

# DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE ALTERADA CON USO DE GPS<sup>1</sup> EN OPERACIONES DE MADEREO CON SKIDDER

*GPS use for disturbed areas determination in harvest skidder operations*

Miguel Parra Olave

Consultor Forestal y Ambiental. Talca – Chile. E-mail: miguelparraolave@yahoo.es.

Recibido: 16-09-06 / Aceptado: 06-12-06

## RESUMEN

El maderero terrestre (extracción de rollizos desde el bosque a lugar de acopio) provoca alteraciones negativas al suelo, en términos de su perfil y extensión en superficie afectada. En virtud de este problema, en Chile, se han venido desarrollando una serie de trabajos con diversas orientaciones con el propósito de cuantificar los efectos y, últimamente, pautas de mejores prácticas para evitarlos y mitigarlos, abriendo con esto la posibilidad de contar con información para las empresas que desean y necesitan iniciar o mantener procesos de certificación forestal. No obstante, existe aun escasa o nula información práctica a nivel nacional. Por ello y de manera de contribuir a reducir la escasez de información y, además, verificar las ventajas del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se controló el tránsito de un skidder en maderero tradicional y en vías de saca preestablecidas (cada 20, 40, 60 y 80 m), siendo el propósito fundamental determinar y comparar la superficie alterada bajo los dos métodos de operación indicados. Para ambos casos las condiciones de suelo, bosque y pendiente (0 – 10 %) fueron las mismas. Como resultados se confirman indicadores de estudios foráneos, donde por el método tradicional se produce una alteración de hasta un 36% de la superficie afecta. En cambio, cuando se preestablecen vías de saca cada 80 m, por ejemplo, el área afectada se reduce al 9%.

**Palabras clave:** Vías de saca preestablecidas, monitoreo GPS, métodos de maderero, superficie alterada.

## ABSTRACT

Logging (extraction of wood logs from the forest to storing place) causes negative alterations to the soil, in terms of its profile and extension in affected surface. For this reason, in Chile, they have come developing several works with diverse directions in order to quantify the effects and, lately, guidelines of better practices to avoid them and to mitigate them, opening with this the possibility to obtain information for the companies that need to start or to maintain forest certification processes. Nevertheless, there is still not enough practical information at national level. For that reason, and as a way to reduce this problem and, in addition, to verify the advantages of the Global Positioning System (GPS), the skidder traffic in traditional extraction and in pre-established skid trails was controlled (each 20, 40, 60 and 80 m), being the fundamental purpose to determine and to compare the modified surface under the two indicated methods of operation. For both, conditions of soil, forest and slope (0 - 10 %) were the same. As results, external rate are confirmed, in which through the traditional method it's produced a change till 36% to the surface. On the other hand, when skid trails are preestablished (each 80 m. i.e.), the affected area it's reduced to 9%.

**Key words:** Preestablished skid trails, GPS monitoring, extraction methods, disturbed area.

## INTRODUCCIÓN

En los efectos directos que provoca la cosecha de árboles y, específicamente el maderero terrestre, la magnitud de éstos dependerá de la convergencia de una serie de factores, entre los que se pueden mencionar las condiciones de suelo, equipos (tipo y cantidad) y época del año en que éstos trabajan en el sitio (Parra, 1997).

Respecto de las condiciones de suelo, es reconocido que éstas presentan una gran diversidad debido al origen, ubicación y manejo de éste. Por otra parte, la creciente innovación tecnológica a partir de la década del noventa permitió incorporar a las faenas de cosecha más y mejores equipos, lo que se

tradujo en mejores estándares productivos por línea de trabajo; esto principalmente en los sistemas llamados terrestres, logrando de 2.500 a 20.000 m<sup>3</sup> mensuales para tradicionales y altamente mecanizados, respectivamente<sup>2</sup> (Lagos, 1997; Luzio, 1992; Parra, 2001; Peña, 1992).

En este marco, es factible estimar que las alteraciones provocadas por el maderero (remoción, ahuellamiento y compactación) se han hecho más extensivas (superficie) e intensivas (perfil) (Block *et al.*, 2002; Hutchings *et al.*, 2002; Mc Donagh y Balbuena, 1997; Nugent *et al.*, 2003; Pennington *et al.*, 2001; Stone, 2002; Williamson y Neilsen, 2003).

