

INFORME DE TRABAJO FINAL DE CARRERA



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS FORESTALES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “*Julio Hirschhorn*” APROVECHABLES PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE LA MADERA – UNLP.

MODALIDAD: Propuesta de intervención profesional en cualquier ámbito de la profesión.

ÁREA TEMÁTICA: Dasonomía.

AUTORES:

González Giraldo, Juan Camilo.

Legajo: 29045/7.

D.N.I: 95.905.786

Dirección de correo electrónico: camilo.gonzalez.son@gmail.com

Ripoll Michelutti, Iago.

Legajo: 28611/2.

D.N.I: 41.670.903

Dirección de correo electrónico: iagoripoll@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Ftal. Diego Iván Ramilo.

CO-DIRECTOR: Ing. Ftal. MgSc. Alfonzo Rodríguez Vagaría.

FECHA DE ENTREGA: 27/11/2024.

ÍNDICE

ÍNDICE	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Recopilación de antecedentes:	7
Interpretación y análisis de imágenes satelitales. Elaboración de cartografía base en un SIG:	7
Diseño del inventario	8
Procedimientos de medición y de registro de datos:	9
Digitalización, control y depuración de datos:	13
Procesamiento de los datos:	13
RESULTADOS	16
Antecedentes recopilados	16
Interpretación, análisis de imágenes satelitales y elaboración de cartografía base en un SIG	17
Del diseño y la intensidad de muestreo	20
Resultados del inventario	21
Análisis e interpretación de resultados de las mediciones:	23
Caracterización de aptitud de industrialización:	24
Presentación de un informe técnico con los resultados del inventario a las autoridades del Centro Tecnológico de la Madera:	26
Actualización de la capa de información geográfica:	27
CONCLUSIONES	27
AGRADECIMIENTOS	28
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXO 1.	32
ANEXO 2.	37

RESUMEN

En el marco del TFC se realizó una intervención profesional en la Estación Experimental “*Julio Hirschhörn*” para relevar los recursos forestales potencialmente aprovechables por el Centro Tecnológico de la Madera. Se realizó un inventario de los rodales forestales de mayor interés para el CTM con vistas a su futuro aprovechamiento industrial en el aserradero.

Se establecieron las áreas de mayor concentración del recurso y se cuantificó el volumen total de madera en pie disponible, el volumen potencialmente aserrable, su aptitud de industrialización y la productividad de las plantaciones existentes.

Como parte del trabajo, se elaboró cartografía digital actualizada con una base de datos asociada a la misma, que se utilizó durante los trabajos de campo y como producto final que incorpora la información relevada, y que sirve como herramienta de apoyo al manejo futuro que se realice del predio de la EEJH.

El total de madera en pie de los rodales estudiados, expresada como volumen total con corteza (VTCC), es de: 579 m³. El VTCC de los rodales que ya alcanzaron la edad de corta es de 312,6 m³, de los cuales 154,7 m³ son aserrables y corresponden a los rodales de Cor1 (Cortina Forestal), E2 (Ensayo demostrativo) y SSP (Ensayo silvopastoril).

INTRODUCCIÓN

El Trabajo Final de Carrera se desarrolló en la Estación Experimental “Julio Hirschhörn” (EEJH) perteneciente a la FCAyF – UNLP. Esta se ubica en la Ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires, región caracterizada por poseer el mayor cordón hortícola del país (CHP), donde se producen más de 72 tipos de hortalizas que alimentan a más de 14 millones de personas del conurbano bonaerense y otras regiones, durante las distintas estaciones del año. El CHP se encuentra constituido por alrededor de 1.100 productores y productoras según el último censo provincial hortícola de 2005 (PRODERI – MAGyP, 2020).

Desde el punto de vista de la producción forestal, se ubica dentro de la porción meridional de la región forestal de la Pampa Ondulada. Ésta posee

aptitud para cultivo industrial de eucaliptos (*E.dunnii*, *E.viminalis*, híbridos de *E.grandis*, *E.camaldulensis* y *E.tereticornis*) y álamos, mientras que la vecina subregión forestal de la zona ribereña de Berisso, Ensenada y Magdalena posee unas 4.900 has aptas para cultivo de sauces, y podría configurarse en un área de cultivo significativa para la región. El recurso forestal se compone de cortinas y pequeños macizos de abrigo y sombra para el ganado en predios agropecuarios; los macizos industriales de mayor magnitud de la zona se ubican en Oliden (350 has; Pdo. de La Plata) y Berazategui (Parque Pereyra, 140 has) y aproximadamente 1.000 has de plantaciones de sauce en la zona ribereña de Berisso, Ensenada y Magdalena (CFI-FCAyF, 2018). Desde el punto de vista industrial, en la región de influencia de la EEJH hay 13 aserraderos: 11 de ellos pequeños y de bajo nivel de tecnificación que, ubicados en la zona ribereña, producen madera aserrada de sauce para cajonería frutihortícola; los 2 restantes –uno de ellos el del CTM-UNLP- procesan madera de Eucalipto y especies varias (Censo Nacional de Aserraderos - MinAgro, 2017).

La EEJH, fundada en el año 1929, cuenta con 64 has destinadas a tres actividades principales: Actividades áulicas de docencia, prácticas a campo/módulos demostrativos, y análisis y evaluación de ensayos experimentales.

La Estación sirve a la integración teórico-práctica de los contenidos de diversas asignaturas de los distintos planes de estudio de las carreras que ofrece la Facultad ya que cuenta con excelentes condiciones para cumplir con los objetivos de formación, entre ellas, su ubicación cercana a la Ciudad de La Plata, una superficie productiva diversificada, personal de apoyo a las actividades de producción e investigación, dotación de maquinarias y equipos, aulas, oficinas, y unidades productivas industriales como el Centro Tecnológico de la Madera (CTM) y la Planta de Alimentos deshidratados para la Integración Social (PAIS).

En este sentido, diversos cursos tienen sectores asignados, permanentes o estacionales, en los cuales coexisten parcelas productivas, demostrativas y ensayos. Además, participan diversos actores de carácter público y privado, quienes materializan trabajos con otras Unidades Académicas, otros organismos estatales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

(INTA), Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires (MDA), como así también asociaciones de profesionales y entidades comunitarias (página web de la FCAYF, 2014).

A lo largo de la historia de la Estación, por diversas razones, algunos ensayos y experiencias que se realizaron no siguieron una planificación sistemática en el tiempo, o no fueron suficientemente documentados desde el punto de vista del uso del terreno. Por esto, han quedado parcelas de trabajo ocupadas sin un destino específico aparente, afectando la organización del predio y obstaculizando el desarrollo de otras actividades.

Esta particularidad nos llevó a definir el **primer objetivo de este trabajo**: Relevar y crear un registro de las superficies forestadas dentro de la EEJH que contribuya a una mejor organización del predio y brinde información para su manejo a las áreas de gestión pertinentes.

En el marco del Programa de Sustentabilidad y Competitividad Forestal BID 2853/OC-AR, entre 2014 y 2018 se construyeron 12 centros foresto industriales para la provisión de bienes y servicios en regiones de alto potencial productivo forestal. El Centro de Capacitación, Transferencia de Tecnología, Producción y Servicios en Madera de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (en adelante CTM-UNLP) se creó en 2014 fruto de un convenio entre la Universidad Nacional de La Plata y la Unidad para el Cambio Rural del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, y es uno de los tres que se encuentra bajo gestión de Universidades. El CTM fue ideado para abordar las necesidades de capacitación e innovación tecnológica y de procesos de los polos forestales existentes y en desarrollo en la provincia de Buenos Aires y la Región Pampeana, con énfasis en las pequeñas y medianas empresas de la transformación mecánica de la madera y del mueble del Delta, de la zona ribereña desde Berisso a Magdalena y del conurbano en general. Fue concebido como una herramienta para impulsar un aumento de la competitividad de las cadenas de valor de las industrias de la madera y del mueble de la provincia de Buenos Aires, en particular para las micro, pequeñas y medianas empresas, principalmente para atender dos aspectos sociales centrales: proveer alternativas para lograr una reducción del déficit habitacional fomentando la construcción de viviendas de madera y desarrollar productos biodendroenergéticos con materia prima regional (Ramilo et al., 2022). En línea

con sus objetivos, en la actualidad sostiene dos líneas principales de producción: la construcción de diversos tipos de muebles en los talleres de carpintería y producción de piezas parte de viviendas panelizadas de altas prestaciones elaboradas por el sistema de plataforma y entramado ligero de madera, construidas bajo norma, escriturables y que están incorporadas a las líneas del plan PROCREAR. Adicionalmente y desde 2020, a partir de un trabajo conjunto con el Consejo Social de la UNLP y el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, UNLP-CONICET) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, el CTM participa en la fabricación de piezas parte para la construcción de un módulo habitacional de emergencia denominado “Solución Habitacional de Emergencia (SHE)” destinado a atender situaciones sociales de extrema vulnerabilidad. Sumado a estos objetivos, otra de las características importantes que reúne el CTM es llevar a cabo actividades de investigación y capacitación de estudiantes, técnicos y profesionales.

El CTM cuenta con una línea de aserrado convencional que consume madera en rollo, la cual es transformada en madera dimensionada (tablas, tirantes de variadas escuadrías y longitudes). La madera con la que se abastece proviene de plantaciones que usualmente se encuentran en un radio de hasta 200 kilómetros de distancia, en su mayoría de cortinas, montes de reparo y algunas plantaciones en predios agropecuarios. Se han realizado experiencias piloto de aprovechamiento de madera procedente de la misma EEJH, pero sin una adecuada cuantificación y planificación del uso del recurso.

Por lo antes mencionado, se llega al **segundo objetivo de este trabajo**: Identificar las áreas forestadas de mayor interés dentro de la EEJH y cuantificar la madera en pie disponible para procesamiento en el aserradero, contribuyendo con ello al logro de sus objetivos al proveer la materia prima necesaria para el proceso productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La intervención profesional se llevó a cabo a través del desarrollo de las siguientes actividades:

Recopilación de antecedentes:

Se recopilaron antecedentes sobre el apotreramiento de la EEJH, incluyendo planos (Anexo 1 - Gráfico 1) que aportaron la nomenclatura de los lotes en los que se divide la superficie del predio, dentro de los cuales se encuentran los rodales de interés.

La información sobre los distintos ensayos forestales que se realizaron a lo largo de la historia de la EEJH fue obtenida a través de la Cátedra Silvicultura FCAYF y de consultas a los trabajadores Nodocentes de más antigüedad en la EEJH.

