de los horizontes inferiores.

El porcentaje de afectación del suelo, se estimó con la siguiente relación:

$$\% \text{ Afectación al suelo} = \frac{\text{Suma de los puntos por clase individual}}{\text{Total de puntos evaluados}} \times 100$$

Adicionalmente, se eligieron al azar 50 carriles de arrastre por ejido y se midieron el largo, ancho y profundidad del arrastre, con esos datos se estimó el volumen de remoción del suelo y de materia orgánica.

Para estimar el volumen de los árboles arrastrados se utilizaron los modelos biométricos locales y se calculó el volumen de remoción de suelo por efecto del volumen arrastrado en esos mismos carriles.

Análisis estadístico

Las diferencias estadísticamente significativas entre el volumen de suelo removido por el arrastre de trozas en cada ejido se determinaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05. El análisis de datos se llevó a cabo con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS/STAT®(SAS, 2004).

238, 10 ha of La Campana ejido; 245, 10 ha of San Pablo ejido and 385, 15 ha of La Victoria ejido. Disturbance assessment was made according to the classification of Cordero and Meza (1992):

1. Without disturb: organic matter where it belongs, without compaction signs.
2. Some disturb: removed organic matter, but where it belongs
3. Removed organic matter and exposed soil.
4. Removed soil and lower horizons exposed.

Soil disturbance per cent was estimated by the following relation:

$$\text{Soil disturbance \%} = \frac{\text{Sum of points per individual class}}{\text{Total of assessed points}} \times 100$$

In addition, 50 skidding pathways per ejido were selected and length, width and skidding depth were evaluated; with those data, soil and organic matter volume removal were estimated.

In order to calculate the volume of the skidded trees, local biometric models were used, and the volume of removed soil from the skidded volume in those same pathways was determined too.

Statistical analysis

Statistical significant differences between the removed soil volume by log skidding in each ejido were determined by Tukey's mean test at a 0.05 significance level. Data analysis was made by following the GLM procedure of SAS/STAT®(SAS, 2004).

RESULTS

Felling quality

Effectiveness of tree felling in El Salto region is 80% (Figure 1); however, this activity is one of the most dangerous for forest workers, as any mistake about a unpredicted fall might mean problems to the operator, to the tree and neighboring trees (Poschen, 1993), which indicates that it is necessary to raise the level by gathering of techniques for the directional felling of low impact.

In regard to the effectiveness of felling by ejido, there is a better control in El Brillante with 90% of effectiveness, followed by La Campana (85%) and San Pablo (84%); while in La Victoria it hardly reached 64% (Figure 2), which makes evident the need to train the power-saw operators.

RESULTADOS

Calidad del derribo

La efectividad del derribo de árboles en la región de El Salto es del 80% (Figura 1); sin embargo, esta actividad representa una de las operaciones más peligrosas para los trabajadores forestales, cualquier error sobre una dirección no prevista de caída puede significar daños al operador, al árbol mismo y a los árboles vecinos (Poschen, 1993), lo anterior es indicativo de que se requiere elevar dicho nivel mediante el acopio de técnicas adecuadas para el derribo direccional de bajo impacto.

Referente a la efectividad del derribo por ejido, se tiene mayor control en El Brillante con 90% de efectividad, seguido por La Campana (85%) y San Pablo con (84%); mientras que, en La Victoria apenas se alcanzó 64% (Figura 2), lo que evidencia la necesidad de capacitar a los operadores de motosierra.

Afectación por género

La afectación del derribo y arrastre de trozas fue superior en las especies de *Pinus*, de tal forma que representaron 42% del total de los taxa dañados, seguidos por *Arbutus* y *Juniperus*, que en conjunto sumaron 38% de la afectación; mientras que *Quercus* spp. constituyeron solo 20% (Figura 3). Lo anterior, puede atribuirse a que *Pinus* spp. son las más abundantes por lo que la probabilidad de daño es más grande en comparación con las de los otros géneros impactados. En virtud de la proporción de daños en el arbolado de pino, es importante considerar la instrumentación de medidas tendientes a reducirlos, ya que estos individuos son los de mayor valor comercial.

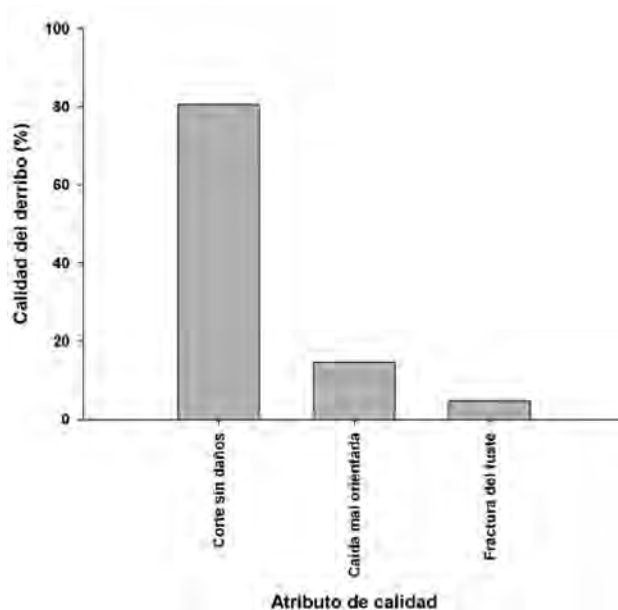


Figura 1. Calidad del derribo de árboles en la región de El Salto, Durango.

Figure 1. Tree felling quality in the region of El Salto, Durango.

