

Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias.
Especialización en Manejo de Recursos Forestales.

Trabajo Final Integrador

**Mapa de productividad forestal
asociada a información
geográfica de cosechadoras
forestales.**

Alumno

Ing. Ftal. Christian José Chrapek

Orientador

Profesor Dr. Raúl V. Pezzutti

Corrientes (Argentina), Julio 2018

Trabajo Final – Especialización en Manejo de Recursos Forestales (FCA-UNNE)
Ing. Ftal. Christian José Chrapek

Resumen

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de presentar los resultados de investigaciones referidas a mapas de rendimientos generados con datos recabados automáticamente por cosechadoras forestales y su utilidad en la silvicultura de precisión. La silvicultura de precisión puede definirse como el desarrollo de las actividades silviculturales bajo un esquema de decisiones tomadas con una base de información detallada del bosque. La información a nivel de polígono es fundamental para poder diagnosticar, analizar la información y asignar las mejores prescripciones técnicas para la situación presente. Una base de datos actualizada periódicamente permite acceder a esa información. Para poder calcular el rendimiento, la cosechadora, debe poseer una serie de sensores, cuyo objetivo es medir y grabar el rendimiento y el volumen a medida que se cosecha el cultivo. Si a su vez se le adiciona un GPS podemos obtener los datos de rendimiento geoposicionados o lo que llamamos mapa de rendimiento. Es posible crear mapas de productividad a partir de datos de cosechadoras forestales para evaluar la variabilidad de la producción del rodal. El mapa de rendimiento, es la representación gráfica de una serie de datos geoposicionados de rendimiento. Los mapas de rendimiento son una importante fuente de datos que, junto a otras herramientas, permiten cuantificar la variabilidad de los rodales, y los factores que intervienen en la expresión del rendimiento.

Índice de Contenido

Resumen	II
Introducción	1
1 Objetivo	2
2 Antecedentes	2
3 Materiales y Métodos	7
3.1 Mapa de rendimiento	7
3.2 Sistema de cosecha, cosechadoras y registro de datos.	8
4 Resultados	14
5 Conclusiones y recomendaciones	18
6 Referencias Bibliográficas	19

AGRADECIMIENTOS

A mi novia Virginia, por su apoyo en todos mis proyectos en todo momento.

A mi familia, por el incentivo constante en las decisiones que he tomado.

Al Dr. Raúl Pezzutti por su apoyo, incentivo, tiempo y consejos.

A mis compañeros de cursado por su cordialidad: Carlos, Guillermo, Sebastián, Francisco, Santiago, Martin, Rubén, Julián, Claudia, Silvia, Mayra y Rosa.

Al Dr. Pedros Sansberro por el esfuerzo en la realización del posgrado y la atención brindada.

A los docentes del posgrado por su aporte profesional a mi formación.

Introducción

El concepto de manejo sitio específico tiene como objetivo reconocer la variabilidad del sitio y ajustar las prácticas silvícolas.

La silvicultura de precisión puede definirse como el desarrollo de las actividades silviculturales bajo un esquema de decisiones tomadas con una base de información muy minuciosa del bosque. Generalmente la silvicultura de precisión se apoya en la implementación de tecnologías de la información y las comunicaciones. Uno de los nexos más cercanos que tenemos con la silvicultura de precisión son los SIG (Sistema de Información Geográfica). Los sistemas de información geográfica son sistemas de recopilación y gestión de información georreferenciada. La combinación de información y cartografía gestionada a través de un software aceleran la toma de decisiones correctas en la operación.

Otro elemento difundido masivamente son los GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Los sistemas de geoposicionamiento ubican espacialmente en el campo las labores y actividades planificadas en el escritorio o viceversa, pueden transmitir a la oficina información recopilada en el campo. La información que se recoge va alimentando bases de datos que describen las áreas, especies, árboles, dimensiones de las operaciones y facilitan su planificación en búsqueda de eficiencia. Una herramienta que se utiliza para caracterizar las variaciones de productividad son los mapas de rendimientos, y una fuente confiable de datos de estos mapas se recaba automáticamente por cosechadoras. Con el fin de generar este tipo de mapas, es necesario tener un registro preciso de la ubicación del árbol a través de la cosechadora. El objetivo del monitor de rendimiento es medir y grabar datos a medida que se cosecha el cultivo y para ello se necesitan una serie de sensores que van instalados en la cosechadora y una consola que con la adición de un GPS nos permite obtener los datos de rendimiento geoposicionados; lo que permite la realización del mapa de rendimiento.

El principal beneficio de los mapas de rendimiento es saber qué productividad se obtuvo

en cada lugar del rodal. Esta información es fundamental para reconocer ambientes intra-rodal y para evaluar la eficacia de las estrategias de manejo implementadas.

1 Objetivo

El objetivo del trabajo es mostrar los resultados de investigaciones referidas a mapas de rendimientos generados con datos recabados automáticamente por cosechadoras forestales y su utilidad en la silvicultura de precisión.

2 Antecedentes

La silvicultura de precisión representa una nueva forma de producción y administración de sitios forestales. El conocimiento preexistente y la inclusión de las variabilidades espacial y temporal de los factores de producción cuentan con el apoyo de tecnologías de última generación. A través del análisis de productividad es posible realizar intervenciones precisas en los bosques para obtener el rendimiento máximo. (Brandelero C. 2006).