Dentro de la información recopilada, se obtuvo la especificación técnica de la madera que consume el CTM (*Especificación técnica de abastecimiento de maderas y subproductos, versión 1.1, CTM, agosto 2022*) respecto a las especies, dimensiones y estado de la materia prima a procesar.

Interpretación y análisis de imágenes satelitales. Elaboración de cartografía base en un SIG (Sistema de Información Geográfica):

A partir de imágenes satelitales actualizadas de alta resolución obtenidas de Google Earth y proyectadas como capas de Google Satellite en el software de uso libre QGIS, se realizó una interpretación visual y análisis del predio de la EEJH en su conjunto. Por medio de un sistema de información geográfica (SIG), el cual consiste en un sistema informático que produce visualizaciones conectadas de datos geoespaciales, es decir, datos referenciados espacialmente a la Tierra. Además, los SIG son capaces de capturar, analizar y gestionar datos geoespaciales (Página web de IBM).

Complementariamente se utilizó el programa SAS Planet desde el cual obtuvimos una imagen de la EEJH de mayor resolución, la cual es producida por la composición de un mosaico de “*tiles o baldosas*” que, a un determinado nivel de acercamiento o *zoom*, nos permitió construir la imagen, con la principal ventaja que para la utilización a campo no se requiere de conexión a internet. Posteriormente, se cargó dicha imagen en el programa QGIS, creando una nueva capa para luego empaquetar todo el proyecto, exportarlo y poder ejecutarlo desde el programa QField en el teléfono celular. Esto nos permitió, entre otras cosas, relevar los datos directamente a campo, controlar los pasos

y pautas definidas en el trabajo de gabinete y ubicarnos por geolocalización utilizando el receptor GPS interno del teléfono celular, con una precisión horizontal menor a los 4 metros según lo reportado por el dispositivo.

Sobre estas imágenes se digitalizaron los polígonos correspondientes a los lotes en que actualmente está dividida la EEJH. A su vez, se relevó la longitud total aproximada de los caminos internos (principales, secundarios y huellas). Todos los trabajos con cartografía digital y relevamiento de coordenadas de puntos de terreno con GPS se realizaron utilizando el sistema de coordenadas Latitud-Longitud y datum WGS84.

Se realizaron controles de campo según lo observado e interpretado en las imágenes satelitales, recolectando información *in-situ* de: la composición de especies de cada rodal, edad aproximada (en función a la información recopilada) y su condición general; esto permitió discriminar cuáles de estos rodales eran de interés para inventariar y cuáles no cumplían con los requisitos de la especificación técnica de materia prima consumida por el CTM y los criterios de sus técnicos y, por tanto, no se trabajó en ellos.

Posteriormente se digitalizaron los polígonos correspondientes a los rodales de interés incorporándolos como una capa de información adicional, la que incluyó otra información relevante como especie y superficie.

Diseño del inventario

Definimos en forma conjunta, reunidos con los técnicos del CTM y de la EEJH, los rodales de mayor interés a inventariar, las variables a relevar, los procedimientos e instrumental correspondiente, el diseño de planillas de registro (medición y grilla), el tipo de muestreo y el tamaño de parcela, en base a los antecedentes y al trabajo de análisis, interpretación de imágenes satelitales, los controles de campo y la especificación técnica de la madera que consume el CTM.

Se diseñó y elaboró la planilla de campo (Anexo 1 – Tabla 1) para la colecta de los datos de mayor relevancia; y una grilla (Anexo 1 – Tabla 2) con el fin de realizar croquis de cada rodal con sus dimensiones (cantidad de líneas

y posiciones totales), registrar la ubicación de cada parcela, su tamaño y marcar la primera planta a medir en una secuencia preestablecida de medición. Además, esta planilla se utilizó para registrar información de interés que ayude a la localización del rodal; por ejemplo: caminos, construcciones, etc.

A su vez, se decidió implementar parcelas de muestreo de hasta 40 posiciones cada una, pudiendo estas variar en función de las características de cada rodal.

El instrumental utilizado para las mediciones fue el siguiente:

- Medición de alturas con clinómetro SUUNTO PM5/360.
- Medición de diámetro a 1,3 m (DAP) con forcípula Hagloff graduada en milímetros; en árboles de gran diámetro se midió el perímetro a 1,3 m (PAP) con cinta métrica de fleje plano y se convirtió a dato de DAP.
- La medición de distancia al árbol para la medición de alturas se hizo con una cinta de agrimensor de 100 m. Complementariamente se utilizó un odómetro para medir distancias.

En el Anexo 1 se encuentra el listado de herramientas empleadas, con una descripción del uso y funcionamiento de cada una.

Procedimientos de medición y de registro de datos:

En cada rodal se relevaron las coordenadas (Lat. – Long WGS84) de los árboles ubicados en los vértices del perímetro utilizando la aplicación Qfield (Anexo 1 – Imagen 1); al mismo tiempo que lo recorrimos, se midió el marco de plantación, se registró el tipo de rodal, la composición de especies, la presencia o ausencia de bordura, y algunas condiciones del relieve; para luego definir la cantidad y ubicación de las parcelas representativas de la situación general del lote. En consecuencia, el diseño del muestreo realizado fue de tipo dirigido.

Elegidas las parcelas a relevar, se levantaron las coordenadas de sus cuatro vértices; lo que nos permitió con posterioridad calcular la superficie real de las mismas en el programa QGIS, y contrastarla con la superficie calculada a partir del marco de plantación, y la cantidad de líneas y posiciones totales de la parcela, para luego obtener las intensidades de muestreo.

La medición consistió en los siguientes pasos:

- 0) División de tareas: *Operario 1* (medición de alturas y registro de datos en las planillas); *Operario 2* (encargado de medir DAP o PAP, y estimación de % aserrable).
- 1) Marcamos con cinta de peligro o aerosol el primer árbol de la parcela y lo ubicamos en la grilla del lote correspondiente.
- 2) Estimación preliminar (a ojo) de la altura total del árbol, a fin de definir la distancia al mismo desde la que se mediría la altura con clinómetro (aquella a la que se debe ubicar el *Operario 1* y que nos permitiera obtener una lectura en el clinómetro <100%). Dicha distancia se midió con la cinta de agrimensor, o a partir de la distancia de plantación, contando posiciones en una misma fila; y se registró en la planilla.
- 3) El *Operario 1* anotó en la planilla el dato de la especie a la que corresponde el ejemplar.
- 4) El *Operario 2* realizó la medición de diámetro a la altura del pecho (DAP) con la forcípula, o el perímetro a la altura del pecho (PAP) con la cinta métrica, informando el dato al *Operario 1* para su registro. En el caso de tener un árbol bifurcado por debajo de 1,3 m, se midieron ambos troncos y se registraron en las columnas D1 y D2 de la tabla (Anexo 1 – Tabla 1).
- 5) El *Operario 2* estimó visualmente el % de madera aserrable que posee el fuste del ejemplar, en función de: a) la proporción del fuste que presenta diámetro mayor a 15 cm (diámetro mínimo procesable por la línea de aserrado del CTM) y de b) la condición morfológica del ejemplar (tortuosidad de fuste, defectos, bifurcaciones, sanidad), informando el dato al *Operario 1* para su registro en la planilla.
- 6) El *Operario 2*, ayudó al *Operario 1* a ubicar el árbol a medir, levantando sus manos ubicándose junto al árbol, o bien dándole pequeños empujones al fuste, tratando de provocar un leve movimiento de su copa que ayude a identificarlo del resto de las copas de árboles vecinos.

- 7) El *Operario 1* apuntó con uno de sus ojos al punto más alto de la copa del árbol y con el otro ojo realizó la medición en el clinómetro; obteniendo y registrando el dato de % (tangente %).
- 8) Se avanzó a la siguiente posición; si corresponde a un avance de fila, ambos operarios se reubicaron idealmente respetando la distancia de medición establecida en el punto 2).
 - +) Las posiciones siguientes pueden presentar distintas situaciones, como pueden ser: Árbol vivo (se procede con todos los pasos del 1) al 7)), enfermo €, anormal (A), muerto (M) o falla (F). Estas condiciones fueron informadas al *Operario 1*, quien las registró como una posición más en la planilla de muestreo, indicando la letra que corresponde a cada caso en la columna 'Observaciones' de la tabla (Anexo 1 – Tabla 1).

Se continuó con la misma metodología de medición para el resto de posiciones de la parcela (Imágenes 1, 2 y 3). El sentido de avance fue el siguiente: se abarcaron dos filas, quedando a la derecha las posiciones impares y a la izquierda las posiciones pares como se expresa en el Anexo 1 – Gráfico 2.

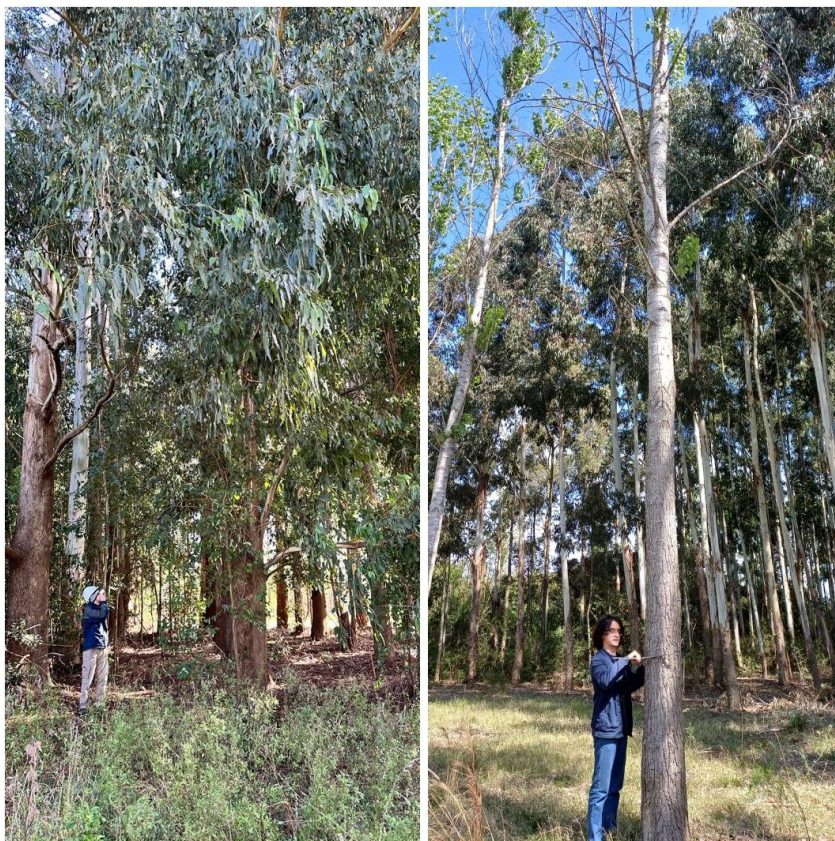


Imagen 1: Foto tomada durante el trabajo de medición a campo.



