



**Universidad Nacional de La Plata**  
**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

**TRABAJO FINAL DE CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

“¿Es compatible la producción forestal con la producción forrajera  
en plantaciones de *Eucalyptus* híbrido?  
Una experiencia para la provincia de Buenos Aires”

**Siccardi, Bárbara.**

**Modalidad:** Investigación en el campo de las Ciencias Agrarias y Forestales

**Área temática:** Sistemas Silvopastoriles

**Legajo:** 27919/6

**Dirección de correo electrónico:** [barbisiccardi@gmail.com](mailto:barbisiccardi@gmail.com)

**Directora:** Dra. Carolina Pérez

**Co-directora:** Ing. Agr. Bárbara Heguy

**Fecha de entrega:** 08/08/2023

## ÍNDICE

1. AGRADECIMIENTOS.....	3
2. RESUMEN.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	5
4. OBJETIVO GENERAL.....	8
4.1 Objetivos específicos.....	8
5. HIPÓTESIS.....	8
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
6.1 Área de estudio.....	8
6.2 Análisis del componente forestal.....	10
6.2.1 Ajuste de los modelos.....	11
6.3 Muestreo del estrato herbáceo.....	11
6.4 Medición de la Radiación fotosintéticamente activa interceptada.....	13
6.5 Entrevista exploratoria.....	13
7. RESULTADOS.....	14
7.1 Evaluación del componente forestal.....	14
7.1.1 Estimación de altura media y dominante.....	14
7.1.2 Modelos de volumen individual.....	15
7.1.3 Modelos de rendimientos potenciales.....	18
7.2 Evaluación del componente herbáceo.....	19
7.2.1 Composición específica.....	19
7.2.2 Índice de similitud de Sorensen.....	23
7.2.3 Cobertura de la vegetación herbácea.....	23
7.2.4 Dinámica de la biomasa del estrato herbáceo.....	24
7.3 Radiación fotosintéticamente activa interceptada.....	27
7.4 Entrevistas exploratorias.....	27
8. DISCUSIÓN.....	28
9. CONCLUSIONES.....	35
10. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO I.....	44

## 1. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi directora, la Dra. Carolina Pérez, gran profesional de bella y contenedora calidad humana, que me acompañó en este trayecto final y con la cual desarrollé aprendizajes y experiencias que me llevo para toda la vida.

Al Ing. Juan Goya, por el tiempo compartido para encauzar inquietudes y ayudarme a gestar este proyecto, por su disposición a la escucha y a la colaboración de siempre.

A mi co-directora, la Ing. Bárbara Heguy por brindarme herramientas y espacio en su cátedra para llevar adelante el trabajo.

A mi familia, por confiar en los deseos de aquella adolescente, por la contención, apoyo y esfuerzo brindado para que pueda formarme profesionalmente y descubrir nuevos mundos.

A todo el equipo del LISEA, a Mariana Dabadie, Magalí Pérez, Julián Mijailoff, Micaela Medina, María Derguy, Marcelo Arturi, Marcelo Barrera, Pablo Yapura, Facundo Sánchez Acosta y Martín Sandoval por invitarme al espacio para elaborar mi proyecto, hacerme parte de este y aportar al trabajo cuando se necesitaban resolver dudas e inquietudes. Gracias por los almuerzos compartidos, siempre envueltos entre risas, curiosidades y debates.

A mis amigxs y compañerxs de militancia, de facultad y de la vida. Particularmente a Irupé Toledo y a José Díaz por ayudarme en la separación de muestras y a Marcelo Gauna por ser un fiel y solidario compañero de todo mi trayecto facultativo.

A la Dra. Corina Graciano, profesora y compañera de cátedra del TIC I, por su apoyo incondicional y sus aportes para el desarrollo de las entrevistas.

A la Dra. Laura Faustino, el Ing. Sebastián Galarco y a la Ing. Paz Johnston por compartir su tiempo y sus experiencias en las entrevistas.

Al profesor Ing. Roberto Barreyro que aportó datos climáticos esenciales del período evaluado. Un abrazo a su memoria.

Al Ing. Mariano Eirin por prestar instrumental requerido en las cosechas de biomasa y al Lic. Rodrigo Altamirano por sus explicaciones y aportes a la evaluación de datos estadísticos.

Y, por último, a la Universidad Pública, Gratuita y de Calidad que además de abrirles las puertas al pueblo para su formación profesional, es también hogar y fomento para el descubrimiento personal y para la formación de ciudadanxs críticos con memoria y voluntad de transformación.

## 2. RESUMEN

Los Sistemas Silvopastoriles (**SSP**) son valiosos por generar sistemas productivos mixtos de múltiples beneficios. En la Pampa Deprimida, de tradición ganadera sobre pastizales naturales, se han utilizado especies forestales caducifolias en SSP ya que el invierno es un período crítico para la producción forrajera de la zona. Por el contrario, se han desarrollado clones de *Eucalyptus* con buen desempeño en dicha región, pero hay escasa información sobre su utilización en SSP. Se analizó el efecto de la densidad de plantación sobre el estrato herbáceo de dos clones del híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*, a fin de evaluar su posible implementación en SSP. Los objetivos fueron estimar la composición, cobertura, y dinámica de la biomasa herbácea, evaluar el crecimiento en altura media y dominante (m) y el rendimiento ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) de dos densidades de plantación (581 árb/ha y 1736 árb/ha) y analizar en forma exploratoria aspectos socioeconómicos de la implantación de los SSP en la zona. El estudio se realizó en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, en una parcela experimental con clones de *Eucalyptus* con un diseño de Nelder modificado. Se realizaron relevamientos de composición florística del estrato herbáceo mediante el método de Braun-Blanquet y cosechas de biomasa herbácea en las dos densidades de plantación y en el campo abierto adyacente. En estas densidades, se probaron distintos modelos predictivos de volumen y crecimiento del componente arbóreo. El análisis exploratorio fue por entrevistas semiestructuradas a diferentes actores locales y regionales. Los resultados plantean la necesidad de seguir investigando sobre posibles diseños espaciales de SSP por fuera del marco de plantación tradicional de la actividad forestal. En ambas densidades, la biomasa herbácea estimada fue muy inferior a la producida en promedio por los pastizales naturales de la zona, con valores máximos para la densidad alta de 94 kg/ha y de 248,4 kg/ha para la densidad baja. El campo abierto presentó valores de biomasa entre 5 a 30 veces superiores a la densidad alta. Los rendimientos potenciales de las densidades de plantación corresponden a los efectos del espaciamiento, siendo a los 6 años de la plantación de 267  $m^3/ha$  para la densidad alta y de 170,3  $m^3/ha$  para la densidad baja. Las entrevistas posibilitaron reconocer diversos factores económicos, ambientales, sociales y tecnológicos que influyen en el proceso de adopción de estos sistemas en la provincia de Buenos Aires.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles (**SSP**) son considerados un tipo de sistema agroforestal donde los árboles se integran deliberadamente a la producción forrajera y/o a la ganadería en una misma unidad productiva (Gómez, 2019). Sus componentes, la vegetación, los animales y el suelo coexisten en el mismo tiempo/espacio e interactúan entre sí, siendo el manejo de estos de gran importancia para potenciar las interacciones positivas y minimizar o controlar las negativas (Carranza & Ledesma, 2009).