La silvicultura de precisión se encuentra en una etapa de menor desarrollo que la agricultura de precisión. Sin embargo, la creciente tendencia hacia la certificación forestal ha propiciado la adopción de mejores prácticas de manejo y con ello la factibilidad de aplicar una silvicultura de precisión.

Una de las estrategias básicas para la aplicación de la silvicultura de precisión se fundamenta en el uso de “zonas homogéneas de manejo” o sub-rodales (sub-sitios), definidos mediante el uso de métodos matemáticos de clasificación de grupos (Ortega J. 2002).

Uno de los criterios más utilizados para manejar la variabilidad espacio-temporal de los factores de la producción ha sido la delimitación de ambientes o ‘zonas de manejo’. Estas se definen como subregiones dentro de los lotes que expresan una combinación homogénea de factores determinantes del rendimiento, para los cuales resulta

apropiada una proporción única de insumos. Diferentes enfoques se han utilizado para delinear las zonas de manejo, entre ellos el uso de mapas topográficos, de conductividad eléctrica, de rendimiento de cultivos y el uso de sensores remotos y mapas detallados de suelos. Sin embargo, se conocen escasos antecedentes donde la delimitación de zonas de manejo se haya acompañado de verificaciones posteriores de su utilidad (Bedendo D. 2013).

La delimitación de zonas de manejo no solo tiene aplicación en el manejo de insumos en la silvicultura, sino que también es crucial para la pre-selección de los árboles más valiosos, también para la selección de los suelos en donde se forestará selectivamente. También se aplica como herramienta de planificación y manejo para la recuperación de tierras degradadas, la conservación del suelo, la protección de la biodiversidad y de los recursos hídricos (Vélez J. 2013).

Contar con información a nivel de polígono permite dirigir las mejores prácticas a esa unidad operativa. El conocimiento del tipo de suelo y grado de drenaje nos permite asignar la especie, familia, clon y definir la práctica de preparación de suelo más adecuada. Conocer las malezas presentes y su desarrollo y el grado de infestación de hormigas es de suma utilidad para aplicar las prescripciones técnicas más adecuadas a la situación de manera localizada. La información a nivel de polígono es fundamental para poder diagnosticar, analizar la información y asignar las mejores prescripciones técnicas para la situación presente. Una base de datos actualizada periódicamente permite acceder a esa información. (Pezzutti, 2014).

El índice de sitio es una representación gráfica de la capacidad productiva de un área forestal, que describe la relación entre la altura dominante y la edad de un rodal (bosque de características homogéneas), o árbol individual de una especie determinada (Martínez Zurimendi, P. 2015). Actualmente cada polígono (rodal) se clasifica por su índice de sitio (IS_{15}) usando los datos de inventario y parcelas permanentes para ingresar a las funciones de IS. El foco de producción está en mejorar los índices de sitio bajos y

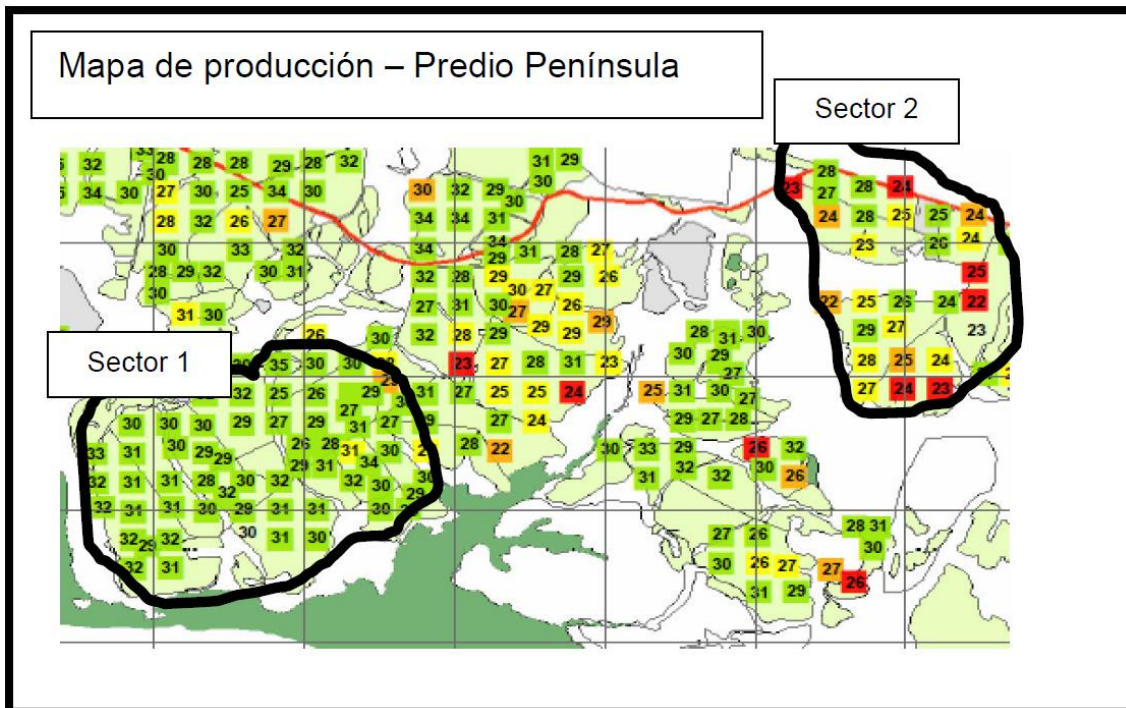


Figura 2. Distribución de parcelas de inventario de pre-cosecha y su clasificación por producción (Rojo: hasta 300 m³ ha⁻¹, Naranja: hasta 350 m³ ha⁻¹, Amarillo: hasta 400 m³ ha⁻¹, Verde: más de 400 m³ ha⁻¹) con indicación del Dap medio. Tomado de Pezzutti, 2014.