Imagen 2: Foto tomada durante el trabajo de medición a campo.



Imagen 3: Foto tomada durante el trabajo de medición a campo.

Digitalización, control y depuración de datos:

Una vez realizadas todas las mediciones a campo, se procedió a escanear las planillas, grillas y mapas de trabajo utilizados para la toma de datos, conformando un archivo digital .pdf para cada lote, para salvaguardar la información sin procesar obtenida a campo, ante eventuales revisiones que sean necesarias. Posteriormente se realizó la carga de los datos de campo a un libro de Excel.

Al mismo tiempo que se cargaban las planillas, se iba controlando que no hubiera datos anormales producidos por errores en algún momento del registro o carga de los datos, y se corrigieron los mismos en caso de ser necesario.

Procesamiento de los datos:

Para comenzar el tratamiento de los datos, se realizó la conversión de medidas para los rodales en los que se midió el perímetro (PAP),

transformando todos los datos a valores de diámetro (DAP) y se unificaron todas las unidades a metros.

Por tratarse de mediciones en terreno llano (plano), se realizó el cálculo de la altura total en metros de cada árbol a partir de los valores de la altura del ojo del operario, lectura del clinómetro (%) y la distancia a la que se encontraba dicho operario del árbol, aplicando la siguiente fórmula:

$$Altura\ Total\ (m) = Altura\ ojo\ (m) + \left(\frac{\% Clin}{100} \times Dist.\ medición\ (m) \right)$$

Ecuación N°1: Calculo de altura total (m).

A continuación, se calculó el área basal individual aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Área basal } (m^2) = \left(\frac{DAP\ (m)}{2} \right)^2 \times \pi$$

Ecuación N°2: Calculo de área basal (m²).

Para poder calcular los volúmenes totales con corteza (VTCC) o sin corteza (VTSC), se realizó una búsqueda bibliográfica para hallar ecuaciones de predicción de volúmenes a partir de datos del DAP (modelos de simple entrada) y de DAP y altura simultáneamente (modelo de doble entrada). Para las especies que no se hallaron ecuaciones de volumen, se buscaron factores de forma para poder realizar las estimaciones.

Se procedió a realizar la estimación de los volúmenes, aplicando los factores de forma y modelos matemáticos disponibles para cada especie, de acuerdo a lo que figura en la Tabla 1. Para las especies que no se halló información sobre modelos locales de predicción (modelos de volumen locales), se optó por utilizar los mejores modelos disponibles procurando, en la medida de las posibilidades, que los mismos fueran de zonas geográficas con condiciones lo más similares posibles a las de la EEJH.

Cabe aclarar que, ante la disponibilidad tanto de ecuaciones de volumen como de factores de forma para una misma especie, se optó por usar las ecuaciones de volumen.

ID	Especie	Estimación	Modelo General y Ecuación	Variables de entrada	Referencia	Región
FF01	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Volumen Individual Total c/ corteza	Factor de Forma del Volumen Total con corteza FF = 0,4	Factor de forma del Volumen Total c/ corteza	Balmelli y Resquin (2006)	Uruguay
MV01a	<i>Eucalyptus dunni</i>	Volumen Individual Total c/ corteza	Modelo General: VTCC[m3]= a*(DAP[cm] ^b)*(Ht ^c) Ecuación: VTCC=0,00007*(DAP ^{1,73704})*(Ht ^{1,03774})	DAP (cm); Ht (m)	Ferrere et al. (2022)	Reg. Pampeana. NE BsAs
MV01b	<i>Eucalyptus dunni</i>	Volumen Individual Total sin corteza	Modelo General: VTSC[m3]= a*(DAP[cm] ^b)*(Ht ^c) Ecuación: VTSC=0,00003*(DAP ^{1,698830})*(Ht ^{1,275020})	DAP (cm); Ht (m)	Ferrere et al. (2022)	Reg. Pampeana. NE BsAs
MV02a	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Volumen Individual Total c/ corteza	Modelo General: VTCC[m3]=a+b*DAP[cm] ² Ecuación: VTCC= 0,03435+0,00067705*DAP ²	DAP (cm)	Ferrere et al. (2008)	Reg. Pampeana (25 de mayo, Pellegrini, Guaminí)
MV02b	<i>Eucalyptus viminalis</i>	Volumen Individual Total sin corteza	Modelo General: VTSC[m3]=a+b*DAP[cm] ² Ecuación: VTSC=-0,03236+0,00054801*DAP ²	DAP (cm)	Ferrere et al. (2008)	Reg. Pampeana (25 de mayo, Pellegrini, Guaminí)
MV03	<i>Carya illinoensis</i>	Volumen Individual Total sin corteza	Modelo General: VTCC [pies3]= a + b(DAP[pulg] ² * Ht[pies]) Ecuación: VTCC = -0,665929 + 0,001868(DAP ² * Ht)	DAP (pulg); Ht (pies)	Oswalt & Conner (2011)	Sudeste EEUU
MV04a	<i>Populus x canadensis</i>	Volumen Individual Total c/ corteza	Modelo General: VTCC [m3]=a *(DAP ^b)*(Ht ^c) Ecuación: VTCC [m3]= 0,06263 *(DAP ^{1,63496})*(Ht ^{1,31769})	DAP(m); Ht(m)	Fernández Tschieder et al. (2011)	Buenos Aires
MV04b	<i>Populus x canadensis</i>	Volumen Individual Total sin corteza	Modelo General: VTSC [m3]=a *(DAP ^b)*(Ht ^c) Ecuación: VTSC [m3]= 0,06020 *(DAP ^{1,67846})*(Ht ^{1,29960})	DAP (m); Ht(m)	Fernández Tschieder et al. (2011)	Buenos Aires

Tabla 1: Factores de forma y modelos de volumen utilizados.

En una primera etapa, se estimó el *volumen total individual*. Sabiendo que la porción terminal del árbol constituye un residuo (despunte) que no cumple con los requerimientos de diámetro mínimo procesable por la industria, se estimó el *volumen total potencialmente aprovechable* de cada árbol como el producto de su volumen individual por un *factor de utilización* (Fu) del 90% (10% corresponde al despunte).

Ante la ausencia de modelos de predicción de volumen aserrable para las especies estudiadas, y con el fin de estimar el volumen total aserrable de cada árbol, este se calculó utilizando el dato de *% de aserrable* individual *valorado durante los trabajos de campo*; para ello se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen aserrable (m}^3\text{)} = \text{VTCC ó VTSC (m}^3\text{)} \times \left(\frac{Fu}{100}\right) \times \left(\frac{\% \text{ aserrable}}{100}\right)$$

Ecuación N°3: Calculo de volumen aserrable (m³).

Por último, se procedió al cálculo del total de madera aserrable por rodal (m³).

En el (Anexo 1 - Tabla 3) se muestra un ejemplo de la hoja de cálculo de la parcela Cor1 F1, donde se evidencia todo el procedimiento anteriormente explicado.

RESULTADOS

Antecedentes recopilados

La EEJH se encuentra dividida en 16 lotes de dimensiones y formas variables, que a su vez se subdividen en uno a cuadro sub-lotes o potreros. El plano de esta subdivisión puede consultarse en el Anexo 1 – Gráfico 1.

La información sobre los ensayos forestales presentes en la EEJH obtenida de las fuentes consultadas es la siguiente:

- Ensayo de espaciamiento de álamo (*Populus x canadensis* “Ragonese 22 INTA”), plantado en el año 2008 en dos espaciamientos diferentes.
- Dos cortinas con distintas especies de *Eucalyptus*, plantadas en 1992.
- Un ensayo de densidades de *Eucalyptus* (2015).
- Cuadro demostrativo de *Eucalyptus dunnii* (1989).
- Ensayo de productividad de *Eucalyptus camaldulensis* en planteo silvopastoril (1991).
- Cortina frutal de *Carya illinoensis* (1976).
- Ensayo de productividad de especies y fuentes semilleras de *Eucalyptus* (2011).

De acuerdo a la especificación técnica (*Especificación técnica de abastecimiento de maderas y subproductos, versión 1.1, CTM, agosto 2022*) el aserradero consume materia prima de las siguientes características:

i) Especie:

- a) Eucalipto blanco: *Eucalyptus grandis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. viminalis*.

Eucalipto híbrido: *E. grandis x camaldulensis*; *Eucalyptus grandis x E.tereticornis*.

Eucalipto colorado: *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*.

Otros Eucaliptos, con previa aprobación de los técnicos.

- b) Álamo: Todos los clones.
- c) Sauce: Todos los clones, excepto criollo y mestizos.
- d) Otras especies: Pino, roble, fresno, acacia blanca, acacia negra, nogales, ligustro, arce y otras latifoliadas de valor.

ii) Características de la madera:

Rollos verdes, sin pudriciones, sin torceduras pronunciadas (desvío máximo de 15 cm en toda la pieza), libre de horquetas y libre de piedras u objetos metálicos.

iii) Dimensiones de la madera en rollo:

- a) Longitud: Máximo 4,10 m; estándar 3,10 m; mínimo 1,50 m.
- b) Diámetro: Máximo 80 cm; mínimo 25 cm.

Cabe aclarar que cuando la materia prima que ingresa al aserradero, es de fuente propia, el diámetro mínimo aceptado es de 20 cm.

Interpretación, análisis de imágenes satelitales y elaboración de cartografía base en un SIG

La digitalización de los lotes en que está dividida la EEJH permitió identificar un total de 54 polígonos de tamaño variable (capa *Lotes actuales*) que suman un área total aproximada de 37,15 has, de los cuales algunos pueden estar ocupados o no en la actualidad. Cabe aclarar que dicha superficie no contempla la ocupada por edificaciones y demás infraestructura. La digitalización de los caminos (capa *Vías*) permitió estimar que la longitud aproximada de los caminos internos (principales, secundarios y huellas) alcanza un total de 6.273 m.

A partir de los controles de campo realizados en base a lo observado en las imágenes satelitales, contrastados con la especificación técnica de materia prima que consume el CTM y lo consensuado con los técnicos del Centro, se identificaron los rodales de interés a inventariar, que se detallan en la Tabla 2.