Existe un interés creciente en nuestro país por la implementación de los SSP motivado por el potencial que poseen en la generación de numerosos servicios ecosistémicos (Laclau, 2012) y las posibilidades económico-productivas que pueden alcanzarse a través de su manejo (Pantiu et al., 2010). Dentro de los servicios ecosistémicos, los SSP se plantean como un instrumento para generar sistemas productivos mixtos capaces de conservar o incrementar la biodiversidad a escalas locales y del paisaje, contribuir a la mejora de la fertilidad edáfica, reducir la erosión del suelo, mejorar la calidad e infiltración del agua y reducir emisiones de gases de efecto invernadero (Ibrahim & Mora, 2006; Shibu, 2009). El uso de la tierra para múltiples propósitos permite diversificar los ingresos económicos a corto, mediano y largo plazo y a su vez, potenciar la estabilidad del sistema en el marco de la sustentabilidad ambiental, económica y social (Cubbage et al., 2012; Pantiu et al., 2010). La implementación de árboles en el paisaje rural posee entre otras funciones, un importante rol en el bienestar animal, a partir del suministro de sombra que permite disminuir el estrés calórico y resguardar a los animales ante bajas temperaturas y eventos climáticos extremos, así como también ser una potencial fuente de alimentación, dependiendo la especie utilizada, que complementa la dieta o suplanta los alimentos balanceados (Izaguirre Flores & Martínez Tinajero, 2008; León, 2014). Cabe destacar que actualmente, el bienestar animal es un gran foco de discusiones ya sea por cuestiones culturales o económicas. Se destaca en los últimos tiempos un auge de la demanda de ciertos mercados nacionales, pero mayormente internacionales por carne proveniente de ganadería orgánica o sostenible (Izaguirre Flores & Martínez Tinajero, 2008), traccionada en parte, por consumidores cada vez más conscientes de las prácticas productivas y sus consecuencias en el ambiente. Además, existen cada vez más esfuerzos en investigar y poner a prueba el rol que cumplen los SSP en el

secuestro de carbono y como estrategia para mitigar o reducir los efectos del cambio climático (Palma et al., 2007; Izaguirre Flores & Martínez Tinajero, 2008; Rivera et al., 2021). En Argentina, en la provincia de Corrientes, un estudio registró cambios significativos en los balances de carbono de sistemas ganaderos a partir de la incorporación de un 25% de cubierta forestal (Rivera et al., 2021). Por último, pero no menos importante, los SSP son una fuente de empleo rural estable y por ende, una posibilidad para fomentar el arraigo rural y el desarrollo económico (Izaguirre Flores & Martínez Tinajero, 2008).

Dentro del componente vegetal de los SSP encontramos plantas que presentan características estructurales y funcionales contrastantes, las leñosas y las herbáceas. Entre las interacciones que se generan, la competencia por la luz es el principal factor que determina la composición y abundancia del estrato herbáceo (Clavijo et al., 2005; Pincemin et al., 2007) y, en consecuencia, la viabilidad de la actividad ganadera. Las especies herbáceas con valor forrajero, de las cuales depende esta producción, se caracterizan por ser poco tolerantes a la sombra (Clavijo et al., 2019). La calidad y cantidad de luz que llega al estrato inferior, además de ser menor respecto de la de campo abierto, varía también en función a la especie forestal, sus características fenológicas y a la densidad de plantación en la cual se establece como parte del sistema (Pincemin et al., 2007).

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de luz es determinante de la productividad, se destaca la densidad de plantación forestal y como consecuencia la cobertura, como un factor esencial a tener en cuenta en el diseño, establecimiento y manejo de los SSP. Una herramienta que permite determinar la densidad de plantación óptima es el Sistema de Nelder (1962) (Aguilar Luna, 2019). La principal característica de este sistema es que incluye en una sola parcela distintas densidades de plantación donde el espacio físico para el crecimiento de las plantas varía sistemáticamente. Como ventaja se señala la evaluación de la densidad óptima de plantación en un área experimental reducida. Este tipo de diseño se utiliza, entre otros, en la evaluación de la densidad arbórea y su efecto sobre el componente forrajero en SSP (Pachas et al., 2018) y ha servido para evaluar el desarrollo de herbáceas en el sotobosque con *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Cameron et al., 1994).

En la Pampa Deprimida, ubicada sobre la cuenca del río Salado, la actividad ganadera se realiza predominantemente sobre los pastizales naturales de la zona. La

productividad y la dinámica estacional de los pastizales rigen el manejo del rodeo a lo largo del año, siendo los meses de invierno los momentos más críticos de la producción forrajera (Cauhépé & Hidalgo, 2005). A raíz de estas condiciones naturales y productivas, los SSP que se han difundido e implementado en la zona utilizan especies caducifolias de la familia Salicáceas (Casaubon et al., 2016; Clavijo et al., 2005; Laclau et al., 2015). La ventaja en la elección de estas especies radica en la posibilidad de mejorar la disponibilidad de los pastos en invierno (Clavijo et al., 2005). Por el contrario, hay pocas experiencias y estudios en la zona que vinculen el uso de especies forestales perennifolias y la dinámica del pastizal natural (Pachas et al., 2011).