En la **Figura 2**, se observan parcelas de inventario pre-cosecha, cuyos datos dasométricos (Dap y Altura) son utilizados para generar información precisa de volumen de producción e IS, representados a través de mapas.

El principio de la silvicultura de precisión es utilizar herramientas y tecnología modernas para obtener tanta información real como sea posible, mejorando el proceso de toma de decisiones y asegurando los objetivos actuales de manejo forestal. Las herramientas más conocidas y utilizadas de la tecnología moderna son: la teledetección, los sistemas de navegación y los sistemas de información geográfica. Las nuevas tendencias son los sistemas para la identificación de árboles y las herramientas para medición de productos forestales. Existe un gran interés del sector forestal en estas tecnologías, porque como fuente primaria de datos, proporciona información más precisa que las fuentes actualmente utilizadas (Kovácsóvá, 2010).

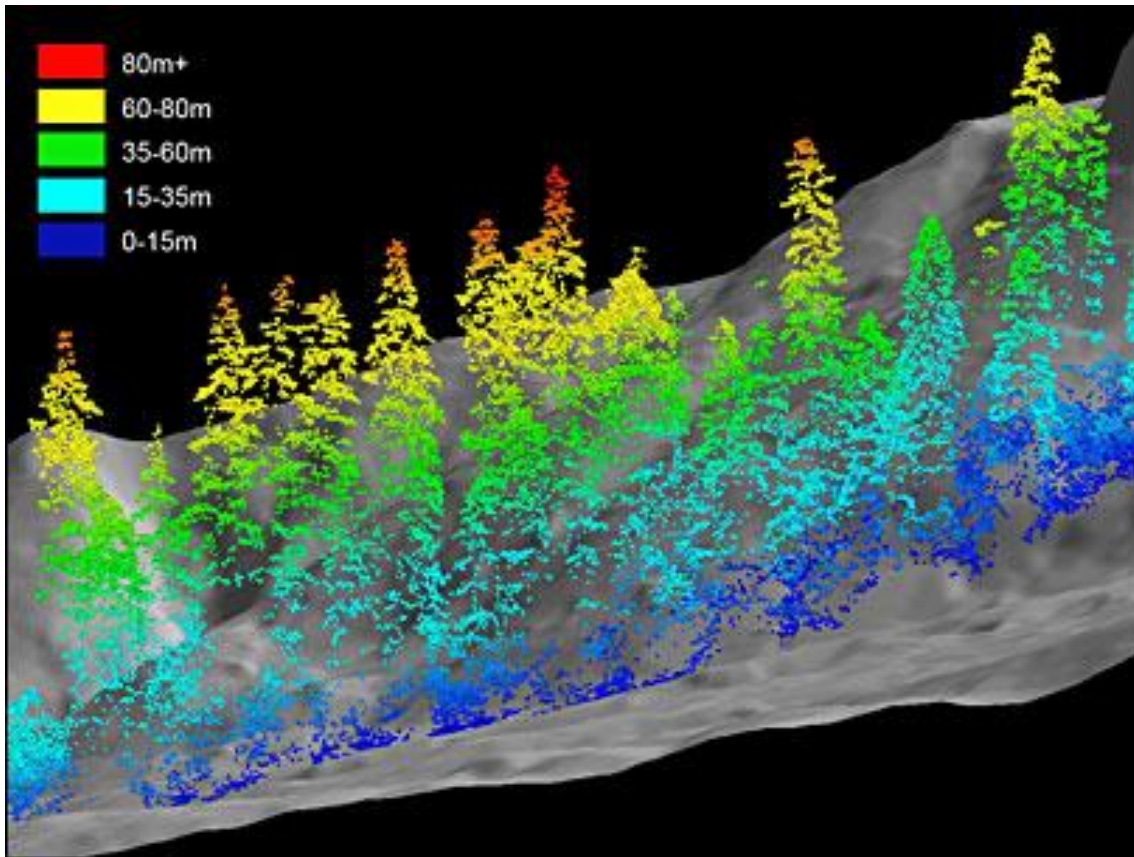


Figura 3. Imagen LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) sistema de teledetección que permite determinar variables como las alturas de los árboles. Tomado de Dielmo, 2009.

En la **Figura 3** se puede observar como tecnología LIDAR puede generar información complementaria para detectar variaciones en la producción a partir de variables como la altura de los árboles.

Los sensores LIDAR permiten determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz de pulsos de láser y obtener así una representación tridimensional (Bedendo D. 2013).

Debido a los avances y la disponibilidad de tecnologías de computación y sensores, las maquinarias cuentan con una plataforma para la integración de estas tecnologías con sistemas de control electrónico, capaces de monitorear las funciones de la máquina, estimar las mediciones y registrar datos (Olivera, 2016).