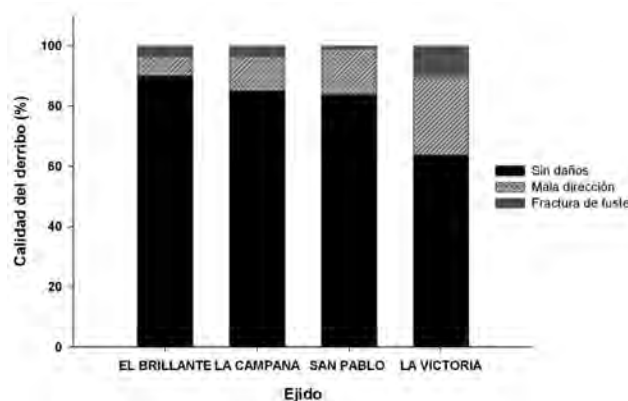


Figura 2. Calidad del derribo de árboles por ejido.

Figure 2. Tree felling quality by ejido.

Affectation by genus

The highest affectation from felling and log skidding was in *Pinus*, in such a way that they made up 42% of the total of the damaged taxa, followed by *Arbutus* and *Juniperus*, which, as a whole, sum up 38% of affectation; while *Quercus* spp. were 20% (Figura 3). This can be attributed to the fact that *Pinus* spp. are the most abundant, which favors the probability of damage compared to those of the other impacted genus. From the extent of damages in pines, it is important to consider the applications of measures that help to reduce them, since they are the individuals of higher commercial value.

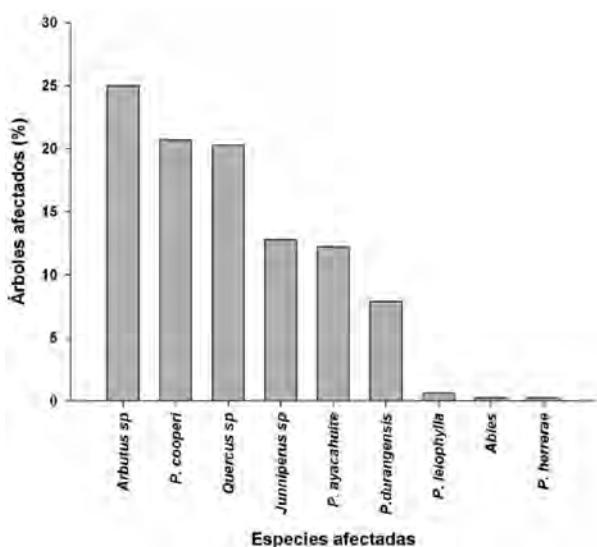


Figura 3. Afectación del derribo y arrastre por especie.

Figure 3. Felling and skidding affectation by species.

La afectación del derribo a especies económicamente valiosas fue superior en el ejido La Victoria con 54% de daños en *Pinus* spp., en San Pablo se registraron en 50% y en El Brillante en 46%; en cambio en La Campana alcanzaron solo 28%. Cabe señalar que en este predio se presentó la menor proporción de taxa para dicho género. En lo que respecta a *Arbutus* y *Juniperus*, los cuales son poco aprovechados, los efectos resultaron más marcados en el ejido La Campana (64%), seguido por San Pablo (39%); El Brillante y La Victoria tuvieron valores de 16% y 13%. La afectación sobre *Quercus* spp. fue más grande en los ejidos El Brillante y La Victoria con 17%; mientras que en La Campana y San Pablo fue de alrededor del 10% (Figura 4).

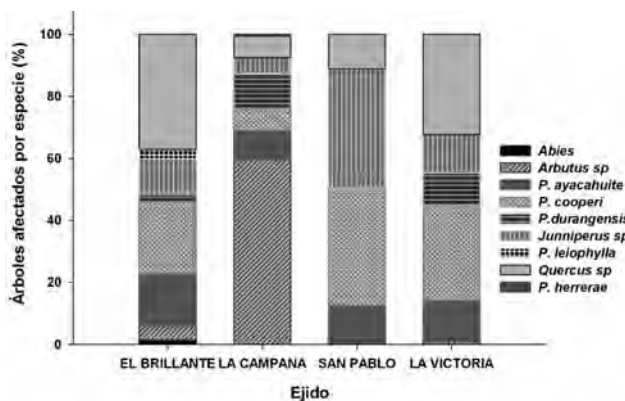


Figura 4. Daños del derribo y arrastre por especie y ejido.
Figure 4. Damages from felling and skidding by species and ejido.

Afectación del fuste de los árboles residuales por el derribo y arrastre

Los 320 individuos derribados y arrastrados dañaron de forma directa al fuste y copa de 1,143 árboles residuales, lo cual indica una afectación de 3.5 árboles residuales por árbol derribado y arrastrado. Respecto al derribo, 218 árboles impactaron de manera negativa en el fuste de 709 residuales de diferentes especies, con diámetros de 2 a 52 cm y alturas de 0.30 a 30 m. Lo anterior implica que por cada 10 ejemplares derribados, siete afectan a 22 de los residuales. Referente al arrastre, se detectó daño del fuste en 394 árboles residuales pertenecientes a varios taxa, con diámetros de 2 a 63 cm y alturas de 0.25 a 30 m, por el arrastre de 116 árboles. Esto sugiere que de 10 árboles arrastrados, cuatro afectan en forma directa a 12 de los residuales.

En la Figura 5 se observa que 52% de los árboles presentaron daños en la corteza, con diferentes intensidades que no ponen en riesgo su desarrollo, de ellos 19% correspondió a ejemplares inclinados, pero no fracturados, por lo que su recuperación está garantizada, y en 29% se registraron daños severos, desde heridas con exposición de madera hasta ruptura

The affectation of felling to economically valuable species was higher in La Victoria ejido 54% (*Pinus* spp.), 50% in San Pablo and 46% in El Brillante; in contrast, in La Campana, only 28%. It is worth noticing that in the latter, the smaller taxa proportion for such genus was present. In regard to *Arbutus* and *Juniperus*, which are poorly harvested, effects were more outstanding in La Campana ejido (64%), followed by San Pablo (39%); El Brillante (16%) and La Victoria (13%). The impact over *Quercus* spp. was more important in El Brillante and La Victoria (17%), while in La Campana and San Pablo was around 10% (Figure 4).