De acuerdo a lo indicado y con los objetivos de mejorar las prácticas de trabajo y hacer un mejor

uso del suelo, se han realizado investigaciones tendientes a cuantificar los efectos antes mencionados y su relación con los cambios de productividad del sitio: manuales de “mejores prácticas”, productividad poscosecha y modelos de fragilidad, entre otros (Dykstra y Heinrich, 1994; FAO, 1997; Gayoso, 1995; Gayoso, 1997; Gayoso e Iroumé, 1993; Gayoso y Acuña, 1999; Gayoso y Alarcón, 1999; Waters *et al.*, 2004).

Cabe indicar, además, que la mayoría de los estudios en torno a la alteración del suelo se han enfocado a cuantificar la erosión y su incidencia en los cursos de agua. Por ello, resulta relevante la orientación hacia trabajos que permitan conocer la interacción madereo-suelo, en términos de: planificación (vías de saca, asignación equipos, configuración de sistemas, rendimientos), factores (tipo equipo, peso, sistema rodado), efectos (remoción, ahuellamiento, compactación) y cambio en las propiedades del suelo (Senyk y Craigdallie, 1997). Asimismo, se considera la necesidad de contar con información para incorporar e implementar procesos de certificación ambiental, los que hoy aparecen como ineludibles a la hora de mantener un mercado externo cada vez más exigente en aspectos ambientales (Vega, 2001).

Se puede entender como amplitud de los efectos al área afectada y al volumen de suelo removido, producto de las diferentes prácticas de madereo que se realicen. Krag *et al.* (1991) proporcionan, en base a distintas referencias, diferentes grados de alteración para algunos equipos o sistemas de madereo. Estudios realizados en Washington, Idaho, Oregon y norte de California indican alteraciones de 20 a 35% del área cosechada para un tractor forestal tradicional y de sólo 11 a 16% al usar sistemas de cables (Tiro alto y torre de madereo). También, señalan alteraciones de 5 a 14% por el uso de torres de madereo (skyline system).

En British Columbia, según los mismos autores, algunos estudios han arrojado valores promedio de alteración de 15 a 45% en madereo terrestre; 22 a 30% para el uso de yarder grapple (cable aéreo con garra); y de 11 a 16% para el sistema de tiro alto. Enfatizan, además, que el madereo terrestre, excluyendo caminos y canchas, ha llegado a valores de hasta 49%.

Wästerlund (1994) hace referencia al problema en términos de tala rasa (madera larga) y raleos (madera corta), cuyas faenas demandan distintos equipos. Para el primer caso, indica que el área al-

terada por huellas puede encontrarse en un rango de 15 a 35 %, cifra que puede llegar hasta un 80 %. En el caso del raleo, según las prácticas europeas, se establece que el área afectada puede alcanzar entre 12 a 25 %. Esto, tomando como base que los mismos caminos y vías de saca serán usados en todas las intervenciones (1 a 5 veces) hasta la corta final, usando la configuración harvester y forwarder.

Para una condición de invierno y tala rasa, Gayoso e Iroumé (1993) indican que el skidder provocó una alteración de la superficie total del orden del 53% por concepto de caminos, canchas y vías de saca, donde éstas últimas inciden en un 40%. Estas cifras se comparan con bueyes (28%), skidder orugas (20%) y teleférico (12%), siendo en este último la incidencia de las vías de saca de un 3% y de 16 y 11% para los otros, respectivamente. La mayor superficie afectada por el skidder se derivó de una densidad mayor de vías de saca, la que osciló entre los 600 y 900 m/ha. También, basándose en los datos indicados, estiman que se puede producir una pérdida de volumen de suelo de 200 a 400 m<sup>3</sup>/ha, considerando que las huellas o vías de saca para este equipo tienen dimensiones por lo menos 30 cm de profundidad y 3 a 4 m de ancho. Además, en el caso de caminos, para densidades de 30 a 50 m/ha y en pendientes de 40%, estiman que los volúmenes desplazados llegarían a los 400 y 700 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente.

Diversos autores plantean y han demostrado que la planificación de canchas, vías de saca y caminos llevan a un menor impacto en amplitud de superficie. Wästerlund (1994) señala rangos de alteración de 15 a 20% de la superficie cuando se predeterminan las vías de saca, llegando incluso hasta un 8% según Stewart *et al.* (1988), citado por el mismo autor. Antecedentes entregados por Krag *et al.* (1991), indican alteraciones de 12 a 14% para tractores orugas pequeños (equivalente a un Caterpillar D5). En otra situación, usando un tractor oruga FMC, el área afectada por vías de saca alcanzó el valor de 3,6%. Desde la perspectiva del paisaje, en general, estas alteraciones se pueden ver atenuadas por fajas de bosques y, más aun, no reflejar la verdadera alteración al perfil del suelo (Block *et al.*, 2002).