A través del uso de maquinaria cosechadora de avanzada, con sistemas informáticos incorporados y con software de recopilación de datos (llamado StanForD), permiten que todas las operaciones de procesamiento mecanizado pueden generar datos de producción casi en tiempo real. Esta secuencia de datos permite que la gestión forestal funcione con conjuntos de datos que contienen información detallada de toda la producción de cosecha. Los datos de StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication.) por lo tanto, permiten el desarrollo de nuevas formas de manejo forestal (Roth, G. 2016).

3 Materiales y Métodos

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo se sustenta en una detallada búsqueda de información en libros, trabajos de investigación y contactos con especialistas del tema.

A los efectos de responder a los objetivos, este trabajo presenta los métodos utilizados para elaborar mapas de rendimiento forestal a partir de registros de datos recabados por máquinas cosechadoras, su equipamiento necesario, y su utilidad en el sector para aplicar en silvicultura de precisión, teniendo en cuenta los antecedentes en el sector agrícola y forestal.

3.1 Mapa de rendimiento

Mapa de rendimiento, es la representación gráfica de una serie de datos geoposicionados de rendimiento obtenidos mediante una cosechadora equipada con un monitor de rendimiento y un receptor DGPS (GPS diferencial, es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada.) (Amuchástegui, 1999).

El mapa de rendimiento es la representación gráfica del rendimiento de producción del cultivo. Los mapas de rendimiento contienen datos muy valiosos que pueden cuantificarse mediante el uso de programas de computación específicos con lo cual

podemos obtener información para aplicar en futuras producciones (Pagnano, 2003). Unos de los software que se pueden mencionar en por ejemplo es el Software AFS® que genera mapas de rendimiento, mapas de aplicación y mapas de prescripción.

Para poder calcular el rendimiento debe poseer una serie de sensores que van instalados en la cosechadora, y su objetivo es medir y grabar el rendimiento a medida que se cosecha el cultivo. Si a su vez se le adiciona un GPS se puede obtener los datos de rendimiento geoposicionados o lo que se llama mapa de rendimiento. (Bragachini, 2003).

El área a mapear será dividida en pequeñas secciones llamadas células. Para Han et al. (1994) las dimensiones de dichas células deberían seguir ciertos valores, acordes con la velocidad y el tamaño de la cosechadora, la capacidad de lectura y la tasa de adquisición de los datos del sistema de monitoreo de rendimiento (Cerri, 2005).

La realización de Mapas de Rendimiento Georreferenciados, a través del tiempo, permitirá un manejo sitio específico, en el futuro, de los insumos y acciones necesarias para una producción eficiente y no contaminante, sustentable o ecológicamente amigable (Vicini, 2007).

3.2 Sistema de cosecha, cosechadoras y registro de datos.

Uno de los sistemas de cosecha mecanizada más popular es Cut-To-Length (CTL). El sistema de CTL consiste típicamente en dos tipos de máquinas, una cosechadora, que corta y procesa los árboles en troncos en el bosque, y un transportista que extrae los troncos. CTL con máquinas se desarrollaron en Escandinavia y ahora se utilizan en todo el mundo. Es la tecnología preferida para cosechar plantaciones forestales de rápido crecimiento en algunos países sudamericanos. Las cosechadoras están equipadas con un sistema llamado StanForD que proporciona un mecanismo para registrar automáticamente los datos de los recolectores forestales en una serie de formatos de archivo. Cuando los recolectores están equipados con un receptor del Sistema Global

de Navegación por Satélite (GNSS), estos datos incluyen una referencia de localización y una marca de tiempo. Los datos habilitados para GNSS proporcionan información específica del sitio que es un insumo valioso tanto para la evaluación del manejo forestal como para la evaluación de la operación de recolección (Olivera, A. 2016).

Las cosechadoras modernas son tecnológicamente sofisticadas, con muchas características útiles, como la capacidad de medir automáticamente los diámetros y longitudes de las trozas. Esta información se procesa en tiempo real para apoyar la optimización del trozado de árboles en varios productos. También se puede transferir de las cosechadoras a sistemas centralizados y utilizar para la gestión de la oferta de madera. Estos sistemas de gestión de la información están disponibles desde los años noventa en Suecia y Finlandia, y se están utilizando constantemente en la actualidad. (Lindroos, 2015).

StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication.) es un estándar para la comunicación entre computadoras en máquinas forestales. Hoy en día StanForD se utiliza en varios países y constituye un estándar. La aplicación de la norma se extiende a todos los tipos de comunicaciones de datos con máquinas forestales. StanForD comprende principalmente un estándar de datos y un estándar de estructura de archivos, pero también se incluye un protocolo de comunicaciones basado en un estándar para conectar un PC, o un registrador de datos, al ordenador de la máquina en la cosechadora (Arlinger, 2014).

Se proponen y discuten los primeros resultados de un nuevo enfoque para implementar una herramienta de monitoreo operacional para controlar el desempeño de las cadenas de mecanización forestal. La solución se basa en las herramientas del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) que son el núcleo de un sistema de registro de datos, integrado con los equipos, siendo capaz de analizar tiempos de proceso, distancias de trabajo, velocidades de avance, seguimiento de vehículos y número de ciclos de trabajo en las operaciones forestales. Como resultado, los métodos de control

de monitoreo operacional, proporciona una evaluación eficiente de las operaciones forestales.