Un género de importancia en la producción forestal del país es *Eucalyptus*. En los últimos años la superficie forestada con especies de este género en Argentina tendió a incrementarse (Arturi et al., 2017). Dependiendo de la especie utilizada, la madera de eucalipto se emplea para múltiples destinos como leña, carbón vegetal, estacas para cercos, durmientes, madera para aserrío, tableros contrachapados y chapas, tableros de partículas y como pulpa para papel. (SAGyP-INTA, 1995; Martínez-Ruiz et al. 2006). En la llanura pampeana diferentes especies de este género se introdujeron en los establecimientos agrícolas conformando bosquetes para monte de reparo y como cortinas forestales en la protección de los cultivos y viviendas (SAGyP-INTA, 1995). Sin embargo, existen escasos trabajos sobre este género en SSP en la Pampa Deprimida. Por otro lado, se han desarrollado nuevos materiales clonales e híbridos que combinan buenas características de crecimiento y tolerancia a condiciones ambientales, que permiten considerar su utilización en SSP en dicha región (Monterubbianesi, 2020).

Por lo expuesto anteriormente y con el fin de ampliar los estudios sobre la implementación de especies perennifolias y su evaluación en SSP en la zona, es que el presente trabajo tiene como objetivo analizar el efecto de la densidad de plantación sobre el estrato herbáceo de dos clones del híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*. Adicionalmente, se incluye en este trabajo y de forma complementaria a la información bibliográfica, la exploración de aspectos socioeconómicos relevantes del proceso de adopción de estos sistemas con distintos actores del territorio.

## **4. OBJETIVO GENERAL**

Estimar la composición, cobertura, y dinámica de la biomasa del componente herbáceo y el crecimiento y rendimiento potencial de híbridos de *Eucalyptus* en distintas densidades de plantación en un sistema que combina simultáneamente la producción forrajera y forestal.

### **4.1 Objetivos específicos**

1. Evaluar el componente herbáceo por medio de su composición, cobertura y dinámica a diferentes densidades de plantación mediante censos y cosechas estacionales.
2. Evaluar el componente forestal en cuanto a crecimiento y rendimiento en volumen total, mediante mediciones periódicas.
3. Analizar en forma exploratoria aspectos socioeconómicos del proceso de adopción de estos sistemas en la provincia de Buenos Aires.

## **5. HIPÓTESIS**

Existen densidades de plantación de *Eucalyptus* que permiten el desarrollo armónico entre la productividad del componente forestal y el componente forrajero en los SSP, que logran sustentar la viabilidad de estos sistemas en la zona de la Pampa Deprimida de la provincia de Buenos Aires.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Área de estudio**

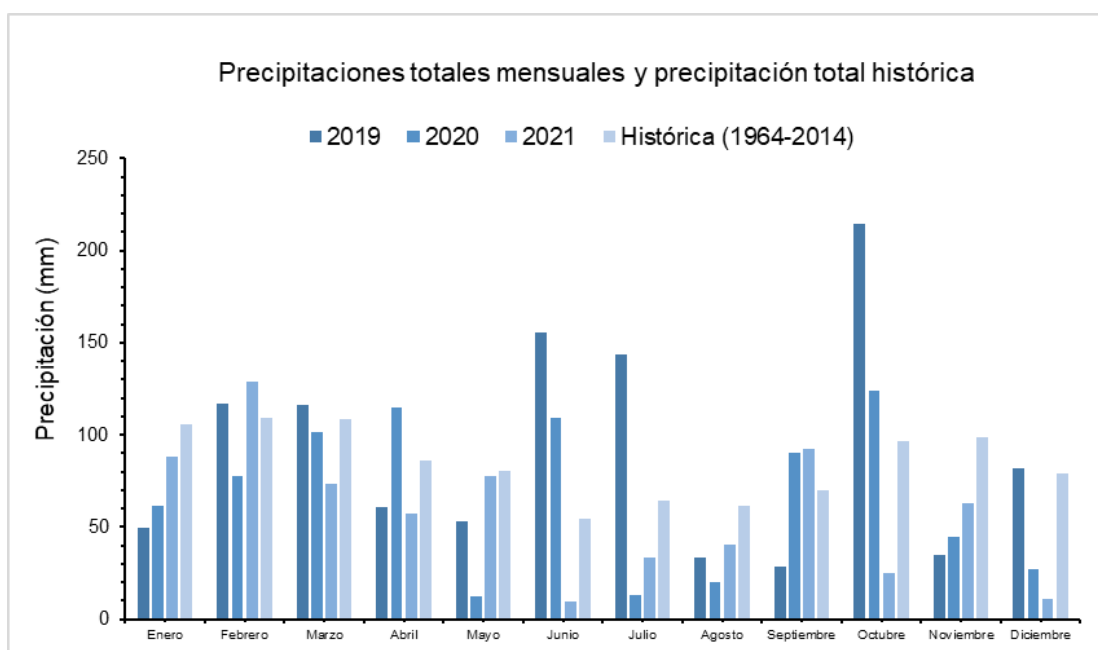
El estudio se realizó en la Estación Experimental Julio Hirschhörn (34° 59' 05,84" S; 57° 59' 49,80" O) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la Universidad Nacional de La Plata, ubicada en la localidad de Los Hornos, perteneciente al partido de La Plata, provincia de Buenos Aires. El suelo propio de la zona es del tipo Argiudol típico.

Desde 2015 se encuentra instalada una parcela experimental con material clonal híbrido entre *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, clones INTA GC 12 y 27, por medio de un diseño sistemático tipo Nelder modificado (Ver Anexo I, Figura I.1). En



estas parcelas se evaluó la composición, cobertura y dinámica de la biomasa herbácea a dos densidades de plantación, una baja (**DB**) y una alta (**DA**) de 581 árboles/ha y 1736 árboles/ha respectivamente y se las comparó con la biomasa herbácea producida a campo abierto (**CA**) en el lateral de la plantación.