Stem affectation of residual trees from felling and skidding

The 320 felled and skidded directly damaged the stem and crown of 1,143 residual trees, which means an affectation of 3.5 residual trees per felled and skidded tree. Particularly about felling, 218 trees negatively impacted the stem of 709 residuals of different species, with diameters from 2 to 52 cm and heights from 0.30 to 30 m. This means that for every 10 felled examples, seven affect 22 residual. In regard to skidding, stem damage was found in 394 residual trees of several taxa, with diameters from 2 to 64 cm and heights from 0.25 to 30 m, from the skidding of 116 trees. This suggests that of every 10 skidded trees, four affect directly 12 residuals.

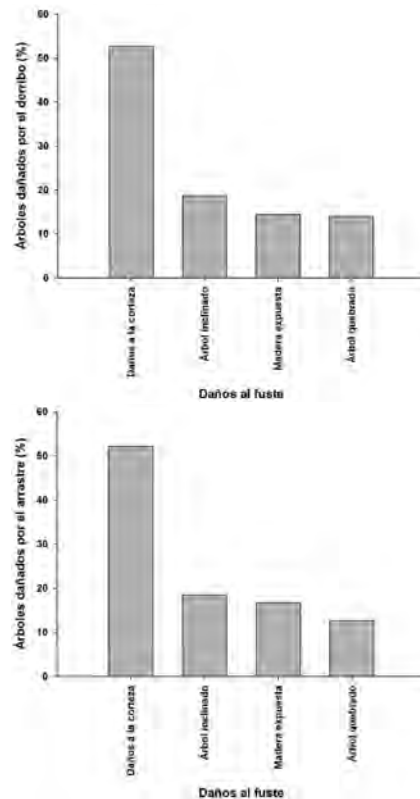


Figura 5. Daños al fuste de los árboles residuales por derribo (arriba) y arrastre (abajo).
Figure 5. Damages of the stem of residual trees by felling (up) and skidding (down).

del fuste, lo cual evidencia que la operación de derribo causa mayor daño a la masa arbórea residual que el arrastre.

La afectación por derribo fue superior en el ejido San Pablo, ya que 80% de los árboles presentaron daños superficiales en la corteza o con algún grado de inclinación; en tanto que, en La Campana se obtuvieron daños en 61% de los individuos; sin embargo, los más severos se observaron en esta localidad (38%) y consistieron en heridas con madera expuesta y fractura del fuste, en los otros ejidos el porcentaje fue de 20. En el caso del arrastre, el fuste mostró daño superficial en la corteza e inclinación de árboles residuales en 65 a 74% y valores más altos se determinaron para el ejido El Brillante, aunque los daños severos fueron menores en esa localidad (26%) (Figura 6).

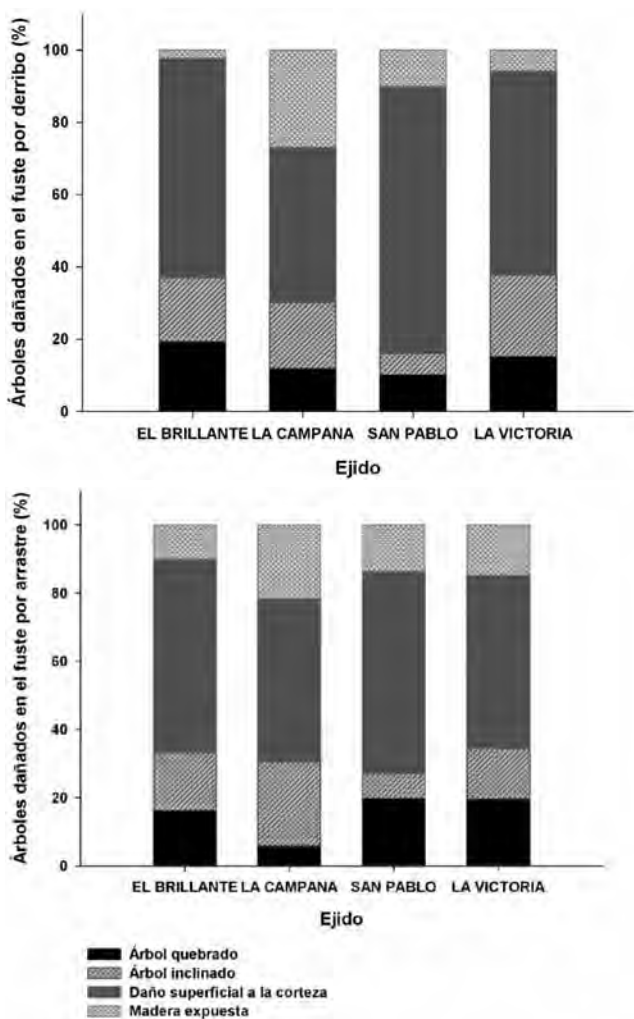


Figura 6. Daños al fuste de los árboles residuales por ejido; por derribo (arriba) y por arrastre (abajo).

Figure 6. Damages of the stem of residual trees by ejido, due to felling (up) and skidding (down).

In Figure 5 was observed that 52% of the trees showed new damages in the bark, with different intensities that do not risk their development; 19 of them were crooked but not broken, which guarantees its recovery, and 29% had severe injuries, from wounds with wood exposure to stem split, which makes evident that felling causes worse damage to the residual tree mass than skidding.

Felling impact was more intense in San Pablo, since 80% of the trees showed superficial injuries in the bark or were bent in some degree; while in La Campana damages summed up 61% of trees; however, the most intense were found in this location (38%) and were injuries with exposed wood and stem fracture, in the other ejidos, it was 20%. In regard to skidding, there was superficial damage on the stem, on the bark and crooked residual trees from 65 to 74% and higher values were present at El Brillante ejido, even when intense damages were lower in that location (26%) (Figure 6).