El uso de GNSS instalado en equipos forestales, integrado con los equipos y con una interfaz para la comunicación o almacenamiento de datos, permite un monitoreo operacional automático o semiautomático, mejorando la cantidad y calidad de datos (Gallo,2013).

La herramienta de correo electrónico (OptiComm) se utiliza en especial para el envío de archivos de datos de tala por correo electrónico, de la máquina a la oficina y viceversa. Organizando automáticamente los datos recibidos en los directorios adecuados y enlaza los archivos salientes a plantillas de mensajes predefinidas. Las comunicaciones ampliamente automatizadas por correo electrónico agilizan y facilitan las comunicaciones entre la máquina y la oficina (Ponsse, 2017).

Una vez establecida una resolución adecuada para correlacionar la productividad, es posible llevar a cabo y desarrollar un método para cartografiar la productividad de los datos de la cosechadora. Los mapas de rendimientos a partir de los datos de la cosechadora pueden captar variaciones a pequeña escala, que los mapas de las parcelas de inventario, con una intensidad de una parcela de 300 m² por hectárea, no pueden, es decir, producen mapas de productividad más detallados (Olivera, A. 2016).



Figura 4. Cosechadora forestal (harvester) Tomado de Komatsu 2017.



Figura 5. Cosecha de rodales de *Eucalyptus spp.* con procesadoras forestales. Tomado de
FAO, 2005.

En la **Figura 4 y 5**, se observan modelos de cosechadoras forestales, también denominada procesadoras forestales por su capacidad de realizar funciones como la tala, el desrame, descortezado y trozado de los árboles. La máquina puede estar montado sobre ruedas u orugas, con una cabina equipada con controles que accionan el cabezal procesador que se ubica en el extremo de un brazo hidráulico.



Figura 6. Cabina de cosechadora forestal equipada con comandos y monitores de control de registro de datos. Tomado de Ponsse, 2017.

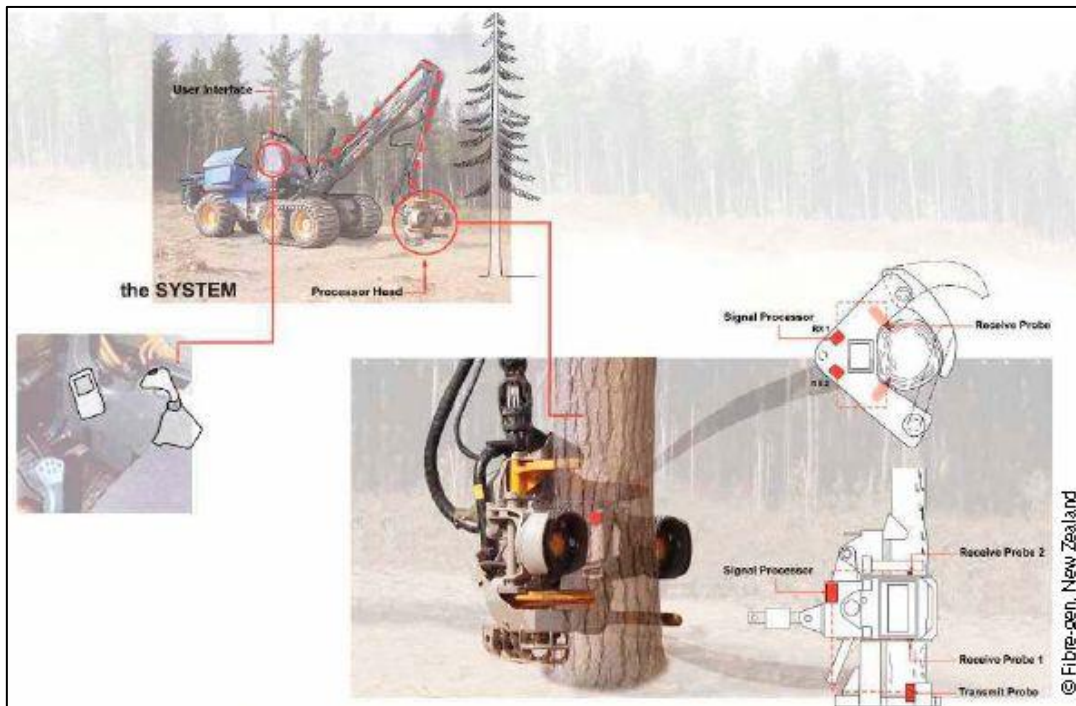


Figura 7. Detalle de partes de una cosechadora forestal y partes del cabezal procesador.

En las **Figuras 6 y 7** se observan los componentes del sistema de control de la cabina y sensores ubicados en el cabezal de procesamiento que captan las dimensiones de las trozas de los árboles, recopilando ésta información útil, para generar los mapas de rendimiento asociados al volúmen.