Según lo planteado, este trabajo comprende la determinación y comparación de la superficie alterada para dos métodos de operación con skidder: tradicional y vías de saca preestablecidas, utilizando como herramienta de control el GPS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo, el control se realizó en el predio Costa Azul (LS 35° 21'34"; LO 72° 26' 13"), propiedad de la Universidad Católica del Maule. Éste se encuentra a 7,5 Km de la ciudad de Constitución (340 Km aprox. al sur de la ciudad de Santiago), aledaño al puerto de Maguillines. De la superficie total se afectaron 10,25 ha correspondientes a un rodal de pino insigne de 21 años, una densidad de 244 árb/ha y un volumen tributario de 226,5 m<sup>3</sup>/ha. Este predio se caracteriza por presentar una topografía de superficies planas a fuertemente quebradas, siendo la primera condición predominante en el área de estudio con pendientes de hasta un 10%. En este sector el suelo es de textura franca a franca arcillosa y de una profundidad de 80 a 130 cm.

El equipo de maderero corresponde a un Skidder Timberjack 380 B (modelo BT – 59), de una potencia de 148 hp y una capacidad de carga de 5 m<sup>3</sup>.

### Métodos

#### 1. Módulos de trabajo y operación del sistema

Dadas las condiciones del predio y rodal en particular, se trabajó en un módulo de 4,05 ha y otro de 6,2 donde se controló el maderero tradicional y el maderero

sobre vías de saca preestablecidas, respectivamente (Figuras 1 y 2).

Para efectos operacionales, en ambos casos, se determinó la ubicación de la cancha de acopio de manera de no exceder en lo posible una distancia máxima de 300 m de maderero (estándar utilizado por empresas que operan en la zona) y no provocar mayores alteraciones. Según esto, para el módulo 1, se determinó que la orientación del volteo y el tránsito del equipo quedara supeditado a la decisión y experiencia del empresario y operador del equipo.

Para el módulo 2, la ubicación de la cancha de maderero se determinó el trazado de las vías de saca y, según el sentido de extracción, la dirección del volteo. En este caso, el tránsito del equipo quedó restringido única y exclusivamente sobre las vías de saca. En este mismo, el establecimiento de las vías de saca se realizó de forma tal que se pudiera aprovechar la superficie disponible en términos de controlar distancias de huincheo a 20, 40, 60 y 80 m (zonas de maderero). Para este propósito se realizó un trazado y posterior estacado del eje central de cada vía de saca y una marcación de los árboles que delimitaban las zonas o áreas tributarias a que dieron origen las distancias indicadas. Además, facilitar la ubicación espacial de los motosierristas y operador del skidder para efectos de orientar el volteo y el tránsito, respectivamente (Figura 2).

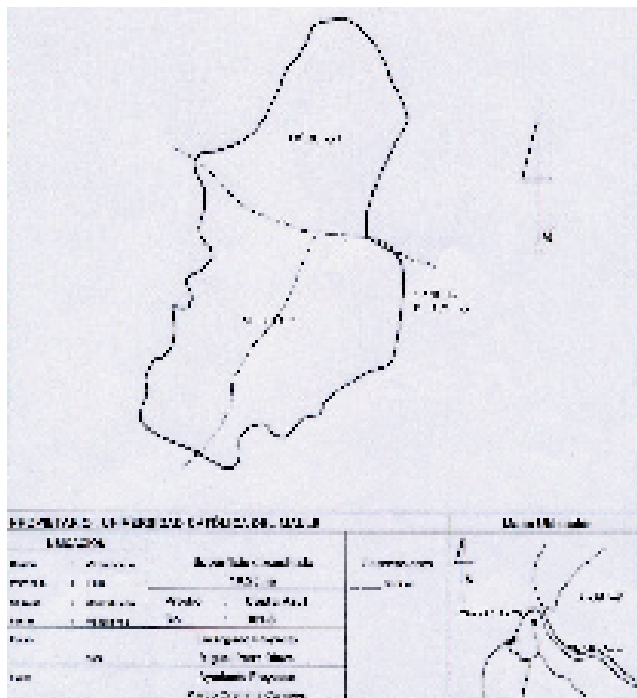


Figura 1. Rodal y módulos de trabajo.