Lote	Rodal	Tipo de Rodal	Especie	Superficie Rodal (ha)
5a	E1	Ensayo densidades	Eucalipto varios	0,396
4d	E2	Cuadro demostrativo	E. dunnii	0,048
4b	E3	Ensayo productividad	Eucalipto varios	0,5096
4a	Cor1	Cortina	Eucalipto varios	0,0702
3c	Cor2	Cortina frutal	Carya illinoensis	0,018
15d	SSP	Ensayo productividad	E.camaldulensis	0,4956
4a	A	Ensayo densidades	Populus x canadensis	0,0716

Tabla 2: Rodales de interés inventariados.

Para dar noción de la ubicación de la EEJH respecto a la Ciudad de La Plata, se adjunta una imagen proveniente del Google Earth de La Plata y remarcada la EEJH, en una escala de 1:100.000 (Imagen 4). A su vez, para lograr una mayor ubicación de la Estación, estas son sus coordenadas 34°59'15"S 57°59'47"W.

La digitalización de los polígonos de los rodales de interés (capa *Rodales_IF2024*) junto con otra información relevante de cada uno de ellos tales como un identificador del rodal (id del rodal), código nomenclador del rodal (código), la información de especie/s (especie) y su superficie (área), se incorporó al SIG de la EEJH elaborado como parte del trabajo (Imagen 5).

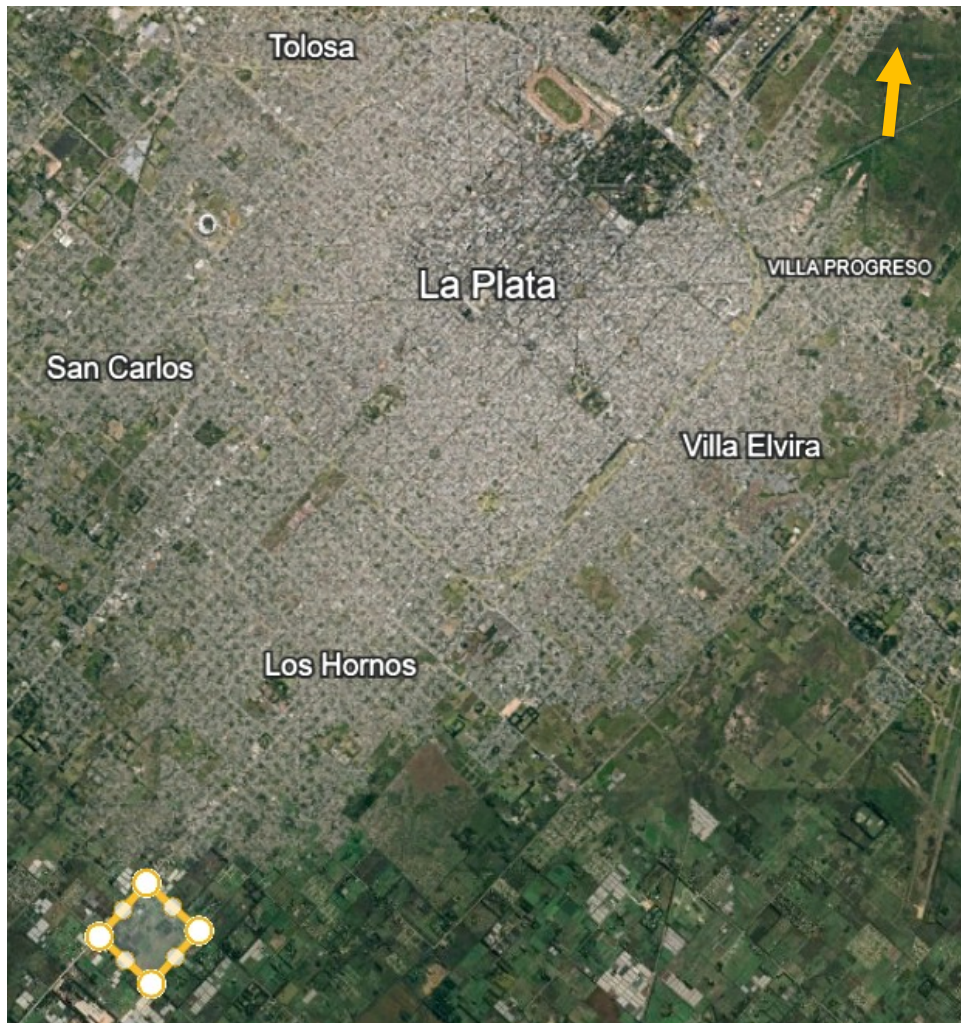


Imagen 4: Ubicación de la EEJH respecto a la Ciudad de La Plata, en escala 1:100.000.

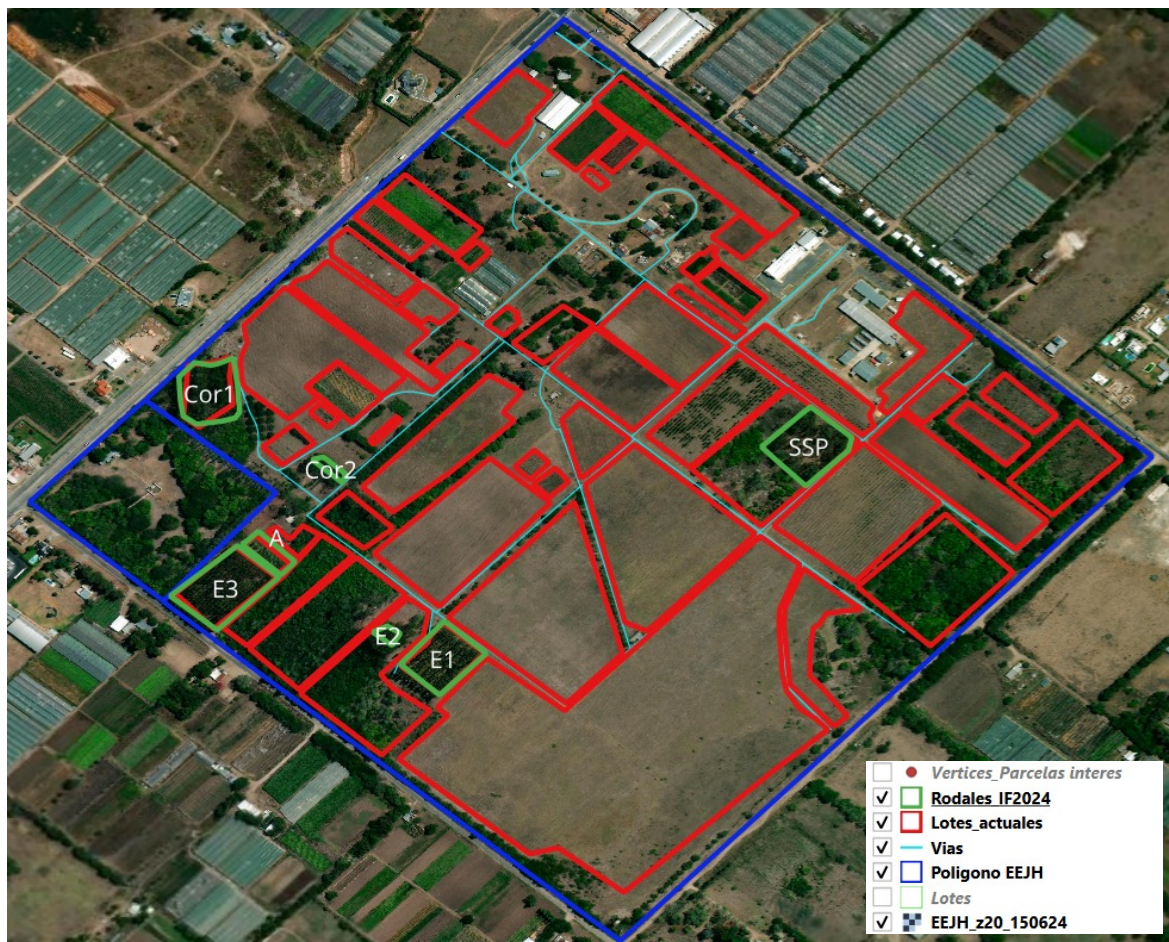


Imagen 5: Capas digitalizadas SIG.

Del diseño y la intensidad de muestreo

El registro de las coordenadas de los cuatro vértices de las parcelas inventariadas permitió calcular la superficie real de las mismas en el programa QGIS, y contrastarla con la superficie calculada a partir del marco de plantación, y la cantidad de líneas y posiciones totales de la parcela. A partir de esa información se estableció la intensidad de muestreo de cada uno de los rodales inventariados. La información de ubicación (lote), tipo de rodal y superficie, especie, espaciamiento de plantación, cantidad de parcelas inventariadas y tamaño e intensidad de muestreo se observan en la Tabla 3.

Lote	Rodal	Tipo de cuadro	Especie	Superficie Lote (ha)	Espaciamiento (m)	Parcela	Superficie Parcela (ha)	Intensidad de Muestreo
5a	E1	Ensayo densidades	Eucalyptus (clones)	0,390	variable	P1	0,0225	22,8%
						P2	0,0225	
						P3	0,0225	
						P4	0,0225	
4d	E2	Cuadro demostrativo	E. dunnii	0,048	4x4	P1	0,048	100%
4b	E3	Ensayo productividad	E. dunnii; E. camaldulensis	0,5096	4x3,5	P1	0,0672	26,4%
						P2	0,0672	
4a	Cor1	Cortina	E. dunnii; E. viminalis; E. camaldulensis	0,0702	3x3	F1	0,0306	100%
						F2	0,0396	
3c	Cor2	Cortina frutal	Carya illinoensis	0,018	1,5x1,5	F1	0,009	100%
						F2	0,009	
15d	SSP	Ensayo productividad	E. camaldulensis	0,4956	3,5x2x12	F1	0,0372	75,2%
						F2	0,062	
						F3	0,062	
						F4	0,0527	
						F5	0,0403	
4a	A	Ensayo de desidades y raleo	P. x canadensis	716	2x2	P1	0,0056	61%
					6x6	P2	0,0056	
						P3	0,0324	

Tabla 3: Información general de rodales y parcelas.