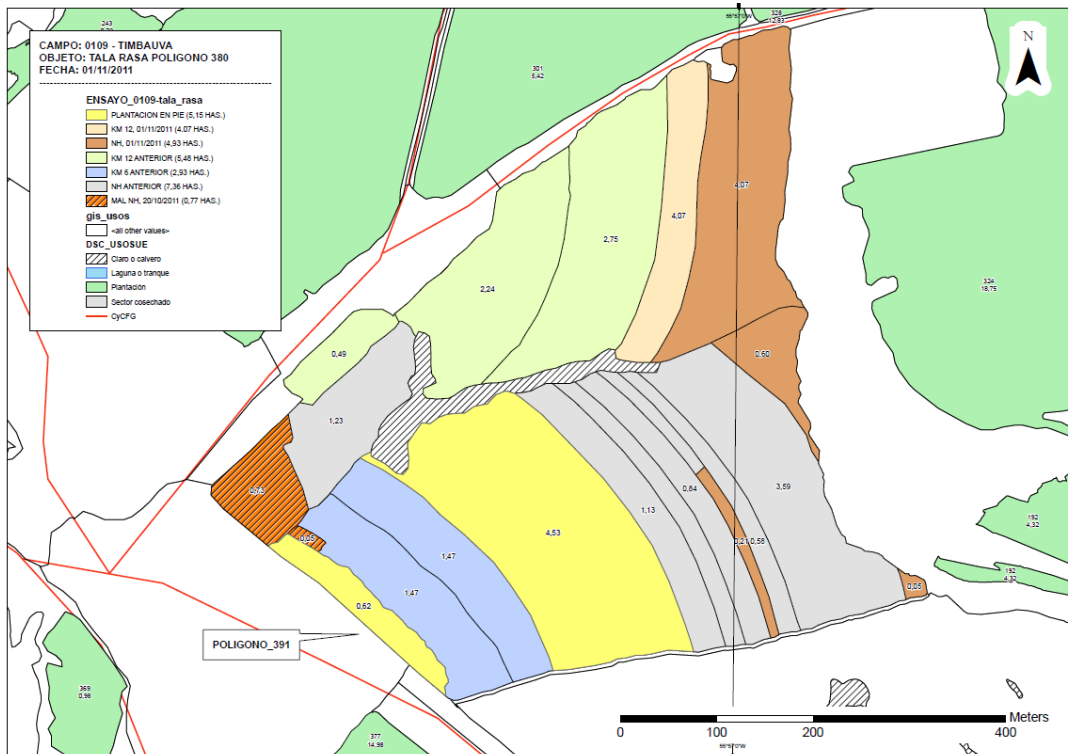


Figura 7. Mapa de seguimiento de avance de cosecha para el estudio de “Cosecha Forestal: cuantificación de la producción forestal, rendimientos y relaciones biométricas”. Los colores de los polígonos corresponden al avance de cosecha de las cosechadoras forestales. Tomado de Fachinello, 2011.

La **Figura 7** muestra un mapa de seguimiento de avance de cosecha realizado por cosechadoras forestales, equipados con tecnología para el registro de datos de volumen, en una plantación forestal de *Pinus taeda* de 14 años de edad, en el NE de Corrientes, Argentina.

4 Resultados

Se pueden crear mapas de productividad a partir de datos de cosechadoras para evaluar la variabilidad de la productividad del rodal. Esto requiere en primer lugar, realizar un análisis de tamaño de celda adecuada para las variables de productividad, almacenamiento y volumen medio. A continuación, utilizando el tamaño de celda en el que se estabiliza el coeficiente de variación de estas variables, se seleccionará uno de los modelos para crear el mapa. (Olivera, 2016)

Los datos provistos por el monitor de rendimiento más GPS conforman un mapa de rendimiento que permite conocer los rendimientos del cultivo en cada parte del lote y los factores que intervienen en la expresión del rendimiento, dado que se podría ir a cada lugar con un GPS y corroborar a que se debió el mayor o menor rendimiento de los cultivos. (Bragachini, 2003).

Los resultados demuestran que los mapas de rendimiento evidencian la alta variabilidad de expresión del cultivo, según los ambientes dentro de un lote, por otro lado, esa respuesta presenta alta variabilidad temporal de acuerdo al año (disponibilidad hídrica y ocurrencia de enfermedades), también se ha observado alta variabilidad con respuesta sitio específica a factores de manejo, quedando muy evidente la utilidad potencial del uso de mapas de rendimiento en cultivos. (Amuchástegui, 1999).

Los tipos de variabilidad que pueden presentarse son: la variabilidad natural e inducida. Natural cuando depende del clima, el suelo (génesis del suelo y propiedades físicas y químicas), del relieve, etc. y variabilidad inducida se refiere al manejo (historia del lote, insumos agregados, prácticas culturales, etc). (Bragachini, 2003).

Luego de instalar el instrumental en la cosechadora, el rendimiento será medida en cada una de estas células, generando un archivo con las variables de latitud, longitud y peso. Luego de la interpolación de los datos, se dibujará un mapa digital de rendimiento. (Cerri,2005).

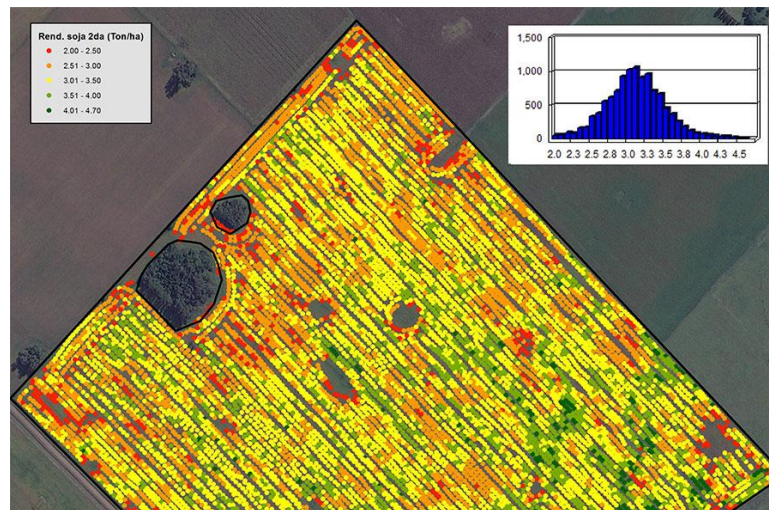


Figura 10. Mapa de rendimiento de cultivos industriales con detalle de puntos. Tomado de Clarion, 2017.