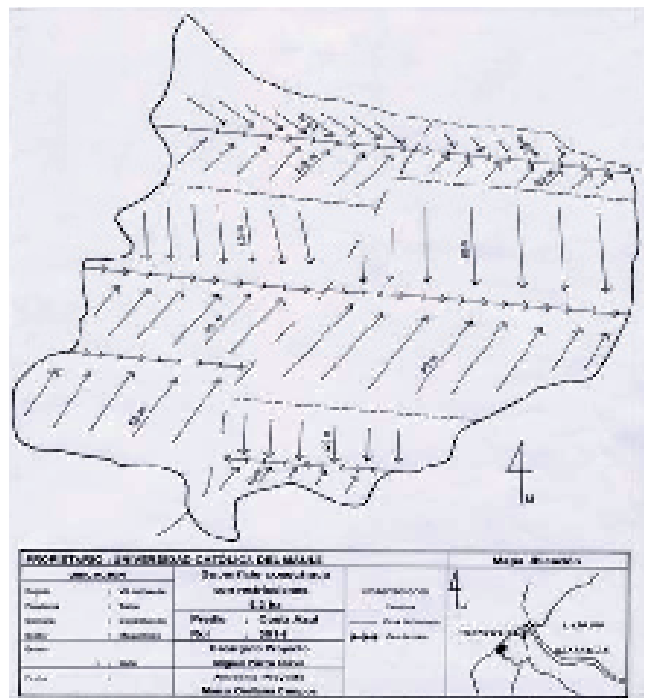


Figura 2. Módulo 2: establecimiento de vías de saca.

El sistema de trabajo, en síntesis, operó de manera de tener un avance en volteo que asegurara el trabajo continuo del equipo de maderero, el que realizó el transporte de fustes enteros y el ordenamiento de la carga en cancha. El maderero tradicional fue asistido en bosque por un estrobero y en maderero sobre vías participaron de uno a tres, dependiendo de la zona de trabajo (20, 40, 60 u 80 m).

## 2. Medición de la superficie afectada y productividad del maderero

En maderero tradicional se utilizó GPS con el objeto de conocer la distribución espacial de las vías de saca y lo que éstas implicaban en superficie transitada.

Para obtenerla se consideró lo siguiente: cada línea de trayectoria entregada por el GPS corresponde al eje central de la vía de saca y el ancho de la superficie efectiva transitada es de 1,2 m (60 cm de ancho por neumático). Por consiguiente, para la estimación de la superficie se realizó un polígono siguiendo la trayectoria de la vía y el ancho indicado. En el caso donde concurren vías paralelas (dos o más) o donde se superpusieron varias de estas líneas (formando verdaderos cordones) (Figura 3) el polígono se delimitó a 60 cm de las más externas. Además, se contempló un muestreo para obtener un ancho promedio de vía de saca y profundidad de remoción de suelo.