Para analizar el componente herbáceo, dada la estrecha relación entre su crecimiento y la disponibilidad hídrica del suelo, se consideraron los datos de precipitaciones totales mensuales de los años de muestreos de este (2019, 2020 y 2021) y se compararon con las precipitaciones históricas registradas desde 1964 hasta el 2014 (Figura 1). Los datos fueron aportados por el ex Director de la Estación Experimental J. Hirschhorn, el Ing. Agrónomo Roberto Barreyro, registrados y procesados por la Sección Agrometeorología del Curso de Climatología y Fenología Agrícola de la FCAYF. A su vez, en los balances hidrológicos de los años de muestreo (Tabla 1) se pueden observar los déficits de agua en los meses donde fueron realizadas las cosechas del material herbáceo. El sitio de estudio se caracteriza por estar en una zona donde la precipitación media anual (1964-2014) es de 1014 mm, mientras que en los años de muestreos se evidenció una fuerte caída de la precipitación anual, desde 1028 mm/año en 2019, 800 mm/año en 2020 a 701 mm/año en 2021, lo que significa una disminución superior al 30% en las precipitaciones entre el 2019 y el 2021.



**Figura 1: Precipitaciones totales mensuales de 2019, 2020 y 2021 junto con la precipitación total histórica registrada desde el 1964 al 2014 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn. Datos del Curso de Climatología y Fenología Agrícola de la FCAYF.**

**Tabla 1: Balances hidrológicos del área de estudio generados por el Curso de Climatología y Fenología Agrícola de la FCAYF de la Estación Experimental Hirschhorn. Se marcan con rojo los meses de muestreo del componente herbáceo.**

<b>Balance hidrológico 2019</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Exceso de agua en mm	...	...	...	...	...	...	38	...	...	19	...	...
Déficit de agua en mm	25	9	29	12	4	...	...	2	15	...	18	35
mm de agua almacenada en el suelo hasta 1m de profundidad	188	174	141	131	128	244	300	266	207	300	207	153
<b>Balance hidrológico 2020</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Exceso de agua en mm	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Déficit de agua en mm	65	50	4	...	34	...	16	31	1	...	71	121
mm de agua almacenada en el suelo hasta 1m de profundidad	104	82	80	118	99	166	148	123	121	132	91	53
<b>Balance hidrológico 2021</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
Exceso de agua en mm	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Déficit de agua en mm	70	...	23	21	...	24	15	19	...	72	36	101
mm de agua almacenada en el suelo hasta 1m de profundidad	40	50	46	42	58	53	50	46	78	58	50	33

## 6.2 Análisis del componente forestal

La parcela experimental contiene en su diseño diez densidades de plantación de híbridos entre *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, en un sistema de Nelder modificado, desde 2.500 árboles por hectárea hasta 485 árboles por hectárea. Se estimó la altura media y dominante (m) y se evaluó el rendimiento ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) en las diferentes densidades en las que se analizó el componente herbáceo entre el tercer y sexto año de la plantación. Se cuenta con mediciones anteriores a las cuales se le adicionaron nuevos registros de DAP en cm (diámetro a 1,30 m de altura) y de altura total en m. Con estas mediciones de DAP, su transformación en sección transversal ( $m^2$ ) y la utilización de un coeficiente de forma en el orden de 0,5, considerando la arquitectura regular del fuste de estos materiales, se realizaron estimaciones de volumen total en pie en  $m^3$  (Husch et al., 2002). Este coeficiente se utilizó en trabajos con variantes de esta especie para realizar estimaciones similares en forma preliminar (Aparicio et al., 2018). Se evaluaron diferentes modelos, optando por aquel que arrojó mejor ajuste de  $R^2$  y menor Error Absoluto Medio (EAM). Se considera que estas estimaciones son adecuadas para un primer análisis de los rendimientos potenciales de las densidades ensayadas. Con estas variables se probaron diferentes modelos predictivos de crecimiento y rendimiento en volumen (Clutter et al., 1983). Al momento de la presentación de este proyecto se contaba con 4 mediciones anuales (año 2018,

2019, 2020 y 2021) de las variables que permitieron explorar los ajustes de los diferentes modelos predictivos.

Se describen las formas de modelos que se probaron para la determinación del volumen individual (VInd) de los árboles (m<sup>3</sup>/árbol) de cada densidad de plantación y en cada año de muestreo:

<b>Modelo</b>	<b>Ecuación</b>
1	$V\ Ind = a + b * DAP^2$
2	$V\ Ind = a + b * DAP^2 * h$
3	$Log_{10}\ V\ Ind = a + b * Log_{10}\ DAP$

Y para el caso de modelos de rendimiento simples, es decir que relacionen rendimiento (m<sup>3</sup>/ha) con la edad (años) de plantación:

<b>Modelo</b>	<b>Ecuación</b>
1	$V = a + b * Edad^2$
2	$V = a + b * Edad$
3	$Log_{10}\ V = a + b * Log_{10}\ Edad$

### 6.2.1 Ajuste de los modelos

Para el ajuste de los modelos predictivos, los cuales fueron modelos de regresión lineal, se probaron varias funciones de volumen (m<sup>3</sup> individual) y rendimiento (m<sup>3</sup>/ha), una vez obtenidos los volúmenes en m<sup>3</sup> de todos los árboles muestreados y los rendimientos a las diferentes edades evaluadas, se seleccionó el que mejor se ajustó a los datos observados. El ajuste de los modelos fue realizado mediante los paquetes estadísticos proporcionados por el Software Infostat Versión 2020e (Di Rienzo et al., 2020).

### 6.3 Muestreo del estrato herbáceo

Sobre el estrato herbáceo se llevaron a cabo censos de la vegetación mediante el método de Braun-Blanquet (Ellenberg & Mueller, 1974) y cosechas de biomasa. Estas últimas no pudieron realizarse estacionalmente por la situación generada por la

pandemia de COVID-19 y sólo pudieron realizarse muestreos en un momento del año en 2019 (28/11), en el 2020 (18/12) y 2021 (23/03). Las cosechas del material se realizaron en subparcelas de 1 m<sup>2</sup> ubicadas en las dos densidades de plantación, baja y alta, con dos repeticiones. Además, se realizaron censos y se cosechó el material vegetal en parcelas de igual superficie en campo abierto adyacente a la plantación. En cada fecha de muestreo se realizaron 10 censos y se cosecharon 10 parcelas por cada tratamiento (3 fechas x 3 tratamientos x 10 muestreos = 90 censos y 90 parcelas cosechadas en total).