En la **Figura 10** se muestra, a modo de ejemplo, un mapa de rendimiento de cultivos agrícolas, teniendo en cuenta que esta tecnología es muy implementada en agricultura de precisión, pudiendo ser de utilidad de base para la aplicación en la silvicultura de precisión.

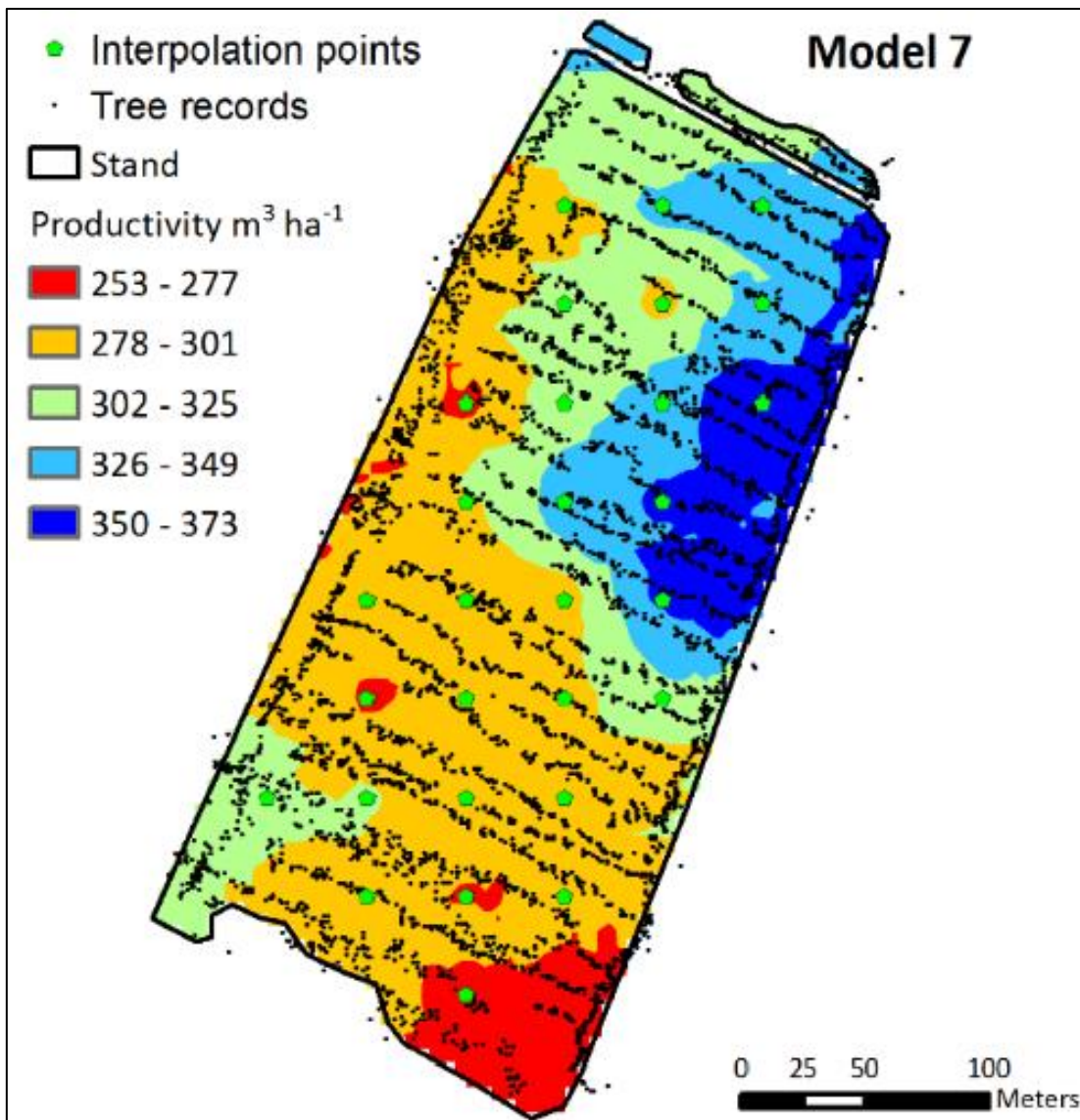


Figura 11. Mapa de rendimiento forestal con datos relevados por cosechadoras forestales generados a partir de modelos ajustados. También se muestra el patrón de los registros de árboles alineados en la trayectoria de la cosechadora. Los valores de productividad son en $m^3 ha^{-1}$. Tomado de Olivera, 2016.

En la **Figura 11** se muestra un mapa de rendimiento generado con datos de las cosechadoras forestales, en forestaciones de *Eucalyptus* de Sudamérica, cuyos valores de productividad están expresados en volumen (m^3/ha) asociados a colores por rango de productividad.