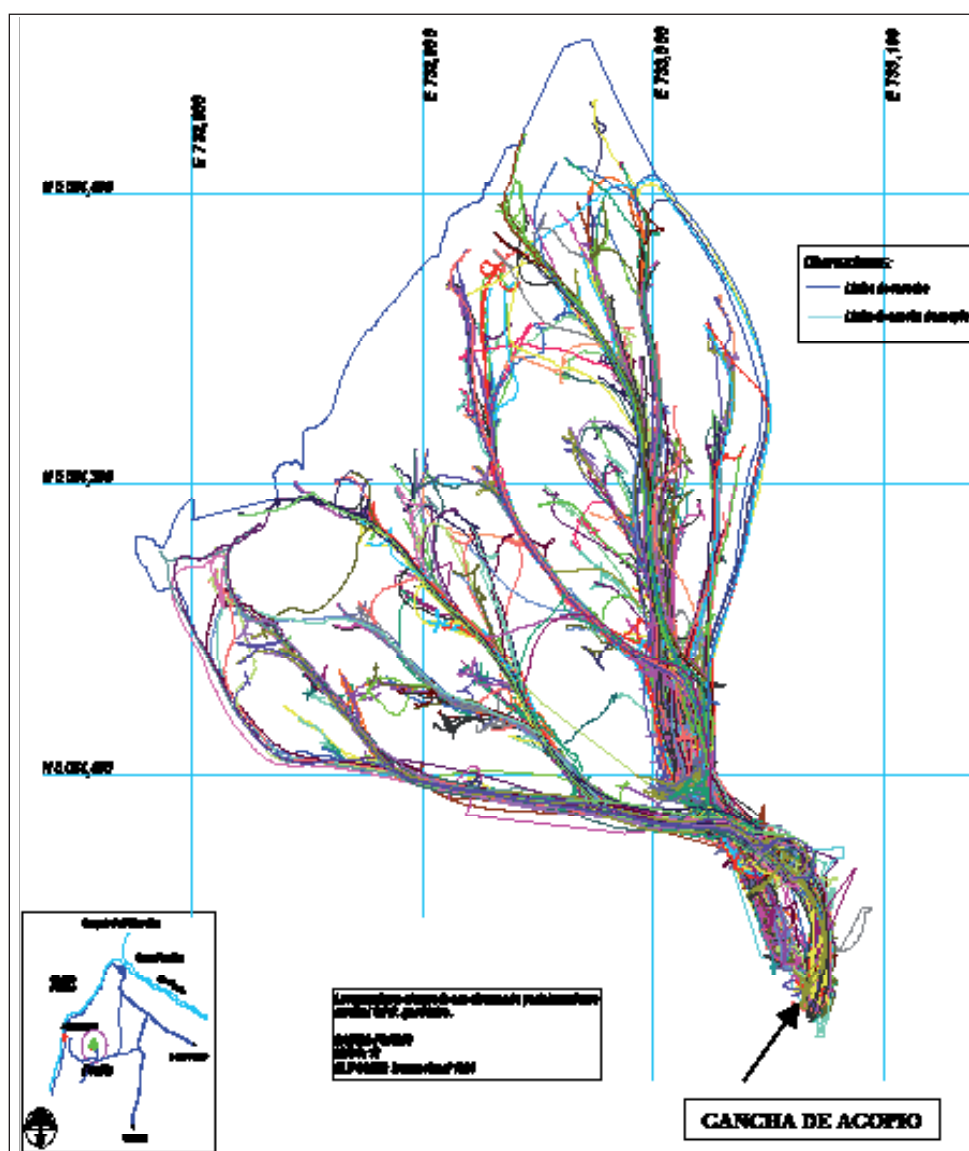


Figura 3. Monitoreo GPS en maderero tradicional con skidder.

Para el módulo 2, madereo sobre vías preestablecidas, la superficie por vía se obtuvo del producto entre el ancho promedio que éstas presentaron en terreno (según muestreo) y su extensión. La superficie total afectada se determinó para cada distancia de huincheo controlada (20, 40, 60 y 80 m), trazando hipotéticamente un número necesario de vías de saca (para cada caso) para cubrir el área tributaria de este módulo (Figura 2). La superficie afectada se desagrega en área tributaria (rodal), caminos y cancha (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dadas las condiciones para el control, fue posible seguir el trabajo del skidder en 255 ciclos para el madereo tradicional y 293 para el caso de las vías preestablecidas.

En términos de la extensión de la superficie alterada, el tránsito del skidder realizado en operaciones de madereo tradicional, módulo 1, se puede observar en la Figura 3 (monitoreo GPS). De ésta se puede deducir que el único criterio de orientación para el operador fue la cancha de acopio, si bien se

observa un grado de concentración del tránsito también se aprecia un grado de conducción errática, generada por la necesidad de acercarse al máximo a la carga.

En el Cuadro 1 se presenta la cuantificación de la superficie alterada en cada una de las modalidades de madereo estudiadas, donde los valores indicados corresponden y confirman los rangos entregados por autores ya citados. Es decir, en la medida que se trabaja con vías preestablecidas el impacto en superficie se reduce notable y significativamente.

De acuerdo al muestreo sobre las vías de saca, realizado para obtener el ancho de ésta y la profundidad de suelo removido, se registró lo siguiente: en madereo tradicional 3,6 m y 10,1 cm; en vías preestablecidas 5,2 m y 9,1 cm, respectivamente. El mayor ancho de estas últimas se explicaría por un tránsito concentrado (mayor frecuencia por una vía) y por la mayor cantidad de maniobras necesarias que el skidder realiza para posicionarse y posibilitar el arrastre sin provocar fracturas o quiebres de los fustes.