The most important damages occurred in La Campana and La Victoria. From every 10 trees that were felled, eight produced direct damages on the stem of 35 residuals in the first location and 28 in the second. For San Pablo, 19 trees were affected by 10 that were felled, and at El Brillante it was observed that for every 10 felled trees, six directly fell upon 16 residuals.

The greatest negative impact was determined in La Campana, where every 10 skidded trees, five affected the stem of 20 residuals; in El Brillante of the same number of skidded individuals, three impacted 10 standing trees; in San Pablo, five affected nine residual trees and in La Victoria, only two damaged the stem of eight residual (Figure 7). These suggests that the low effectiveness of felling in the La Victoria and La Campana ejidos, as well as skidding in the latter, result in a larger amount of damaged residual trees.

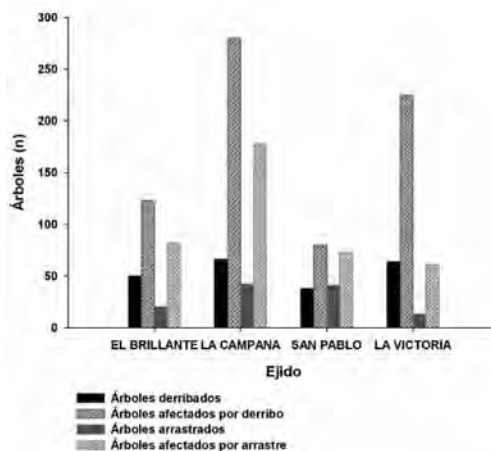


Figura 7. Daños por derribo y arrastre al fuste de árboles residuales.

Figure 7. Damages of the stem of residual trees by felling and skidding.

Los daños más importantes ocurrieron en La Campana y La Victoria. De cada 10 árboles que fueron derribados, ocho provocaron daños directos al fuste de 35 residuales en la primera localidad y 28 en la segunda. Para San Pablo fue de 19 árboles residuales afectados por 10 derribados, y El Brillante se observó que por 10 árboles derribados, seis incidieron directamente en 16 residuales.

El mayor impacto negativo por arrastre se determinó en La Campana, donde de cada 10 árboles arrastrados, cinco afectaron el fuste de 20 residuales; en El Brillante del mismo número de individuos arrastrados, tres impactaron a 10 árboles en pie; en San Pablo, cinco afectaron a nueve árboles residuales y en La Victoria, solo dos dañaron el fuste de ocho residuales (Figura 7). Lo antes expuesto sugiere que la baja efectividad del derribo en los ejidos La Victoria y La Campana; así como en la operación de arrastre en el último se traducen en una cantidad más grande de árboles residuales dañados.

Afectación de la copa de los árboles residuales por el derribo y arrastre

De los 320 árboles derribados, 162 afectaron directamente la copa de 306 árboles residuales con diámetros de 2 a 30 cm y alturas de 0.70 a 22 m, lo cual indica que de cada 10 árboles que son derribados, cinco dañan en forma directa la copa de 10 individuos. Por otra parte, solo cinco árboles arrastrados impactan la copa de cinco residuales, con diámetros de 2 a 10 cm y alturas de 0.50 a 3.50 m, es decir, por cada 10 árboles arrastrados 0.1 árboles afectan la copa de uno residual.

En cuanto a los daños simultáneos en el fuste y copa del arbolado residual, se determinó que 120 dañaron ambas estructuras de 253 árboles residuales, esto significa que de cada 10 árboles derribados, cuatro afectan directamente el fuste y la copa de ocho residuales. La Figura 8 muestra que 40% de los árboles dañados por efecto directo del arrastre de los ejemplares cosechados correspondió a la pérdida de menos del 33% de la copa, 40% con mayor afectación de la copa, pero no su pérdida y 20% correspondió a la pérdida total de la copa.

En lo referente al daño a la copa por el derribo, 58% de los árboles tuvieron afectaciones en menos de 1/3 de la copa, 36% con afectaciones mayores y 6% registraron la pérdida total de la copa.

El arrastre de cinco árboles comerciales incidió en la copa de igual número de ejemplares residuales (Figura 9); por lo tanto, la afectación se consideró mínima por ejido. La afectación más grande del derribo se observó en los ejidos La Campana y La Victoria, con la pérdida de copa del 28 y 24% del los arbolado residual; en El Brillante fue del 5% y en San Pablo no

Crown affectation of residual trees from felling and skidding

From the 320 felled trees, 162 directly affected the crown of 306 residual trees, with diameters from 2 to 30 cm and heights from 0.70 to 22 m, which indicates that from every 10 trees that are felled, five straightly affect the crown of 10 individuals. On the other side, only five skidded impact the crown of five residuales, with diameters from 2 to 10 cm and heights from 0.50 to 3.50 m, that is, for every 10 skidded trees, 0.1 trees affect the crown of one residual.

About simultaneous damages in the stem and crown of the residual trees, it was determined that 120 had both structures affected of 253 residual trees, which means that for every 10 trees that were felled, four impact directly stem and crown of eight residuales. Figure 8 shows that 40% of the damaged trees by direct effect of skidding of the logged samples had a crown loss below 33%; 40% with a greater affectation of the crown, but not the whole structure, and 20% with total crown loss.

In regard to crown damage from felling, 58% of trees had affectations in less than 1/3rd of the crown, 36% with important damages and 6% had total crown loss.

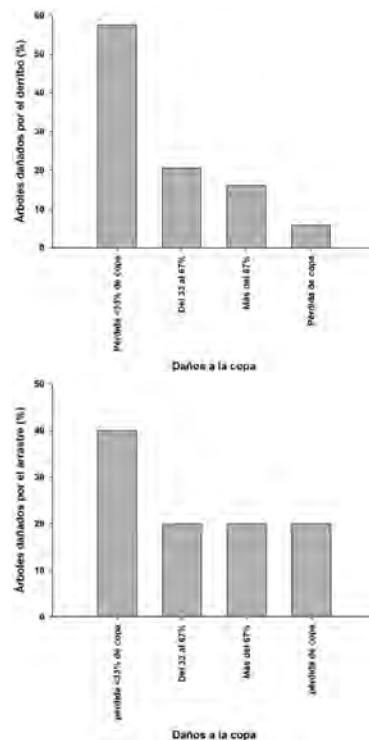


Figura 8. Afectación en la copa de los árboles residuales por derribo (arriba) y arrastre (abajo).