Resultados del inventario

Las existencias totales en pie en las 1,609 has inventariadas, expresadas en *Volumen Total (de fuste) Con Corteza (VTCC)*, se estimaron en 579 m³. Los rodales potencialmente aprovechables que han superado el turno de corta son Cor1, E2 y SSP que suman una superficie de 0,613 has y un VTCC de 312,6 m³. El total de *volumen aserrable* para estos rodales es de 154,7 m³. El *volumen de despunte* y de rollos que no reúnen las características necesarias para su procesamiento en el aserradero, reunido bajo la denominación de *volumen no-aserrable*, se estimó en 158 m³; datos que se observan en la Tabla 4.

Rodal	Especie	Sup. (ha)	Edad	VTCC (m3)	VTSC (m3)	Vol. Aserrable (m ³)	Vol. NO Aserrable (m ³)	IMA VTCC (m ³ / ha.año)
A	Populus x canadensis	0,0716	16	10,7	9,1	7,2	3,4	9,3
E1	Eucalyptus (clones)	0,396	9	98,6	80,3	50,0	48,6	27,7
E3	E.dunii	0,5096	13	144,7	100,6	79,5	65,2	21,8
Cor2	C. illinoensis	0,018	48	12,3	-	12,3	0,0	14,2
Cor1 *	E.dunnii, E.viminalis, E.camaldulensis	0,0702	32	129,2	82,3	80,5	48,7	57,5
E2 *	E.dunnii	0,048	35	92,4	80,3	50,0	42,5	55,0
SSP *	E.camaldulensis	0,3379	33	91,0	-	24,2	66,8	8,2
TOTALES				579,0		303,7	275,2	
TOTALES APROVECHABLES*				312,6		154,7	158,0	

* indica rodales que ya alcanzaron la edad de corta y podrían cosecharse (Cor1, E2 y SSP)

Tabla 4: Volumen total, aserrable y no aserrable por rodal.

En la Tabla 5 se muestra la información de los rodales aprovechables, indicando la cantidad de árboles y sus dimensiones promedio (DAP, Altura total y Volumen Individual c/ corteza) y se consigna el volumen aserrable y no aserrable de cada uno. Adicionalmente se presenta un resumen de esta información agrupada por especie, consignando el Volumen Total c/corteza, Volumen aserrable y volumen no aserrable, todos expresados en m³.

Rodal/ Especie	Total árboles en pie	DAP (cm)	Altura (m)	VTCC individual (m3)	VTCC (m3)	Volumen Aserrable (m3)	Volumen NO Aserrable (m3)
Cor1							
EC	23	41,7	22,8	1,4147	32,5	15,4	17,1
EDU	22	53,6	36,1	3,1971	70,3	51,7	18,6
EV	21	40,7	21,9	1,2533	26,3	13,4	12,9
E2							
EDU	28	55,0	37,2	3,3014	92,4	50,0	42,5
SSP							
EC	106	36,1	16,6	0,8558	91,0	24,2	66,8
TOTALES APROVECHABLES POR ESPECIE							
EC	129				123,5	39,6	83,9
EDU	50				162,8	101,7	61,1
EV	21				26,3	13,4	12,9
TOTALES					312,6	154,7	158,0

Tabla 5: Dimensiones promedio individuales de los árboles de los rodales aprovechables y volumen total aprovechable (aserrable y no aserrable) por especie.

A modo de síntesis, se presentan los resultados obtenidos del tratamiento de los datos, subdividiéndolos en diferentes categorías:

- PARA TODOS LOS RODALES INVENTARIADOS:
 - Volumen total en pie: 579,0 m³.
 - Volumen aprovechable: 521,1 m³.

- PARA RODALES EN TURNO DE CORTA:
 - Volumen total en pie: 312,6 m³.
 - Volumen total aprovechable: 281,34 m³.
 - Volumen total aserrable discriminado por rodal y especie:
 - Cor1: 80,5 m³ (51,7 m³ E.dunnii; 15,4 m³ E.camaldulensis; 13,4 m³ E.viminalis).
 - E2: 50,0 m³ (50,0 m³ E.dunnii).
 - SSP: 24,2 m³ (24,2 m³ E.camaldulensis).
 - Volumen aprovechable no aserrable:
 - 158,0 m³.

Análisis e interpretación de resultados de las mediciones:

Los resultados generales del inventario muestran que la mayor proporción de la madera en pie en la EEJH corresponde a Eucalyptus (96,02%), y la especie que aporta mayor volumen total es E. dunnii (33,61%), seguida por E.camaldulensis (18,53%) y E.viminalis (4,54%) (Gráfico 1).

De los lotes analizados, los que cumplen las características para su aprovechamiento en el corto plazo son E2, Cor1, y SSP. Los restantes lotes corresponden a ensayos en curso, que aún no han alcanzado su turno de corta.

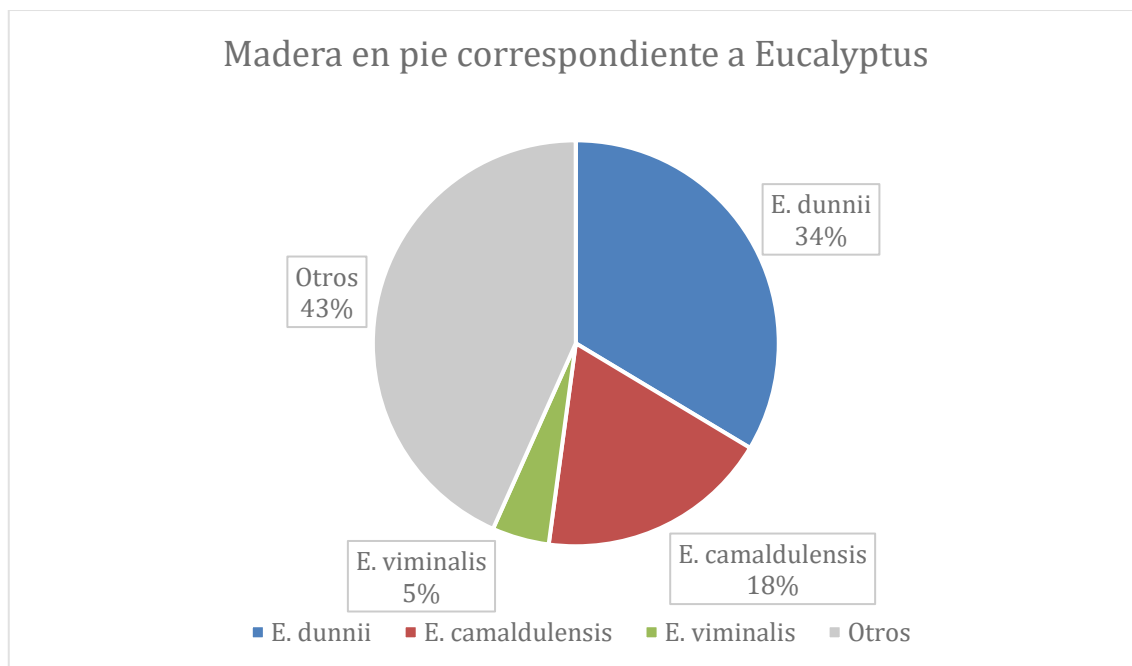


Gráfico 1: Composición porcentual de la madera en pie correspondiente al género *Eucalyptus*.

Caracterización de aptitud de industrialización:

Eucalyptus:

E. camaldulensis: Es la especie más ampliamente difundida en la Provincia de Buenos Aires, lo que se fundamenta en su gran rusticidad y adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelo.

Desde el punto de vista tecnológico, presenta un fuste de forma deficiente y frecuentemente tortuoso, con curvaturas y bifurcaciones que desfavorecen su valor en la industria del aserrado, ya que resulta difícil obtener piezas aserradas largas. No obstante, brinda madera dura y pesada utilizada para elaborar pisos (parquet), carpintería rural (varillas, postes) y muebles entre otros (Tinto, 1997).

La principal industria de escala consumidora de madera de *E. camaldulensis* en Buenos Aires, es la fábrica de tableros de fibra de la firma Fiplasto S.A. en Ramallo, que la utiliza de preferencia, junto con *E. tereticornis*, en la elaboración de tableros tipo hardboard. En zonas con

precipitaciones menores a 700 mm (Golfari, 1985), es la opción que más se ajusta a condiciones de sequía.

E. tereticornis: Este es, en una proporción muy inferior, la segunda especie de eucaliptos colorados en importancia para la Provincia de Buenos Aires luego de *E. camaldulensis*; posee un crecimiento superior a éste para la región pampeana sub-húmeda (700 – 950 mm), presentando además una mejor forma, con fustes relativamente rectos y de superior aptitud tecnológica.

E. viminalis: En Argentina se encuentra difundido en una amplia superficie a lo largo de varias provincias del centro del país; sin embargo, los mejores incrementos se observan en el centro de la Provincia de Buenos Aires (partidos de 25 de Mayo, Bragado, y otros) (Golfari, 1985).

Su madera se emplea para la fabricación de pisos (parquet), postes impregnados, envases y carpintería de obra. Se utiliza para la elaboración de varillas de alambrado y carpintería rural, siempre que no esté en contacto con el suelo. También es utilizada en la industria del triturado para celulosa por su blancura y sus aceptables propiedades de fibra, en la fabricación de tableros aglomerados y de fibra; además es apta para debobinado en la fabricación de tableros compensados.

E. dunnii: Fue introducido en Argentina, buscando ser una alternativa al cultivo de *E. viminalis*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*.

El uso principal de la madera de *E. dunnii* es como materia prima en la industria de celulosa y papel (Maradei, 1997) ya que combina un excelente crecimiento, rectitud de fuste, desrame natural y tolerancia a heladas (Gioia, 2006) con características de fibra, valores de densidad básica y blancura que determinan una calidad deseable para estos usos. También es utilizado en industrias de tableros de astillas del tipo 'particleboard', de fibras de mediana densidad (MDF) y tableros tipo 'Hardboard'.

Álamo:

Populus x canadensis (*P. deltoides* x *P. nigra*): Originalmente generado por cruzamiento natural y posteriormente obtenido por trabajos de fitotecnia

como una entidad de uso productivo por sus características destacadas de vigor, crecimiento, sanidad y forma; este híbrido fue desplazado de la zona del Delta del Río Paraná por ser susceptible a canchros (*Septoria musiva*). Provee madera blanca, blanda y fácilmente trabajable, con multiplicidad de usos en la fabricación de envases, embalajes, tableros compensados, y muebles en general (FCAyF – UNLP, 2018).