A partir de los censos de la vegetación se identificaron a nivel de especies las herbáceas registradas en cada parcela. Se estableció la nomenclatura de las especies según Zuloaga et al. (1994) y Zuloaga y Morrone (1996, 1999). Los ejemplares que se encontraban en estado de desarrollo de plántula no fueron considerados debido a la imposibilidad de identificarlos fehacientemente.

A partir del número de especies registradas se estimó la riqueza de especies (**S**), para cada tratamiento y fecha de muestreos y la riqueza de especies acumulada por tratamiento a lo largo de las tres fechas de muestreo.

Para reconocer la similitud en la composición del estrato herbáceo entre los diversos tratamientos se utilizó el Índice de Similitud de Sorensen (**IS**).

$$IS = 2c / a + b$$

Siendo *c* el número de especies presentes en ambos sitios a comparar, y *a* y *b* el número de especies presentes en respectivos sitios. Este índice varía entre 0 y 1, que indican mínima y máxima similitud, respectivamente (Moreno, 2001) siendo su valor expresado en porcentaje el que represente mayor o menor semejanza del estrato herbáceo en los tratamientos comparados.

Las especies se agruparon funcionalmente de acuerdo con distintos criterios. Se las clasificó en forrajeras (**F**) y no forrajeras (**NF**); gramíneas (**G**) y dicotiledóneas (**D**); estivales (**E**) e invernales (**I**); perennes (**P**) y anuales (**A**); exóticas (**Ex**) y nativas (**Na**). La biomasa se separó en cinco compartimentos: verde de gramíneas y graminiformes, verde de dicotiledóneas, seco en pie, frutos de gramíneas y graminiformes, y broza. Cada muestra se secó en estufa a 60-70 °C hasta peso constante. Posteriormente se pesaron en balanza de precisión. La comparación de la biomasa del estrato herbáceo entre tratamientos se realizó a partir de un análisis de la varianza (ANOVA) y un Test de Tukey para comparar las medias de los tratamientos. Previamente se realizó la

comprobación de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks), independencia de residuos (correlación) y homogeneidad de varianzas (Levene). En aquellos casos en los que estos supuestos no se cumplieron, se aplicó la transformación de los datos mediante logaritmo natural. Todos los análisis se realizaron con el Software Infostat Versión 2020e (Di Rienzo et al., 2020).

#### **6.4 Medición de la Radiación fotosintéticamente activa interceptada**

A fin de caracterizar la proporción del recurso lumínico que las dos densidades de plantación consideradas en este trabajo dejan disponible para el estrato herbáceo que se desarrolla debajo de sus respectivos doseles, se estimó la fracción de la Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (fRFA) a partir de los valores de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) obtenidos utilizando un ceptómetro manual (Cavadevices, Buenos Aires, Argentina). El ceptómetro mide la RFA en 1 m lineal con 8 sensores de radiación solar (flujo de fotones/m<sup>2</sup> seg). Las mediciones se realizaron en una única fecha (15/4/2021), al mediodía (entre las 13:30 hs y las 14:30 hs), en condiciones de cielo despejado. En cada una de las situaciones consideradas, DA, DB y CA, se realizaron entre 3 y 5 determinaciones. La fRFA se calculó a partir de la diferencia de la radiación solar captada en áreas abiertas, medida fuera del dosel (RFA incidente, RFAi) y la radiación debajo del dosel (RFA transmitida, RFAt). La fRFA se estimó como:  $1 - RFAt / RFAi$  (Cristiano et al., 2010).

#### **6.5 Entrevista exploratoria**

De forma complementaria a los anteriores objetivos, se realizó un breve análisis exploratorio con entrevistas a actores locales y regionales para indagar sobre las principales variables socioeconómicas que influyen en el proceso de adopción de los SSP en el territorio. El diseño metodológico llevado a cabo consistió en entrevistas semiestructuradas con preguntas abiertas planificadas previamente, a actores que se encuentran asociados a los SSP. Los seleccionados fueron 3 tipos de actores: (1) organismos públicos de gestión, (2) de ciencia y técnica y (3) educativos. Este proceso de recolección de datos se llevó a cabo mediante plataformas de correo electrónico y mensajería instantánea utilizando la aplicación WhatsApp. Las respuestas obtenidas en formato audio de voz fueron transcritas con ayuda del software IA, TranscribeMe®. Las mismas fueron analizadas cualitativamente haciendo hincapié en los puntos de consenso entre actores. Las preguntas realizadas junto con sus respuestas se

incluyen en el Anexo I (Tabla I.10, Tabla I.11 y Tabla I.12), organizadas en fichas para facilitar la lectura. Estas consultas sirvieron para enriquecer y complementar la información bibliográfica disponible acerca de la viabilidad que tienen los SSP en la provincia de Buenos Aires.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Evaluación del componente forestal