Figure 8. Impacts on the crown of residual trees from felling (up) and skidding (down).

se registró este tipo de daño. Lo anterior se relaciona con la efectividad del derribo, ya que en La Victoria resultó del orden de 64% y en La Campana, seguramente el mayor número de árboles dañados que se registraron, explica también el daño al 28% de la copa de los árboles residuales.

Remoción de suelo

La Figura 10 muestra que 52% de las áreas de corta no presentaron disturbio por efecto directo de las operaciones forestales; mientras que en 24% de la superficie aprovechada fueron moderados y 24% de ella fue severamente afectada por las actividades de aprovechamiento forestal, debido principalmente a las perturbaciones inducidas por el impacto de los carriles de arrastre, apertura o mantenimiento de caminos y por las brechas de saca.

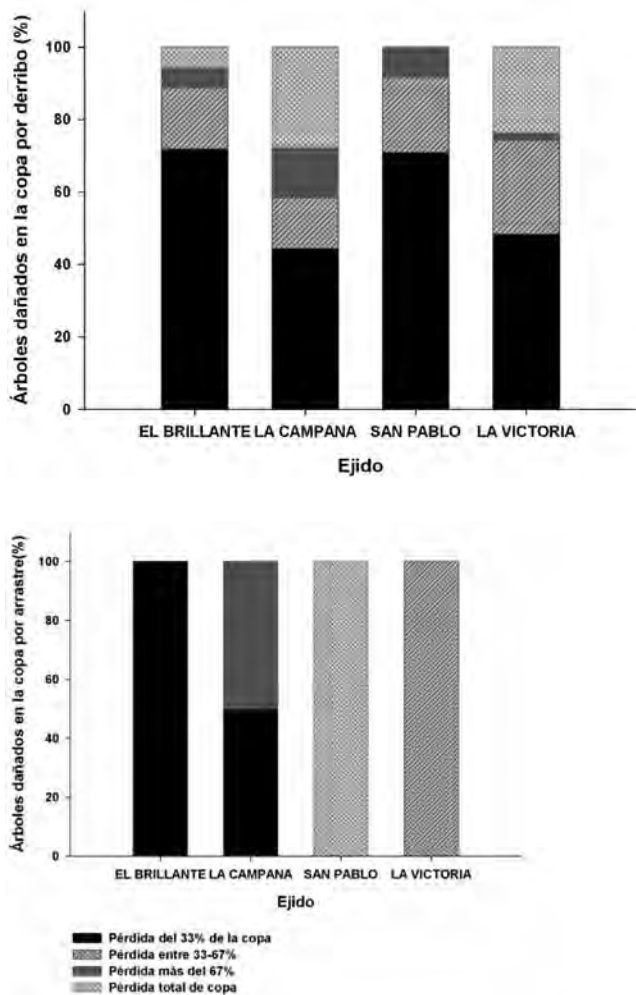


Figura 9. Afectación en la copa de los árboles por ejido, por derribo (arriba) y por arrastre (abajo).

Figure 9. Impacts on the crown of residual trees from felling (up) and skidding (down) by ejido.

Skidding of five commercial trees impacted the crown of the same number of residual elements (Figure 9); therefore, affectation was considered minimal by ejido. The greatest felling impact was observed in La Campana and La Victoria ejidos, with a crown loss of 28 and 24% of residual trees; in El Brillante it was 5% and in San Pablo, there was no record of this kind of damage. This is related to the effectiveness of felling, since in La Victoria it was around 64% and in La Campana, for sure, the greatest number of damaged trees that were recorded explains, too, 28% of crown damage in residual trees.

Soil removal

Figure 10 shows that 52% of cutting areas did not show any disturb as a direct consequence of forest operations; while in 24% of the area, they were mild and 24% of it was severely altered by human activities involved in logging, mainly due to induced disturbances by the impact of skidding paths, road opening and maintenance and for extraction paths.

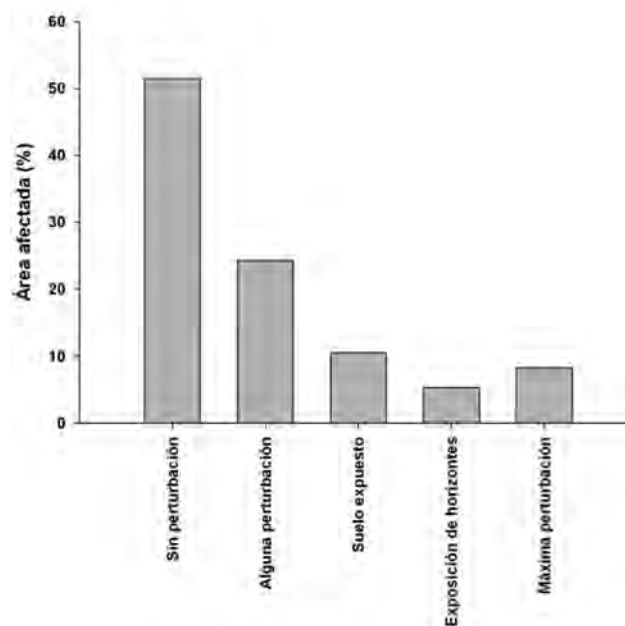


Figura 10. Remoción de suelo por tipo de disturbio.
Figure 10. Soil removal by type of disturbance.

At El Brillante ejido, affectations were more important since 28% of the area showed severe damages, followed by La Victoria with 25%; while San Pablo and La Campana registered intense disturb in 21% of the cutting areas, probably as a response to the small soil depth (Figure 11).