Pecán:

Carya illinoensis: Es una madera difícil de trabajar, ya que el desgarro es común durante las operaciones de mecanizado si los bordes de corte no se mantienen afilados. Responde bien al doblado con vapor. La madera se usa comúnmente donde la fuerza o la resistencia a los golpes son importantes. Tiene buen comportamiento en el encolado, toma bien tinturas y barnices, y se logran buenos acabados superficiales. Posee un alto poder calorífico, por lo que se usa como leña.

Más allá de los usos maderables, el principal motivo de su explotación en el país, es la obtención de nueces pecán y demás subproductos que se obtienen de ellas (Página web The Wood Database).

Presentación de un informe técnico con los resultados del inventario a las autoridades del Centro Tecnológico de la Madera:

Se elaboró un informe técnico con los resultados del inventario y recomendaciones para su manejo y aprovechamiento por parte de las autoridades pertinentes de la EEJH y el CTM.

Se confeccionó un documento adicional denominado “*Informe técnico resultados inventario EEJH 2024*” que aporta de forma sintética los resultados obtenidos en este TFC, el cual fue presentado a las autoridades del CTM en el mes de noviembre del 2024. El mismo se incluye en el presente informe, dentro del Anexo 2.

Actualización de la capa de información geográfica:

Se actualizó la capa de información creada en el punto 2. “*Elaboración de cartográfica base en un SIG*” de polígonos de rodales de interés inventariados de la EEJH en el SIG, incorporando los siguientes campos:

- Lote.
- Rodal.
- Especie.
- Cantidad de árboles en pie.
- Área.
- Promedio de DAP.
- Promedio de altura.
- Promedio de VTCC.
- Total de VTCC.
- Año de plantación.
- Apto para corte.

La información relevada y registrada quedará disponible para las autoridades de la estación experimental y para futuros trabajos.

id	Potrero EE	Codigo	Especie	Arb en pie	Area	DAP prom	Altura pro	VTCC prom	VTCC total	Año plant	Apto corte
1	5a	E1	EDU clones	356	4122,4962	17,10	21,90	0,2768	249,1000	2015	NO
2	4d	E2	EDU	28	346,3943	55,00	37,20	3,3014	1925,8000	1989	SI
3	4b	E3	EC, EC/ET, EDU,...	349	5746,4677	20,50	21,60	0,4149	284,0000	2011	NO
4	15d	SSP	EC	106	4956,7161	36,10	16,60	0,8558	269,3000	1991	SI
5	4a	Cor1	EV, EDU, EC	66	4194,9133	45,30	26,90	1,9575	1840,4000	1991	SI
6	3c	Cor2	PECAN	21	387,6540	33,80	17,80	0,5847	682,2000	1976	NO
7	4a	A	PxC	44	1259,2722	20,80	17,80	0,2402	148,8000	2008	NO

Tabla 6: Tabla de atributos actualizados de la Capa Rodales_IF 2024.

CONCLUSIONES

La tarea ejecutada en este trabajo final de carrera aportó el primer inventario forestal integral realizado en la EEJH, y brindó información de las existencias en pie de los rodales de principal interés para el CTM a la fecha. Esta información permite al CTM prever las cantidades y tipos de madera que puede obtener a partir de la cosecha de las plantaciones que se encuentran en

el predio. Y a las autoridades les servirá como punto de partida para estimar el valor económico de este recurso.

Además, se crearon capas dentro de un SIG con diferentes capas de información temáticas que constituyen un aporte para el manejo del predio por parte de las autoridades de la FCAyF y de la EEJH.

Desde el punto de vista de nuestra formación académica, este trabajo y su modalidad, nos permitió reunir diversos conocimientos particulares de distintas asignaturas e instancias que conforman nuestra formación en la Facultad, y aplicarlos de forma conjunta e integral en una intervención profesional, pudiendo así ser conscientes de las capacidades adquiridas y desarrolladas a lo largo de estos años, con la confianza y certeza de poder salir al mundo laboral y poder responder a los desafíos que allí nos esperan.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría comenzar agradeciendo a Diego I. Ramilo, un gran profesor que consideramos que está a la altura de la vocación necesaria para formar profesionales y también, personas. Su experiencia y guía a lo largo del trabajo han sido invaluable. Destacamos su voluntad por acompañarnos en todo este proceso, proveyéndonos distintas herramientas, de gran utilidad para el desarrollo de este trabajo final, como así también a lo largo de nuestra vida profesional.

Además, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - UNLP; y a toda su plantilla docente y nodocente. En primer lugar, por proporcionar los recursos y el entorno necesarios para llevar a cabo este trabajo; como así también toda la formación brindada, tanto en el ámbito académico, como en el social y personal.

BIBLIOGRAFÍA.

Libros y publicaciones

- Balmelli, G., Resquin, F. (2006).** *Productividad de diferentes especies de Eucalyptus sobre areniscas de Tacuarembó-Rivera. INIA Uruguay. 8pp*
- Brussa, C.A. (1994).** Eucalyptus: especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Hemisferio Sur. Uruguay. 328 pp.
- Caillez, F. (1980).** Estimación de volumen forestal y predicción de rendimiento con referencia especial a los trópicos. FAO Mones 22/1. 91 pp. <https://www.fao.org/3/ap353s/ap353s00.pdf>
- Cátedra de Silvicultura – FCAYF – UNLP (2022).** Actividad a campo III: Manejo de la densidad. 2 pp.
- CFI-FCAYF UNLP (2018).** Actualización y redefinición de cuencas industriales forestales en la provincia de Buenos Aires. Informe Final de Consultoría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales U.N.L.P – Consejo Federal de Inversiones. 5 Vol. 886 pp.
- CTM - UNLP (2022).** Especificación técnica de abastecimiento de maderas y subproductos, versión 1.1. Documento interno CTM-FCAYF-UNLP 2 pp.
- FCAYF - UNLP (2018).** Actualización y redefinición de cuencas industriales forestales en la provincia de Buenos Aires (ANEXO 2A).
- Fernández Tschieder, E., Fassola, H., García Cortés, M. (2011).** Ecuación de volumen total para *Populus deltoides* de plantaciones del bajo delta del Paraná. Revista de investigaciones agropecuarias. Versión online. EEA Delta del Paraná. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 9 pp.
- Ferrere, P., Palazzini, D., Lupi, A.M., Pathauer, P. (2022).** Ecuaciones para la estimación de altura y volumen en plantaciones de *Eucalyptus dunnei* en el norte de la Región Pampeana. 26° Jornadas Forestales de Entre Ríos. 4 pp.
- Ferrere, P., Lupi, A.M., Boca, R., Nakama, V., Alfieri, A. (2008).** Biomasa en plantaciones de *Eucalyptus viminalis* Labill. de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ciência Florestal*, Santa María, 18 (3): Pág. 291-305.
- Galarco, S., Ramilo, D. (2020).** Plantaciones forestales en Argentina. Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones. Colección Libros Cátedra. EDULP.
- Gioia, C., (2006).** Calidad de la Madera de *Eucalyptus dunnei*. Revisión bibliográfica. Informe interno. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. Buenos Aires, Argentina. 14 pp.

Golfari, L., (1985). Distribución regional y condiciones ecológicas de los Eucaliptos cultivados en Argentina. Problemas inherentes. Publicación técnica N° 1. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF). 20 pp.

Maradei, D., (1997). *Eucalyptus dunnii* un nuevo recurso forestal para la industria. SAGPyA Forestal 4:7-11.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA DE LA NACIÓN (2017). Censo Nacional de Aserraderos 2015. Buenos Aires. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial. Ministerio de Agroindustria de la Nación. Argentina.

Oswalt C.M., Conner R.C., (2011). Volume Equation User's Guide. General Technical Report - Southern Research Station 138. Southern Forest Inventory and Analysis. USDA Forest Service. 32 pp.

PRODERI – MAGyP (2020). Fortalecimiento productivo, comercial y organizacional de productores familiares de La Plata.

Ramilo, D., Galarco, S., Rodríguez Vagaría, A., Sharry S. (2022). El Centro de Capacitación, Transferencia de Tecnología, Producción y Servicios de la Madera FCAYF de la UNLP en el contexto foresto industrial bonaerense". En Revista MDA. Vol. 3 N° 1. pp. 37-42. MDA Ediciones. Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires.

Sharry, S., Stevani, R.A., Galarco S. (2022). Sistemas Agroforestales en Argentina. Colección Libros Cátedra. EDULP.

Sorretino, A. (1996). Manual para el diseño y ejecución de inventarios forestales. Ed. Hemisferio Sur. 350 pp.

Tinto, J.C., (1997). Tecnología de las maderas Argentinas y del Mundo. Editorial AgroVet. 565 pp.

Wabö, E. (2002). Dasometría. Apuntes del curso de dasometría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Recursos web:

Página web The wood database.
<https://www.wood-database.com/pecan/>

Página web de la Cátedra Sistemática Vegetal UNLP (S/F).
<https://sistematicavegetal.weebly.com/>

Página web de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP (S/F).
<https://www.agro.unlp.edu.ar/institucional/estacion-experimental/>
<https://ctm.agro.unlp.edu.ar/>
<https://www.agro.unlp.edu.ar/novedad/se-inauguro-oficialmente-el-centro-tecnologico-de-la-madera>

Página web del Instituto Geográfico Nacional.
<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/ProduccionCartografica/sistemas-de-proyeccion>

Ramilo, D. 2021. Videoclase “Mensura forestal”. Curso de Introducción a la Dasonomía. FCAyF-UNLP. <https://youtu.be/wU6c8O1zRTE>

Página web de IBM (2023).
<https://www.ibm.com/es-es/topics/geographic-information-system>

ANEXO 1.

Gráfico 1. Apotreramiento de la EEJH. En él se observan los distintos potreros que van desde el número 1 hasta el 16, y cada uno de ellos se subdividen en hasta 4 parcelas identificadas con las letras a, b, c y d.