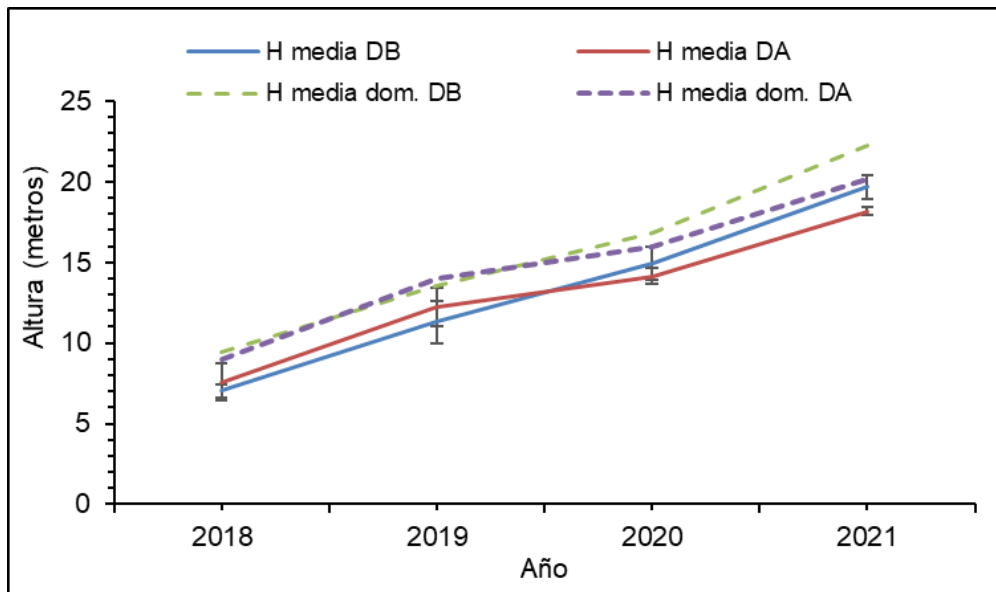
Los clones evaluados en el período 2018-2021 no presentaron diferencias significativas entre sí con respecto a las variables de interés, es por esto por lo que se analizaron de forma conjunta los datos observados de diámetro y altura.

#### 7.1.1 Estimación de altura media y dominante

Los valores de altura media y dominante estimados en las dos densidades ensayadas fueron similares. Se destaca en los 4 años de la plantación analizados un incremento de la altura media en la DB del 65% aproximadamente y para la DA del 58%. La DB presentó desde los 3 años del inicio de la plantación hasta los 6 años de edad, un incremento acumulado de 12,65 metros de altura media, mientras que la DA presentó un crecimiento acumulado menor, de 10,58 metros. Los valores estimados en altura dominante presentaron un comportamiento similar a lo largo de los años analizados en las densidades ensayadas (Tabla 2). La DA mostró un cambio más marcado en su pendiente de crecimiento entre el año 2019 y 2020 que la DB (Figura 2).

**Tabla 2: Crecimiento en altura media y dominante junto con sus respectivos desvíos desde el 3er año de la plantación (2018) hasta el 6to (2021) en el sistema Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* en la Estación Experimental Hirschhörn. DE: desvío estándar.**

<b>581 árboles/ha</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Altura media (m)	7,04	11,30	14,95	19,69
DE (m)	0,40	1,34	1,01	0,74
Altura media dominante	9,42	13,52	16,86	22,25
DE (m)	0,59	1,24	0,14	0,16
<b>1736 árboles/ha</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Altura media (m)	7,58	12,24	14,14	18,17
DE (m)	1,15	1,17	0,50	0,26
Altura media dominante	8,96	14,01	15,97	20,14
DE (m)	1,07	1,29	0,07	0,54



**Figura 2:** Altura media y altura dominante de los árboles en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis x camaldulensis* desde los 3 a los 6 años de edad (2018 a 2021) a dos densidades de plantación: baja (DB, 581 árb/ha) y alta (DA, 1736 árb/ha) en la Estación Experimental Hirschhörn.

### 7.1.2 Modelos de volumen individual

Todos los modelos puestos a prueba resultaron satisfactorios en función del  $R^2$  ajustado y el error absoluto medio (EAM) en  $m^3/\text{árbol}$ .

Para la DB de plantación y el año 2018, el modelo seleccionado fue el 3, arrojando como volumen individual promedio  $0,026 m^3/\text{árbol}$  y un volumen total de  $15,4 m^3/\text{ha}$ . Para el resto de los años, se seleccionó el modelo 1, con volúmenes individuales promedio y total de  $0,077 m^3/\text{árbol}$  y  $44,7 m^3/\text{ha}$  para el 2019,  $0,165 m^3/\text{árbol}$  y  $95,8 m^3/\text{ha}$  en 2020 y  $0,281 m^3/\text{árbol}$  y  $163 m^3$  para el 2021 respectivamente (Figuras 3 y 4). El modelo 2 se descartó por presentar valores de  $R^2$  y EAM similares a los modelos anteriores y por demandar dos variables predictoras que pueden significar una mayor dificultad en la recolección de datos a campo e implicar con esto, una fuente de error adicional (Tabla 3; Tabla I.1, Tabla I.2).

Para la DA, se seleccionó el modelo 1 para los cuatro años de muestreos. El modelo 2 se descartó por las mismas razones anteriormente mencionadas (Tabla 3). El volumen individual promedio y el volumen total para los respectivos años fueron de  $0,019 m^3/\text{árbol}$  y  $32,2 m^3/\text{ha}$  para 2018, de  $0,055 m^3/\text{árbol}$  y  $94,8 m^3/\text{ha}$  para el 2019, de  $0,101 m^3/\text{árbol}$  y  $174,5 m^3/\text{ha}$  para el 2020 y de  $0,148 m^3/\text{árbol}$  y  $257,6 m^3/\text{ha}$  para el 2021 (Figuras 3 y 4).