En el ejido El Brillante las afectaciones fueron más importantes ya que 28% de su superficie presentó fuertes daños, seguido por La Victoria con 25%; en tanto que San Pablo y La Campana registraron disturbios severos en 21% de las áreas de corta, posiblemente, como respuesta a la poca profundidad del suelo (Figura 11).

Remoción de suelo por arrastre de trocería

Los resultados del Cuadro 1 denotan que por metro cúbico de madera arrastrada, se remueven 0.481 m³ de suelo, y que la mayor remoción se tuvo en El Brillante, con diferencias significativas con respecto a los valores que se obtuvieron en los ejidos La Campana y San Pablo. En El Brillante y La Victoria la remoción de suelo responde a que son suelos profundos, a diferencia de los que existen en La Campana y San Pablo, los cuales son más someros, de ahí que la remoción de este y de la materia orgánica resultó ser menor.

Cuadro 1. Remoción de suelo por efecto del arrastre.

Table 1. Soil removal as a skidding impact.

Ejido	Carriles (n)	Media (m ³ sr m ³ ma)*	Desv Std. (m ³ sr m ³ ma)*
El Brillante	50	0.819 a	1.305
La Victoria	50	0.551 ab	0.688
La Campana	50	0.377 b	0.382
San Pablo	50	0.177 b	0.172
Total	200	0.481	0.797

Medias con la misma letra entre ejidos, no son significativamente diferentes Tukey $\alpha < 0.05$. * m³sr m³ma = Metros cúbicos de suelo removido por metro cúbico de madera arrastrada

Means with the same letter among ejidos are not significantly different; Tukey $\alpha < 0.05$. * m³sr m³ma = cubic meters of removed soils of skidded timber.

DISCUSIÓN

Jackson *et al.* (2002) estimaron en bosques tropicales de Bolivia una afectación de 44 árboles dañados por árbol extraído, de ellos, 22 árboles residuales fueron seriamente dañados y seis correspondieron a especies comerciales. También documentan que el fuste es la parte del arbolado residual más afectada, pues presenta desde daños superficiales a la corteza, hasta su desprendimiento y exposición del cambium. Por su parte, Johns *et al.* (1996), en un bosque de la Amazonia Oriental, citan que las operaciones de abastecimiento forestal no planeadas dañaron 16 árboles más que las actividades planeadas y la afectación en la copa de los árboles residuales fue de 4.5 árboles en la operación planeada, contra 7.4 árboles en la no planeada, por cada árbol derribado.

En un bosque amazónico, Veríssimo *et al.* (1992) estimaron que por individuo comercial aprovechado, 27 residuales son severamente dañados; Martins *et al.* (1997) determinaron

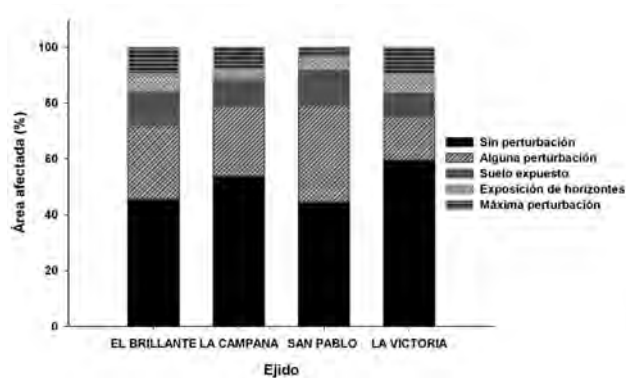


Figura 11. Remoción de suelo por ejido.

Figure 11. Soil removal by ejido.

Soil removal by log skidding

Results in Table 1 denote that for each cubic meter of skidded timber, 0.481 m³ of soil are removed, and the greatest removal occurred in El Brillante, with significant differences compared to the values of La Campana and San Pablo ejidos. In El Brillante and La Victoria soil removal is a behaviour from deep soils, in contrast to those in La Campana and San Pablo, which are slighter, thus favoring its removal and that of organic matter would be lower.

DISCUSSION

In tropical forests of Bolivia, Jackson *et al.* (2002) estimated an affectation of 44 trees damaged for each extracted tree, 22 residuals were seriously damaged and six were commercial species. It has been reported too, that the stem is the most affected part of the residual trees, as it shows superficial bark injuries up to loosening and exposure of cambium. Johns *et al.* (1996) in a forest of the Eastern Amazon, describe that in unplanned forest supply operations, 16 more trees were damaged than in planned activities, and the impact on the crown of residual forests was of 4.5 trees in the planned operation against 7.4 trees in the unplanned one for each felled tree.

In a forest of the Amazon region, Veríssimo *et al.* (1992) estimated that, for each commercial individual that was logged, 27 residuals are severely damaged; Martins *et al.* (1997) determined in two places with different species composition of a forest of Rondônia, Brazil, damages in 44 trees of the most diverse location and 32 where there was disturbance, with an average affectation of 38 trees per felled tree. Hernández and Delgado (1998) recorded in Durango that, for every 100 m³rw that were skidded by motorcrane, 11.2 m³rw of the trees with commercial size that keep standing in the hauling path suffer from damages from middle to intense, which, by themselves, have an effect upon timber value, that lowers; while in 81%

en un bosque de Rondônia, Brasil, en dos sitios con diferente composición de especies, daño en 44 árboles en el lugar con más diversidad y de 32 árboles en el que existía disturbio, con una afectación promedio de 38 árboles por árbol derribado. Hernández y Delgado (1998) consignan en Durango por 100 m³r que se arrastran con motogrúa, 11.2 m³r de los árboles con dimensiones comerciales que permanecen en pie dentro del carril de arrime reciben daños entre medianos y severos que, a su vez, repercuten en una disminución del valor de su madera; mientras que 81% de los árboles no comerciales presentan daños irreparables y mueren dejando temporalmente desprotegido al suelo y, por tanto, pienso a que se inicie la formación de cárcavas.