Considerando los indicadores de superficie afectada, se demuestra que sería muy factible trabajar con una conducta mitigadora y establecer a lo me-

**Cuadro 1.** Superficie afectada para cada método de madereo.

Madereo	SUPERFICIE AFECTADA						Total	
	Rodal		Cancha		Camino		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%		
<b>Tradicional</b> (4,05 ha)	1,1779	29,10	0,1749	4,32	0,1004	2,47	1,4532	35,89
<b>Zona 20 m</b> (6,2 ha)	0,9963	16,10	0,1749	2,82	----	----	1,17	18,89
<b>Zona 40 m</b> (6,2 ha)	0,674	10,87	0,1749	2,82	----	----	0,8489	13,69
<b>Zona 60 m</b> (6,2 ha)	0,5377	8,67	0,1749	2,82	----	----	0,7126	11,49
<b>Zona 80 m</b> (6,2 ha)	0,4066	6,56	0,1749	2,82	----	----	0,5815	9,38

**Nota:** El % de superficie por rodal corresponde a la efectivamente alterada, según área del módulo de trabajo. El % de superficie de cancha y camino se obtiene considerando el total de área alterada (rodal + cancha + camino, según corresponda). ---- indica que no hubo tránsito

nos vías de saca cada 40 m (distancia de arrastre de 20 m). Se estima una factibilidad para terrenos de relieve regular de hasta un 20% de pendiente, siendo un valor mayor un factor limitante. Además, se debe tener presente que técnicamente es posible usar sistemas de cable aéreo básicos (gravitacional por ejemplo) a partir de este nivel de pendiente. Esto requiere, por supuesto, una readecuación no de las configuraciones sino de los métodos de trabajo si realmente se quiere internalizar acciones mitigadoras de impacto, provocado por el tránsito del skidder en este caso.

## CONCLUSIONES

1. Existe un interés creciente por parte de las empresas en incorporar, al momento de la planificación, medidas que permitan mitigar el efecto adverso que producen los equipos de maderero terrestre. Esto con el fin de acercarse a un concepto de mejores prácticas y facilitar la acreditación de sus operaciones de cosecha frente a exigencias ambientales crecientes impuestas por los mercados externos. Por ello es importante contar con información de referencia que permita planear y conjugar, aceptablemente, un adecuado margen de utilidad con un mínimo impacto.
2. En este contexto, el estudio desarrollado genera información que permite demostrar que a través de simples modificaciones en los métodos de trabajo es posible mitigar el impacto en superficie, debido al tránsito del skidder. Particularmente, al operar con vías de saca establecidas cada 40 m (huincho a 20 m) permitió una reducción en superficie alterada del orden del 17%, logrando un trabajo más sistemático y, seguramente, mejores rendimientos.
3. Se estima que por lo menos hasta condiciones de terreno con un 20% de pendiente, sería posible restringir el uso del skidder a estas condiciones y para pendientes superiores, definitivamente, se incorpore el uso de cables aéreos cuya tecnología y versatilidad hoy no representan mayor problema. Esto refleja la necesidad de generar más información respecto del tema planteado, de manera de contar con referencias válidas para diferentes condiciones que faciliten la etapa decisiva durante el proceso de planificación.
4. Finalmente, cabe señalar, en general el éxito e impacto positivo de medidas de mitigación, si se implementan, queda supeditado a una adecuada supervisión en términos del conocimiento técnico y frecuencia de ésta. En este último sentido, el sistema GPS demostró ser una herramienta de gran utilidad en términos de generar una base de información a través del monitoreo satelital y, más aun, presenta la gran ventaja de poder visualizar una operación en tiempo real y, frente a una medida establecida o método de trabajo adoptado, corregir en forma inmediata las imperfecciones y no cuando ya se tienen los indicadores irreversibles de los errores.

## NOTAS

1. Global Position System (Sistema de Geoposicionamiento Global).
2. Comunicación personal, visita faenas de Forestal Mininco (marzo – 2004).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOCK, R., K. REES y D. PENNOCK, 2002. Quantifying harvesting impacts using soil compaction and disturbance regimes at a landscape scale. *Soil Science Society of America Journal*. 66 (5): pp. 1669-1676.
- DYKSTRA, D. y R. HEINRICH. 1994. Forest codes of practice-Contributing to environmentally sound forest operations (FAO forestry paper-133). *Proceedings of an FAO-IUFRO Meeting of Experts on Forest Practices*. Feldafing, Germany.
- FAO. 1997. Harvest Impacts. *Forest Harvesting Bulletin*. 7 (1): pp. 1-3.
- GAYOSO, J. 1995. *Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la Xª Región de Chile*. Monografía para la Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 169 p.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Producción Forestal y Conservación de Suelos*. VIII Silvotecnia. Concepción, Chile. 14 p.
- GAYOSO, J. y M. ACUÑA. 1999. *Mejores Prácticas de Manejo Forestal*. Guía de Campo. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 118 p.