5 Conclusiones y recomendaciones

De lo investigado se puede concluir que los mapas de productividad, a partir de datos de cosechadoras forestales, son de utilidad para implementar en silvicultura de precisión ya que posibilita evaluar la variabilidad de la productividad del rodal.

Las cosechadoras forestales de última generación, vienen equipadas con tecnología que permite recopilar datos y generar información valiosa.

Los mapas de rendimiento son muy difundidas y aplicadas en la agricultura de precisión, por lo que se toma como un antecedente para aplicar en el ámbito productivo forestal.

Los mapas de rendimientos, junto a otras herramientas como los inventarios forestales, teledetección y mapas de IS, se pueden complementar para generar mapas de productividad forestal con mayor precisión.

Los antecedentes más recientes, de mapas de rendimiento, se dan en plantaciones forestales de Sudamérica, y en plantaciones con especies de rápido crecimiento.

Con el avance de las tecnologías se podrá implementar de manera frecuente este tipo de mapas de rendimiento forestal, ya que la recopilación y procesamiento de datos son cada vez más eficientes y de fácil acceso para los silvicultores.

Los antecedentes a nivel mundial de la utilización de tecnología de cosechadoras forestales para la silvicultura de precisión son muy recientes, por lo que se requiere seguir avanzando en la investigación de las potenciales utilidades en el ámbito forestal.

6 Referencias Bibliográficas

AMUCHÁSTEGUI, J. 1999. Interpretación de Mapas de Rendimiento. Red Agricultura de Precisión. INTA, Manfredi, Córdoba, Argentina.

ARLINGER, J. 2014. StanForD is an abbreviation for Standard for Forest machine Data and Communication. Uppsala Science Park. Uppsala, Sweden.

BEDENDO, D. 2013. La aptitud forestal de los suelos como herramienta de zonificación en el contexto de una silvicultura de precisión. XXVII Jornadas forestales de Entre Ríos. INTA, Concordia. Argentina.

BRAGACHINI, M. 2003. Monitor de Rendimiento y Conocimientos de Calibración. Proyecto Agricultura de Precisión – INTA, Manfredi, Córdoba, Argentina.

BRANDELEIRO C. 2007. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. Guarapuava, Paraná, Brasil.

CERRI, Domingos. 2005. Monitoreo de Rendimiento en Caña de Azúcar. Facultad de ingeniería agrícola. UNICAMP. Campinas. SP, Brasil.

FACHINELLO, Federico. 2012. Cosecha Forestal: cuantificación de la producción forestal, rendimientos y relaciones biométricas. Tesis de grado. Universidad del Salvador. Virasoro, Corrientes, Argentina.

KAARTINEN, H. 2015. Accuracy of Kinematic Positioning Using Global Satellite Navigation Systems under Forest Canopies. Article Forests. Finland.

KOVÁCSOVÁ, P. 2010. Precision Forestry – Definition and Technologies. Faculty of Forestry, Technical University in Zvolen, T.G. Masaryka 25; 960 53 Zvolen, Slovakia.

MARTÍNEZ ZURIMENDI, P. 2015. Índice de sitio y producción de madera en plantaciones forestales comerciales de Gmelina arborea en Tabasco, México.

MÉNDEZ Andrés. 2012. Puntos claves para lograr un mapa de rendimiento con datos confiables. Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas. Proyecto Maquinas y Agrocomponentes Precisos – INTA, Manfredi, Córdoba, Argentina.

LINDROOS, O. 2015. Estimating the Position of the Harvester Head, , Department of Forest Biomaterials and Technology Swedish University of Agricultural Sciences SE-901 83 Umeå. Sweden.

OLIVERA FARIAS, A. 2016. Exploring opportunities for the integration of GNSS with forest harvester data to improve forest management. Thesis Discipline Forestry. University of Canterbury. New Zealand. Thesis Discipline Forestry. University of Canterbury. New Zealand.

OLIVERA FARIAS, A. 2016. Forest yield maps from GNSS-enabled harvester StanForD files: preliminary concepts. Discipline Forestry. University of Canterbury. New Zealand. Thesis Discipline Forestry. University of Canterbury. New Zealand.

ORTEGA J. 2002. Definición de Sub-Rodales para una Silvicultura de Precisión: una Aplicación del Metodo Fuzzy K-Means. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile

PAGNANO, N. 2003. Potencialidad de la información de los Mapas de Rendimiento en la Interpretación del Manejo de Factores de Rendimiento y su Respuesta Sitio Específica en el Cultivo de Soja. Facultad de Ingeniería Agrícola. UNICAMP. Campinas, SP, Brasil.

PEZZUTTI, R. 2014. Silvicultura sitio específica, una herramienta para ajustar el manejo a la capacidad productiva del sitio. XXVIII Jornadas forestales de Entre Rios. INTA, Concordia. Argentina. p. 9-11.

ROTH, G. 2016. StanForD as a data source for forest management: a forest stand reconciliation implementation case study. School of Forestry, University of Canterbury. Nueva Zelanda.

VÉLEZ, J. 2013. Criterios básicos para delimitar zonas de manejo en la agricultura y su alcance en la silvicultura. XXVII Jornadas forestales de Entre Rios. INTA, Concordia. Argentina.

VINCINI, L. 2007. Determinación de la variación del rendimiento cultural de caña azúcar en Tucumán - Argentina, posicionada con GPS – Proyecto Agricultura de Precisión – INTA. Tucumán, Argentina.