En el presente trabajo, los árboles dañados se estimaron a razón de 3.5 árboles residuales por árbol comercial derribado y arrastrado. Se coincide con los autores antes citados en que la afectación más importante a la masa arbórea residual corresponde al fuste, por lo que es necesario fomentar y mejorar las técnicas de derribo de bajo impacto, ya que gran parte del impacto negativo resultó de una dirección no planeada de caída.

En cuanto a las operaciones de arrastre, se recomienda trazar los carriles en áreas donde se dañe el menor número de árboles de alto valor económico, como las del género *Pinus*, pues se observó que por su abundancia son las más afectadas.

En lo referente a los disturbios del suelo por efecto de las operaciones forestales, Jackson *et al.* (2002) observaron que en un bosque tropical boliviano 45.8% de la superficie bajo aprovechamiento tuvo este tipo de impactos en 25% a causa de los carriles de arrastre, caminos y patios de acopio o embarcaderos. Así mismo, Ohlson-Kiehn *et al.* (2003) documentan que la superficie alterada por carriles de arrastre fluctuó entre 3.9 y 5.1% del área total de suelo en bosques tropicales de Bolivia. De los resultados que aquí se presentan, 24% corresponden al arbolado del suelo afectado, 11% a suelo expuesto, 5% a suelos con exposición de horizontes por efecto del arrastre de trozas y 8% con máximos disturbios por efecto de la apertura de caminos, brechas y carriles de arrastre, por lo que para mitigar el impacto de la remoción de suelo en los últimos se recomienda clausurarlos con el material residual de los aprovechamientos, como una forma de evitar el arrastre y pérdida del material.

CONCLUSIONES

La eficiencia del derribo es del 80% en la región de El Salto, Durango, la cual se considera baja por el riesgo de ocurrencia de daños físicos a los operadores y al arbolado residual, que se estimó en 3.5 individuos dañados por efecto directo de las operaciones de derribo y arrastre, de estos, el primero causa mayores daños.

of non-commercial trees show irreversible damages and die, leaving the soil unprotected for a while, and thus, vulnerable of starting the formation of gullies.

In this study is recorded that the damaged trees were estimated at a ratio of 3.5 residual trees per commercial felled and skidded tree. Coincidence with the former quoted authors was found in that the most important impact on the tree mass is the stem, which it is necessary to foment and improve low-impact felling techniques, since a great proportion of the negative impact came from a non-planned fall direction.


In what refers to skidding operations, it is advised to trace paths in places where the least number of trees of high economic value is damaged, such as those of the genus *Pinus*, since it was observed that, since they are abundant, they are highly affected.

In regard to soil disturb by forest operations, Jackson *et al.* (2002) observed in a tropical forest of Bolivia, that 45.8% of the logging area, 25% had this sort of impacts due to skiddings paths, roads and piling or loading yards. Ohlson-Kiehn *et al.* (2003) too documented that the area altered by skiddings paths varied from 3.9 and 5.1% of the total soil area of tropical forests of Bolivia. The results of this paper show that 24% are of tree from altered soil, 11% belong to exposed soil, 5% of soils that expose horizons as a results of log skidding and 8% with the most intense disturb as an effect of road, path and skidding path opening, so that, in order to mitigate the impact on soil removal of the latter, it is advised to close them with residual material from loggings, as a way to avoid skidding and soil loss.


CONCLUSIONS

Felling efficiency is of 80% in El Salto, Durango State region, which is considered low considering the risk of physical damage to the operators and the residual trees, which was estimated in 3.5 individuals directly damaged by felling and skidding operations; from them, the first one provokes the worst injuries.

Logging areas without soil disturbance were 52% of the total; 24% are moderate and 24% of the surface has severe alterations with soil removal and organic matter of 0.481 m³ per cubic meter of skidded wood.

Effectiveness in felling and skidding must be improved by training the workers in low- impact directing techniques: skidding paths must be reduced and to trace them in areas where they provoke the least damage to the trees, as well as their closure once the extraction of forest product ends. 

Las áreas bajo aprovechamiento forestal sin disturbio en el suelo correspondieron al 52% del total; 24% son moderadas y 24% de la superficie tiene afectaciones severas con una remoción de suelo y materia orgánica de 0.481 m³ por metro cúbico de madera que se arrastra.

La efectividad en el derribo y arrastre deben elevarse mediante la capacitación a los trabajadores en técnicas de derribo direccional de bajo impacto; se deben reducir los carriles de arrastre y trazarlos en áreas donde provoquen el menor daño al arbolado, así como su clausura una vez terminada la extracción de los productos forestales. 

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) y a la Fundación Produce Durango A.C por el financiamiento brindado a los proyectos: 566.07-P "Evaluación Operacional, Biométrica y Ambiental del Aprovechamiento Forestal en la región de El Salto, Durango" y 10-2007-0452 "Evaluación Integral del Proceso Productivo Maderable" de los cuales se generó el presente trabajo. Al Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología Unión Europea-México (FONCICYT, Proyecto: 92739) por propiciar la colaboración entre las instituciones involucradas en este trabajo.