- GAYOSO, J. y D. ALARCÓN. 1999. *Guía de Conservación de Suelos Forestales*. Universidad Austral de Chile, Instituto Forestal. Valdivia. 91 p.
- GAYOSO, J. y A. IROUMÉ. 1993. Impacto al Suelo por Efecto de la Cosecha Forestal. En: *Suelos Forestales. Boletín N° 10*. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Valdivia. pp. 98-106.
- HUTCHINGS, T., A. MOFFAT y C. FRENCH, 2002. Soil compaction under timber harvesting machinery: a preliminary report on the role of brach mats in its prevention. *Soil Use Management*. 18(1): 34-38.
- KRAG, R., J. MANSELL, y W. WATT. 1991. Planning and Operational Strategies for Reducing Soil Disturbance on Steep Slopes in the Cariboo Forest Region, British Columbia. *Technical Report N° TR-103*. Forest Engineering Research Institute of Canada. 26 p.
- LAGOS, E. 1997. Chile: Luz Roja a la Desertificación. *Chile Forestal*. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 22 (252): 22-25.
- LUZIO, W. 1992. Los Suelos de Chile. En: *Suelos, Una Visión Actualizada del Recurso*. Publicaciones Misceláneas N° 38. Depto. de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 11-21.
- MAC DONAGH, P. y R. BALBUENA, 1997. Efecto del Tránsito en Cosecha Forestal Sobre la Compactación del Suelo. En: *Sistemas de Producción Forestal: Análisis, Cuantificación y Sustentabilidad*. Universidad de Talca. Chile. pp. 193- 208.
- NUGET, C., C. KANALI, P. OWERDE, M. NIEUWENHUIS y S. WARD. 2003. Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management*. 180: 85-98.
- PARRA, M. 1997. *Proposición de Líneas de Investigación Sobre el Problema del Efecto del Madereo en el Suelo*. UC Maule. Universidad Católica del Maule. Talca, Chile. 18: 11-23.
- PARRA, N. 2001. Chile, líder en el combate contra la desertificación. *Chile Forestal*. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 287: 30-34.
- PENNINGTON, P., M. LAFFAN, R. LEWIS and P. OTAHAL. 2001. Assessing the long-term impacts of forest harvesting and high intensity broadcast burning on soil properties at the Warra LTER Site. *Tasforests*. 13: 291-301.
- PEÑA, L. 1992. Erosión y Conservación de Suelos. En: *Suelos, Una Visión Actualizada del Recurso*. Publicaciones Misceláneas N° 38. Depto. de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 215-239.
- SENYK, J. and D. CRAIGDALLIE. 1997. *Effects of Harvesting Methods on Soil Properties and Forest Productivity in Interior British Columbia*. Information Report BC-X-365. Pacific Forestry Centre. Canadian Forest Service. Victoria. 37 p.
- STONE, D. 2002. Loggins options to minimize soil disturbance in the northern Lake States. *Northern Journal of Applied Forestry*. 19: 115-121.
- VEGA, P. 2001. Sector forestal, pionero en la certificación ambiental. *Chile Forestal*. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 287: 8-10.
- WÄSTERLUND, I. 1994. Forest Responses to Soil Disturbance Due to Machine Traffic. En: *Actas Seminar Forsitrisk Soil, Tree, Machine Interactions*. IUFRO/FAO/ECE/ILO/EU. Feldafing, Germany.
- WATERS, I., S. KEMBAL, J. GRINGOS y J. SHAY 2004. Short – term effects of cut – to – length versus full – tree harvesting on conifer regeneration in jack pine, mixedwood, and black spruce forests in Manitoba. *Canadian Journal Of Forest Research*. 34:1938-1945.
- WILLIAMSON, J.R. y W.A. NEILSEN. 2003. The effect of soil compaction, profile disturbance and fertilizer application on the growth of eucalypt seedlings in two glasshouse studies. *Soil Of Tillage Research*. 71: 95-107.