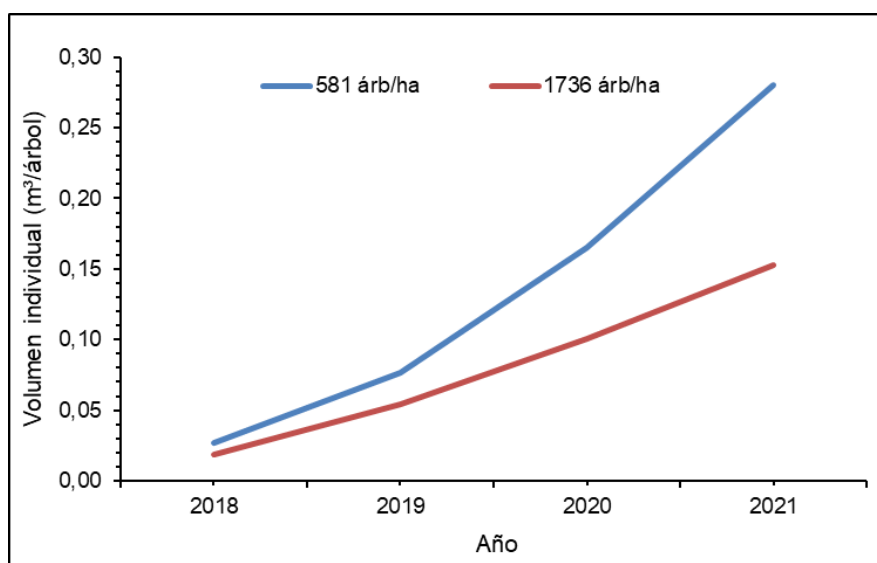
Sobre la densidad baja de plantación se registraron los valores más altos de volumen individual promedio ( $m^3/\text{árbol}$ ). En el primer año de evaluación (3 años de edad de la plantación), la diferencia entre la DB y la DA se encontraba dentro del orden del 30%, mientras que al finalizar en 2021 aumentó a un 46%. Por el contrario, la DA de plantación registró los valores más altos de volumen total ( $m^3/\text{ha}$ ) con respecto a la DB. Sin embargo, la tendencia en el tiempo fue opuesta a la observada con el volumen individual promedio, ya que en el 2018 la diferencia entre el volumen total de la DA y el de la DB fue del orden del 52%, mientras que para el 2021 disminuyó al 39 % (Figuras 3 y 4).

**Tabla 3: Modelos de estimación del volumen individual en el sistema Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* desde los 3 hasta los 6 años de edad (años 2018 a 2021) evaluados sobre los tratamientos de densidad alta y baja de plantación en la Estación Experimental Hirschhörn. EAM: error absoluto medio. Se resaltan aquellas ecuaciones que fueron utilizadas para el análisis.**

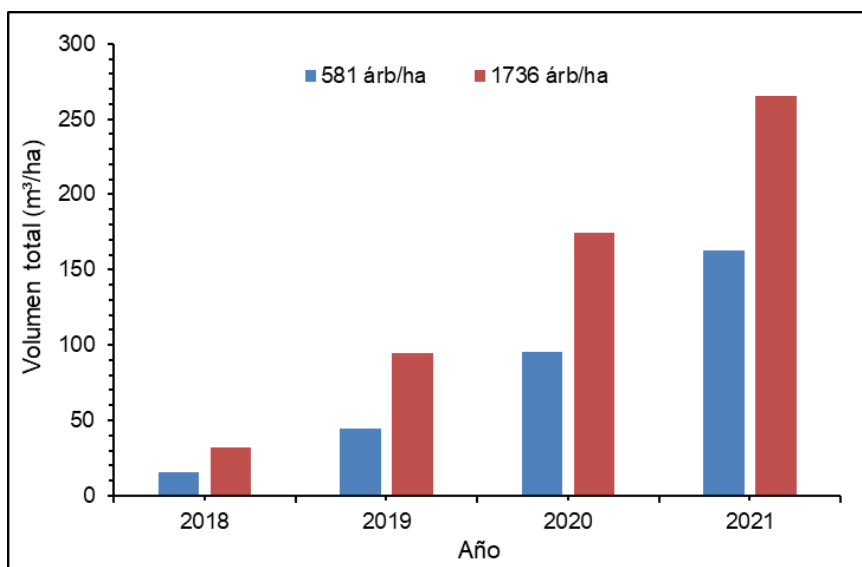
Densidad baja (581 árboles/ha)					
Año	Modelo	a	b	Vol. Ind. prom. ( $m^3/\text{árbol}$ )	Vol. Total ( $m^3/\text{ha}$ )
2018	(1) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2$	0,004400	4,04	0,035	20,60
2018	(2) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,000032	0,39	0,026	15,40
2018	(3) $\text{Log}_{10}(V_{\text{Ind}}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{dap})$	1,220000	2,70	0,026	15,40
2019	(1) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2$	0,010000	5,13	0,077	44,70
2019	(2) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,000004	0,39	0,085	49,30
2019	(3) $\text{Log}_{10}(V_{\text{Ind}}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{dap})$	1,120000	2,51	0,085	49,40
2020	(1) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2$	0,020000	6,88	0,165	95,80
2020	(2) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,000098	0,39	0,160	93,20
2020	(3) $\text{Log}_{10}(V_{\text{Ind}}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{dap})$	1,080000	2,38	0,167	97,30
2021	(1) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2$	0,040000	9,29	0,281	163,00
2021	(2) $V_{\text{Ind}} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,000001	0,39	0,275	159,50
2021	(3) $\text{Log}_{10}(V_{\text{Ind}}) = a + b * \text{Log}_{10}(\text{dap})$	1,280000	2,52	0,284	164,70



Densidad alta (1736 árboles/ha)					
Año	Modelo	a	b	Vol. Ind. prom. (m <sup>3</sup> /árbol)	Vol. Total (m <sup>3</sup> /ha)
2018	(1) $V_{Ind} = a + b * dap^2$	0,002600	3,68	0,019	32,20
2018	(2) $V_{Ind} = a + b * dap^2 * h$	0,000001	0,39	0,018	31,90
2018	(3) $Log_{10}(V_{Ind}) = a + b * Log_{10}(dap)$	1,240000	2,67	0,019	32,80
2019	(1) $V_{Ind} = a + b * dap^2$	0,010000	5,80	0,055	94,80
2019	(2) $V_{Ind} = a + b * dap^2 * h$	0,000001	0,39	0,056	97,10
2019	(3) $Log_{10}(V_{Ind}) = a + b * Log_{10}(dap)$	1,200000	2,52	0,057	98,20
2020	(1) $V_{Ind} = a + b * dap^2$	0,004800	6,05	0,101	174,50
2020	(2) $V_{Ind} = a + b * dap^2 * h$	0,000003	0,39	0,100	173,10
2020	(3) $Log_{10}(V_{Ind}) = a + b * Log_{10}(dap)$	1,170000	2,47	0,102	177,90
2021	(1) $V_{Ind} = a + b * dap^2$	0,010000	8,16	0,153	265,20
2021	(2) $V_{Ind} = a + b * dap^2 * h$	0,000003	0,39	0,148	257,60
2021	(3) $Log_{10}(V_{Ind}) = a + b * Log_{10}(dap)$	1,400000	2,63	0,152	264,70