REFERENCIAS

- Akay, A., M. Yilmaz and F. Tongue. 2006. Impact of harvesting machines on forest ecosystem: Residual stand damage. *Journal of Applied Sciences* 6(11):2414-2419.
- Clatterbuck, W. K. 2006. Logging damage to residual trees following commercial harvesting to different overstory retention levels in a mature hardwood stand in Tennessee. In: Connor, K. F. (Ed.). *Proceedings of the 13th biennial southern silvicultural research conference*. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. Gen. Tech. Rep. SRS-92. Asheville, NC, USA. 640 p.
- Cline, M. L., B. F. Hoffman, M. Cyr and W. Bragg. 1991. Stand Damage Following Whole-Tree Partial Cutting in Northern Forests. *Northern Journal of Applied Forestry* 8(2):72-76.
- Contreras, F., W. Cordero y T. S. Fredericksen. 2001. Evaluación del aprovechamiento forestal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOP) USAID. Santa Cruz, Bolivia. 43 p.
- Cordero, W. y A. Meza. 1992. Algunas Notas sobre Prácticas de Aprovechamiento Forestal Mejorado. In: V Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATE. Turrialba, Costa Rica. 52 p.
- Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (DETENAL). 1979. Carta geológica. El Salto, Durango. Escala 1:50,000. F13- A18. s/p.
- Eroğlu, H., U. Ö. Öztürk., T. Sönmez., F. Tilki and E. Akkuzu. 2009. The impacts of timber harvesting techniques on residual trees, seedlings, and timber products in natural oriental spruce forests. *African Journal of Agricultural Research*. 4(3):220-224.
- Han-Sup, H. and L. D. Kellogg. 2000a. Damage characteristics in young Douglas-Fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry*. 1(1):27-33.
- Han-Sup, H. and L. D. Kellogg. 2000b. A comparison of sampling methods for measuring residual stand damage from commercial thinning. *International Journal of Forest Engineering*. 11(1):63-69.
- Hernández D., J. C. y C. Alcázar. 2003. Sistema combinado para el arrime de trocería, con motogrúa y cable aéreo. Manual básico de instalación y operación. Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. UJED. Folleto Técnico No. 1. Durango, Dgo. México. 36 p.
- Hernández D., J. C. y M. Delgado. 1998. Análisis del arrime de trocería con motogrúa en una empresa forestal (Estudio de caso). Folleto científico No. 6. Campo Experimental "Valle del Guadiana". CIRNOC-INIFAP. Durango, Dgo. México. 39 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1988. Cartas topográficas, hidrológicas y edafológicas Escalas 1:50,000 y 1:250,000. El Salto, F13-A18. SPP. México, D.F. México.
- Jackson, S., T. S. Fredericksen and J. R. Malcolm. 2002. Area disturbed and residual stand damage following logging in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management*. 166(1-3):271-283.
- Johns, J. S., P. Barreto and C. Uhl. 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*. 89(1-3):59-77.
- Limbeck-Lilienau, B. 2003. Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. In: Limbeck-Lilienau, Steinmüller and Stampfer (Eds.). *Proceedings of the Austro 2003 meeting: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5-9, 2003, Schlägl-Austria*. 11 p.
- Linos P., M., B. Espinosa y A. Jiménez. 2003. Daño a los árboles remanentes por sistema harvester-forwarder en raleo comercial de *Pinus radiata* D. Don. *Bosque* 24 (1): 87-93.
- Martins, E. P., A. D. Oliveira y J. R. Scolforo. 1997. Avaliação dos danos causados pela exploração florestal à vegetação remanescente, em florestas naturais. *Cerne* 3(1):14-24.
- Ohlson-Kiehn, C., A. Alarcón y U. Choque. 2003. Variación en disturbios del suelo y el dosel causados por aprovechamiento de diferentes intensidades en un bosque tropical húmedo de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. BOLFOP. Documento Técnico 131/2003. USAID/ Santa Cruz, Bolivia. 31 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (FAO-UNESCO). 1970. Clave de unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Proyecto FAO-UNESCO. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México, D. F. México. 36 p.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) and the Fundación Produce Durango A.C for the financial support provided to the projects 566.07-P "Evaluación Operacional, Biométrica y Ambiental del Aprovechamiento Forestal en la región de El Salto, Durango" and 10-2007-0452 "Evaluación Integral del Proceso Productivo Maderable" which were the basis of the actual paper. To the Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología Unión Europea-México (FONCICYT, Project: 92739) as they promoted the cooperation among the institutions involved in this work.

End of the English version

- Poschen, P. 1993. Forestry, a safe and healthy profession? *Unasylva*. 44(172):3-12.
- Statistical Analysis System (SAS). 2004 *SAS/STAT[®] 9.1.2. User's Guide*. : SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1028 p.
- SmartWood. 2004. Resumen Público de Certificación del Ejido San Pablo. Certificado SW-FM/COC-218. <http://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/site-documents/forestry/documents/ejidoforestalsanpablofmpubsum04.pdf>. (24 de marzo de 2010).
- SmartWood. 2005. Resumen Público de Certificación del Ejido El Brillante. Certificado SW-FM/COC1256. <http://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/site-documents/forestry/documents/ejidoelbrillantefmpubsum05.pdf>. (24 de marzo de 2010).
- SmartWood. 2006a. Resumen Público de Certificación del Ejido La Victoria. Certificado SW-FM/COC154. <http://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/site-documents/forestry/documents/lqampana.pdf>. (24 de marzo de 2010).
- SmartWood. 2006b. Resumen Público de Certificación del Ejido La Campana. Certificado SW-FM/COC-1157. <http://www.rainforest-alliance.org/sites/default/files/site-documents/forestry/documents/lqampana.pdf>. (24 de marzo de 2010).
- Solgi, A. and A. Najafi. 2007. Investigating of residual tree damage during ground-based skidding. *Pakistan Journal of Biological Science*. 10(10):1755-1758.
- Toledo, M., T. Fredericksen, J. C. Licona y B. Mostacedo. 2001. Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semidecidual pluviestacional de Bolivia. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. BOLFOR Documento Técnico 106/2001. USAID/ Santa Cruz, Bolivia. 23 p.
- Unidades de Conservación y Desarrollo Forestal Número 6 (UCODEFO 6). 1997. Memoria general de predios del programa de manejo forestal 1997-2007. El Salto, Durango, México. 207 p.
- Veríssimo, A., P. Barreto, M. Mattos, R. Tarifa and C. Uhl. 1992. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian Frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management* 55(1-4): 169-199.
- Yilmaz, M. and A. Akay. 2008. Stand damage of a selection cutting system in a uneven aged mixed forest of Cimendagi in Kahramanmaras-Turkey. *International Journal of Natural Engineering Sciences*. 2(1):77-82.