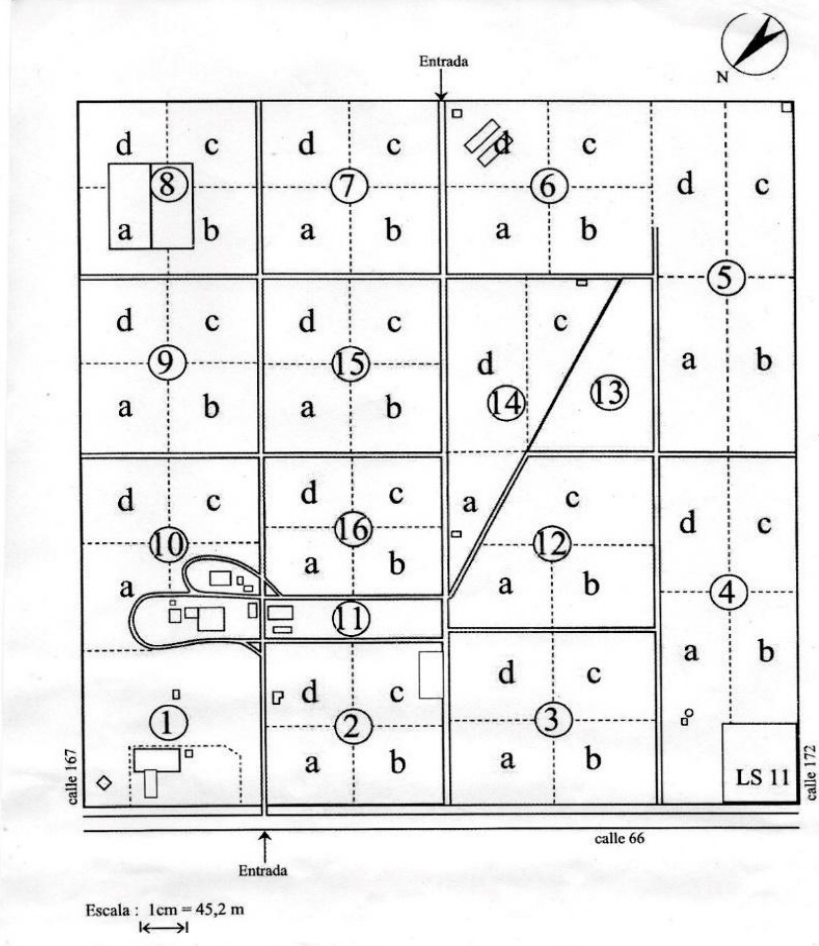


Tabla 1. Planilla de registro de datos a campo.

Inventario Forestal EEJH 2024								
LOTE				MARCO PLANTACIÓN:				
Nº PARCELA								
SUP. PARCELA				FECHA:		HORA INICIO:		HORA FIN:
ESPECIE:								
#	Esp.	D1	D2	D3	Altura (%Clin)	Dist. Medicion	% Aserrable	Observaciones
1								
2								
3								
...								
40								
OBSERVACIONES DE LA PARCELA:								

- LOTE: polígono de interés.
- N° PARCELA: número de parcela de muestreo dentro del polígono.
- SUP. PARCELA: superficie de la parcela, calculada a partir del marco de plantación y la cantidad de posiciones relevadas en la parcela.
- MARCO PLANTACIÓN: medido a partir de la distancia entre plantas de una misma hilera y la distancia entre hileras.
- FECHA: del día en el que se realizó la medición de la parcela.
- HORA INICIO/HORA FIN: hora de inicio y finalización de los trabajos de medición en la parcela.
- ESPECIE: Nombre del/os taxones encontrados en la parcela.
- #: Número de posición de la planta en la parcela.
- **Esp.:** Convención correspondiente al taxón de la planta en cada posición.
- **D1, D2, D3:** Diámetro a la altura del pecho de cada planta (2 y 3 por varios fustes, si los hubiese). Reemplazado por el dato de *Perímetro* en parcelas de árboles de mayor porte que no pudieron medirse con forcípula.
- **Altura (%Clin):** lectura en % realizada sobre el clinómetro.
- **Dist. medición:** distancia desde el árbol hasta la ubicación del personal que utilizaba el clinómetro; medido en cinta métrica para cada posición.
- **% Aserrable:** % de fuste que es potencialmente aserrable del ejemplar.
- **Observaciones:** datos pertinentes a cada posición relevada.
- OBSERVACIONES DE LA PARCELA: datos extras de la parcela o lote, considerados de importancia.

Tabla 2. Grilla relevamiento. Ejemplo: Rodal Pecán.

GRILLA RELEVAMIENTO TAMAÑO CUADROS								OBSERVACIONES DE LA PARCELA: Los árboles no están seguidos en posición según marco de plantación; se ilustra sólo el orden de las existencias.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1								F1												
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7				F2																
8																				
9			9m																	
10																				
11	Camino																			
12																				
13																				
...																				
60																				

- Nombre de la parcela, ubicado en el árbol N°1 desde donde comenzó la medición. En el ejemplo, F1 (Faja 1).
- Ubicación de las posiciones.
- Medidas de importancia: ancho y largo del lote.
- Caminos u otros elementos de referencia en el terreno.
- OBSERVACIONES DE LA PARCELA: datos extras de la parcela o lote, considerados de importancia.

Listado de herramientas utilizadas en los trabajos de campo:

- **Forcípula Hagloff:** Herramienta de metal compuesto por una regla graduada tanto en centímetros como en milímetros, con un brazo fijo ubicado en el cero de la regla y un brazo móvil en toda la extensión de la regla.
- **Clinómetro SUUTNO PM5/360PC:** Es un dispositivo óptico-mecánico para medir alturas basándose en principios trigonométricos. Puede medir la altura ubicándose a cualquier distancia del árbol, siempre que esta sea conocida. Este instrumento brinda la altura del árbol expresada como un % de la distancia del operador al árbol.
- **Cinta métrica:** De bolsillo, de fleje plano (hasta 5m) y de agrimensor (de 100m): Elemento de medición graduado en mm (m, cm y mm)
- **Odómetro:** Elemento de medición que mediante una relación de transmisión interna convierte vueltas de rueda en mediciones lineales en m.

- **Cinta de marcación** (“de peligro”) y **aerosoles**: Para marcar los árboles iniciales de cada parcela.
- **Elementos de seguridad personal** (casco, guantes, anteojos protectores e indumentaria adecuada).
- **Teléfono celular**: Para uso de la aplicación QField, para toma de coordenadas de los vértices de cada lote y parcela.
- **Elementos extra**: (planillero, lápiz, lapicera, planillas de inventario, grilla de ubicación de polígonos y mapas con fotos satelitales del lugar de trabajo) para la toma de datos en las planillas.

Imagen 1. Vista de la aplicación QField en teléfono celular, donde se muestran con puntos colorados los vértices del rodal y las parcelas medidas.



Gráfico 2. Secuencia de medición de los árboles en la parcela.

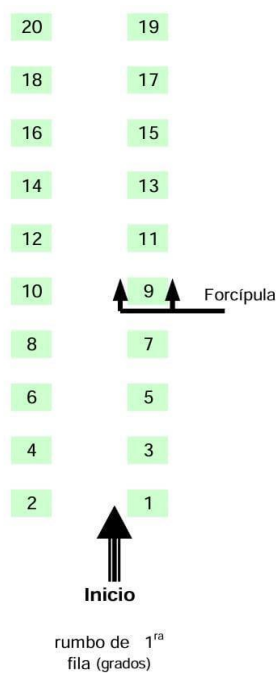


Tabla 3. Ejemplo de hoja de cálculo Cor1- F1 con datos ya procesados.

Esp.	DAP (cm)	DAP (m)	ALTURA (m)	Área basal individual (m2)	VTCC x factor de forma (m3)	VTSC x factor de forma (m3)	VTCC x modelo de Ferrere (m3)	VTSC x modelo de Ferrere (m3)	% Aserable	VOL Aserable (m3)
EDU	90,4	0,904	36,22	0,6418	9,9028	8,2058	7,2581	6,1378	100	5,5240
EDU	61,1	0,611	40,57	0,2832	5,0673	4,1990	4,1345	3,6458	100	3,2812
EDU	62,4	0,624	37,72	0,3058	4,9138	4,0718	3,9763	3,4435	100	3,0991
EDU	40,4	0,404	37,12	0,1282	2,0272	1,6799	1,8378	1,6120	100	1,4508
EDU	56,3	0,563	39,52	0,2489	4,1904	3,4723	3,4905	3,0684	100	2,7616
EDU	49,3	0,493	41,97	0,1909	3,4131	2,8283	2,9501	2,6440	100	2,3796
EDU	50,6	0,506	41,32	0,2011	3,5398	2,9332	3,0389	2,7091	100	2,4382
EDU	64,6	0,646	40,22	0,3278	5,6184	4,6540	4,5138	3,9636	100	3,5873
EDU	22,3	0,223	18	0,0391	0,2998	0,2484	0,3089	0,2334	50	0,1050
EDU	55,1	0,551	37,36	0,2384	3,7942	3,1440	3,1717	2,7535	100	2,4782
EDU	57	0,57	35,92	0,2552	3,9050	3,2359	3,2297	2,7742	100	2,4968
EDU	39,8	0,398	32,92	0,1244	1,7446	1,4456	1,5808	1,3485	80	0,9709
EV	30,9	0,309	24,92	0,075	0,7476		0,6808	0,5556	60	0,3000
EV	F									
EV	41,4	0,414	21,32	0,1346	1,1479		1,1948	0,9718	30	0,2623
EV	20,7	0,207	15,4	0,0337	0,2076		0,3245	0,2672	60	0,1443
EV	F									
EV	57,3	0,573	28,6	0,2579	2,9504		2,2573	1,8318	70	1,1539
EV	F									
EV	38,5	0,385	29,26	0,1184	1,3623		1,0379	0,8446	100	0,7602
EV	F									
EV	26,1	0,261	31,42	0,0535	0,6724		0,4956	0,4057	90	0,3286
EV	44,9	0,449	26,72	0,1583	1,8919		1,3993	1,1372	80	0,8188
EC	58,6	0,586	35,38	0,2697	3,8168				60	2,0611
EC	35	0,35	19,92	0,0862	0,7665				50	0,3449
EC	41,4	0,414	29,62	0,1346	1,5947				80	1,1482
EC	24,5	0,245	23,56	0,0471	0,4439				50	0,1997
EC	39,2	0,392	25,72	0,1207	1,2418				60	0,6706
EC	55,4	0,554	33,08	0,2411	3,1902				80	2,2970
EC	39,8	0,398	25,9	0,1244	1,2888				70	0,8119
EC	F									
EC	57,6	0,576	23,17	0,2606	2,4152				50	1,0869
EC	36,3	0,363	19,36	0,1035	0,8015				50	0,3607
EC	56,7	0,567	19,08	0,2525	1,8271				0	

ANEXO 2.

Informe técnico de resultados del inventario

Informe técnico sobre los resultados del inventario forestal de la Estación Experimental “Julio Hirschhorn”.

Resumen: Se presentan los resultados provenientes del TFC “CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS FORESTALES DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “Julio Hirschhorn” APROVECHABLES PARA EL CENTRO TECNOLÓGICO DE LA MADERA – UNLP.” que constan del inventario realizado de los rodales dentro de la EEJH que fueron definidos como de principal interés para el Centro Tecnológico de la Madera. Las existencias totales en pie en las 1,609 has inventariadas, expresadas en Volumen Total (de fuste) con Corteza (VTCC), se estimaron en 579,0 m³.

La superficie potencialmente aprovechable en el corto plazo es de 0,613 has y está conformada por los rodales que han alcanzado la edad de corta. Su volumen total en pie (VTCC) se estimó en 312,6 m³, de los cuales un 49,48 % corresponde a madera aserrable (154,7 m³) y el restante 50,52 % (158,0 m³) es de dimensiones y/o características no aptas para aserrío (volumen no-aserrable).

Información de los rodales estudiados

La información de los rodales estudiados se detalla en la Tabla 1.

Lote EEJH	Rodal	Especie	ID Especie	Tipo de rodal	Edad (años)	Sup. rodal (ha)	Espaciamiento (m)	Intesidad de muestreo
4a	A	Populus x canadensis	A	Ensayo de densidades y raleo	16	0,0716	2 x 2 6 x 6	61%
4a	Cor1	E. dunnii; E. viminalis; E. camaldulensis	EDU; EV; EC	Cortina	32	0,0702	3 x 3	100%
5a	E1	Eucalyptus (clon)	Euca Clon	Ensayo densidades	9	0,396	variable	23%
4d	E2	E. dunnii	EDU	Cuadro demostrativo	35	0,048	4 x 4	100%
4b	E3	E. dunnii; E. camaldulensis	EDU	Ensayo productividad	13	0,5096	4 x 3,5	26%
3c	Cor2	Carya illinioensis	Pecán	Cortina frutal	48	0,018	1,5 x 1,5	100%
15d	SSP	E. camaldulensis	EC	Ensayo productividad	33	0,3379	3,5 x 2 x 12	75%

Tabla 1: Información de los rodales.

Procedimiento muestreo y estimación de existencias en pie

El diseño del inventario usó procedimientos de muestreo y de relevamiento al 100% (censo) de acuerdo al tipo de rodal, su tamaño y su edad. Los rodales que alcanzaron la edad de corta fueron relevados al 100% o con intensidades de muestreo superiores al 75%; en rodales que no alcanzaron la edad de corta, el muestreo fue de tipo dirigido, con parcelas de tamaño variable según el distanciamiento de plantación.

Las variables medidas a campo fueron DAP, altura y una apreciación del porcentaje del fuste potencialmente aserrable de acuerdo a defectos como curvaturas, bifurcaciones, presencia de ramas gruesas, entre otros.

El volumen de madera del fuste principal se estimó usando un factor de forma para *E. camaldulensis* y modelos de volumen para el resto de las especies. Se utilizaron modelos de predicción de volumen total con corteza (VTCC) y sin corteza (VTSC) locales o regionales para *E. dunnii*, *E. viminalis* y *Populus x canadensis*. Para todas las especies, el *Volumen Aprovechable* se calculó considerando un coeficiente de utilización del 90% (10% del volumen corresponde a despunte). Posteriormente, se estimó el *Volumen Aserrable* como el producto del *Volumen Aprovechable* por el % de aserrable valorado a campo para cada árbol medido.

A partir de los resultados por parcela se estimaron los volúmenes por hectárea y por rodal. Para los rodales que alcanzaron la edad de corta, estas estimaciones se obtuvieron discriminadas por especie.

Resultados generales del inventario

Las existencias totales en pie en las 1,609 has inventariadas, expresadas en *Volumen Total (de fuste) con Corteza* (VTCC), se estimaron en 579,0 m³. Los rodales potencialmente aprovechables que han superado el turno de corta son Cor1, E2 y SSP que suman 0,613 hectáreas y un VTCC de 312,6 m³. El total de *volumen aserrable* para estos rodales es 154,7 m³. El volumen de despunte y de rollos que no reúnen las características necesarias para su procesamiento en el aserradero, reunido bajo la denominación de *volumen no-aserrable*, se estimó en 158,0 m³.

Resultados por rodal

Los resultados detallados de las existencias en pie de los rodales aprovechables en el corto plazo se observan en la Tabla 2.

Rodal/ Especie	Total árboles en pie	DAP (cm)	Altura (m)	VTCC individual (m³)	VTSC individual (m³)	VTCC (m³)	VTSC (m³)	Volumen Aserrable (m³)	Volumen NO Aserrable (m³)
Cor1									
EC	23	41,7	22,8	1,41		32,5		15,4	17,1
EDU	22	53,6	36,1	3,20	2,78	70,3	61,1	51,7	18,6
EV	21	40,7	21,9	1,25	1,01	26,3	21,2	13,4	12,9
E2									
EDU	28	55,0	37,2	3,30	2,87	92,4	80,3	50,0	42,5
SSP									
EC	106	36,1	16,6	0,86		91,0		24,2	66,8
TOTALES APROVECHABLES POR ESPECIE									
EC	129					124		40	84
EDU	50					163	141	102	61
EV	21					26	21	13	13

Tabla 2: Resultados por especie para rodales aprovechables.

De estos resultados se observa que *Eucalyptus dunnii* es la especie más abundante en volumen y representa el 33,61% del total de volumen aserrable disponible en la actualidad, teniendo en cuenta todas las especies. Del VTCC en pie de esta especie, el 62% (102 m³) es aserrable, valor que se relaciona con las características de rectitud y cilindridad de fuste, que a su vez determina que es la de mayor potencial desde el punto de vista de su rendimiento en el proceso de aserrado de trozas.

El VTCC de *Eucalyptus viminalis* se encuentra en el rodal Cor1 y es significativamente menor al de las otras especies (26 m³), de los cuales el 50% podría destinarse a aserrado.

En *Eucalyptus camaldulensis*, si bien las existencias de VTCC son considerables (124 m³), la forma tortuosa de los árboles determina que solo el 31% del volumen es aserrable. La fracción no aserrable (69%; 84 m³) sería apta, entre otros usos, para dendroenergía si se tienen en cuenta las características de densidad y poder calorífico de la madera. En este sentido, sería posible fabricar carbón de esta especie y de los otros eucaliptos utilizando el horno portátil disponible en el CTM.

La información de cantidad de árboles en pie, promedios de DAP, altura y volúmenes individuales permitirá planificar el aprovechamiento futuro de estos

rodas, a fin de dimensionar los equipos, personal y tiempos requeridos para la corta, procesamiento y traslado de la madera a la playa de trozas del aserradero. En todos los casos, los diámetros de los árboles disponibles se encuentran dentro del rango de dimensiones que la línea de aserrado del CTM puede procesar. Restaría, al momento del aprovechamiento, definir el largo al que se cortarían las trozas de acuerdo a los productos finales a obtener en el proceso de aserrío.

En relación a la totalidad de los rodas estudiados, en la Tabla 3 se detallan las existencias de madera en pie y en la Tabla 4 los promedios para las variables dasométricas de los mismos, consignando además valores de crecimiento promedio expresado en Incremento Medio Anual del Volumen Total Con Corteza (IMA VTCC m³/ha.año).

Rodal	Especie	Valores por Hectárea				Valores Totales por Rodal				IMA VTCC (m ³ /ha.año)
		VTCC (m ³ /ha)	VTSC (m ³ /ha)	Vol. Aserrable (m ³ /ha)	Vol. NO Aserrable (m ³ /ha)	VTCC (m ³)	VTSC (m ³)	Vol. Aserrable (m ³)	Vol. NO Aserrable (m ³)	
A	A	148,8	127,5	100,9	47,9	10,7	9,1	7,2	3,4	9,3
Cor1	EDU, EV, EC	1.840,4	1.171,9	1.147,1	693,2	129,2	82,3	80,5	48,7	57,5
E1	Euca Clon	249,1	202,9	126,3	122,8	98,6	80,3	50,0	48,6	27,7
E2	EDU	1.925,8	1.672,0	1.040,7	885,1	92,4	80,3	50,0	42,5	55,0
E3	EDU, EC	284,0	197,4	156,0	128,0	144,7	100,6	79,5	65,2	21,8
Cor2	Pecán	682,2		682,2	0,0	12,3	0,0	12,3	0,0	14,2
SSP	EC	269,3		71,6	197,7	91,0		24,2	66,8	8,2
TOTALES						579,0	352,6	303,7	275,2	
TOTALES APROVECHABLES						312,6	162,5	154,7	158,0	

Tabla 3: Resultados por rodal.

Rodal	Especie	Total árboles en pie	Densidad (arb/ha)	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m²/ha)	Promedio VTCC individual (m³)	Promedio VTSC individual (m³)
A	A	44	619	20,8	17,8	23,4	0,240	0,206
Cor1	EDU, EV, EC	66	940	45,3	26,9	169,2	1,957	1,913
E1	Euca Clon	356	900	17,1	21,9	22,6	0,277	0,225
E2	EDU	28	583	55,0	37,2	146,3	3,301	2,866
E3	EDU, EC	349	685	20,5	21,6	26,0	0,415	0,482
Cor2	Pecán	21	1167	33,8	17,8	111,3	0,585	
SSP	EC	106	315	36,1	16,6	35,1	0,856	

Tabla 4: Resultados dasométricos de los rodales estudiados.

Comentarios finales

De acuerdo a los resultados del inventario, la EEJH posee disponibilidad de madera en pie que podría cosecharse en el corto plazo, constituida principalmente de Eucaliptos, con *E. dunnii* como la especie de mayor cantidad de volumen. Este recurso es una materia prima valiosa que puede aprovecharse agregándole valor en el proceso de transformación mecánica para obtener madera aserrada, como también en la transformación química, convirtiendo la materia prima no aserrable en carbón u otros productos dendroenergéticos. Si se tiene en cuenta que estos rodales han superado su edad óptima de cosecha, estos están creciendo a una tasa decreciente, no justificándose, desde el punto de vista productivo, su permanencia en pie. Luego de su cosecha, las superficies de los citados rodales podrían replantarse utilizando materiales genéticos mejorados y de alta productividad.

En relación al uso final de la madera aserrada, el producto de la cosecha de estos rodales podría destinarse a la elaboración de diferentes productos que forman parte de viviendas, tales como decks o mobiliario. Además, pueden emplearse en la fabricación de diversos productos que el CTM ya ha elaborado en el marco de convenios con organismos provinciales, tales como composteras, bancales y huerteros, entre otros.

González Giraldo, Juan Camilo.
Ripoll Michelutti, Iago.

La Plata, noviembre de 2024.