**Figura 3: Volumen individual de los árboles en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis x camaldulensis* desde los 3 a los 6 años de edad (2018 a 2021) a dos densidades de plantación: baja (581 árb/ha) y alta (1736 árb/ha) en la Estación Experimental Hirschhorn.**



**Figura 4: Volumen total estimado de los árboles en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* desde los 3 a los 6 años (2018 a 2021) a dos densidades de plantación: baja (581 árb/ha) y alta (1736 árb/ha) en la Estación Experimental Hirschhörn.**

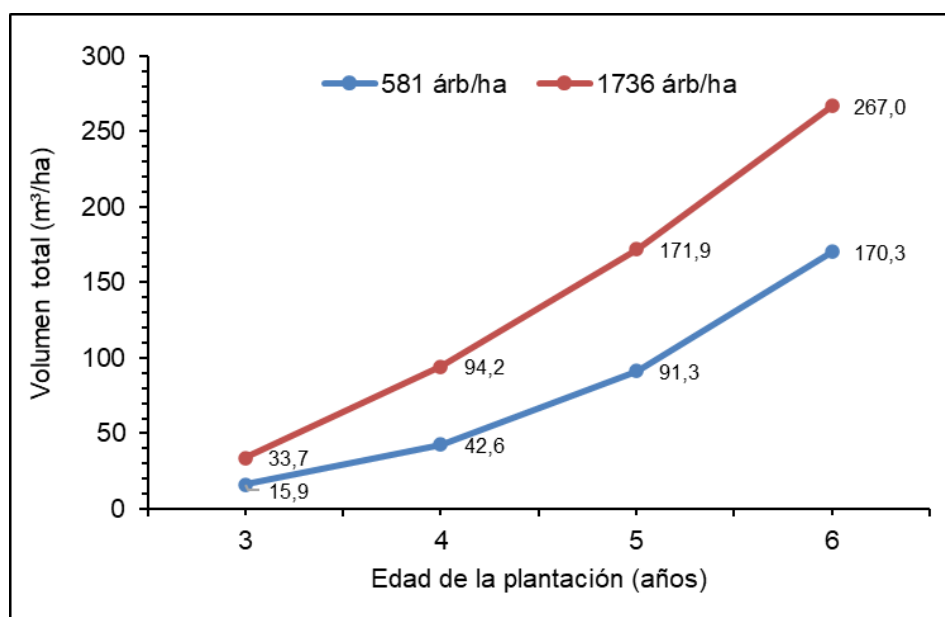
### 7.1.3 Modelos de rendimientos potenciales

Todos los modelos puestos a prueba resultaron satisfactorios en función del  $R^2$  ajustado y el EAM. Para la DB de plantación se seleccionó el modelo 3 y para la DA el modelo 1, estos fueron los que arrojaron mejor ajuste y menor EAM (Tabla 4, Tabla I.3). En las 4 edades consideradas, la DA obtuvo el mayor rendimiento potencial. Desde los 3 hasta los 6 años de la plantación, el rendimiento de la DA superó en un 50% aproximadamente el rendimiento obtenido en la DB (Figura 5).

**Tabla 4: Modelos de estimación de rendimiento potencial en el sistema Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* desde los 3 hasta los 6 años (años 2018 a 2021) en la Estación Experimental Hirschhörn. EAM: error absoluto medio. Se resaltan aquellas ecuaciones que fueron utilizadas para el análisis.**

Densidad baja (581 árboles /ha)		
Modelo	a	b
(1) $V = a + b * Edad^2$	-39,10	5,53
(2) $V = a + b * Edad$	-142,53	49,39
(3) $\text{Log}_{10}(V) = a + b * \text{Log}_{10}(Edad)$	0,43	3,42

Densidad alta (1736 árboles/ha)		
Modelo	a	b
(1) $V = a + b * Edad^2$	-44,06	8,64
(2) $V = a + b * Edad$	-208,84	77,89
(3) $Log_{10}(V) = a + b * Log_{10}(Edad)$	0,09	3,05

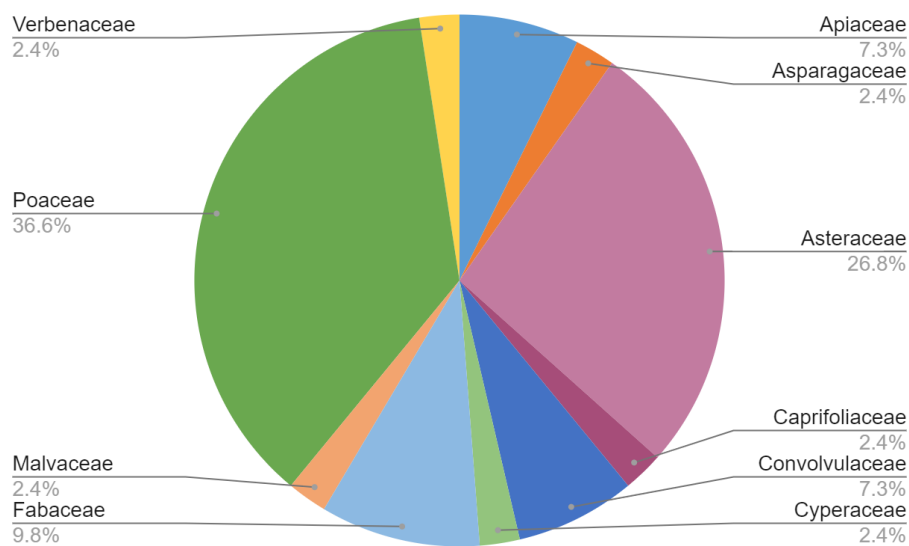


**Figura 5: Rendimientos en volumen de los árboles en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis x camaldulensis* desde los 3 a los 6 años (2018 a 2021) a 581 árb/ha (azul) y a 1736 árb/ha (rojo) densidad de plantación en la Estación Experimental Hirschhorn.**

## 7.2 Evaluación del componente herbáceo

### 7.2.1 Composición específica

Se registraron 41 especies en el total de tratamientos (Ver Anexo I, Tabla I.4), 6 ejemplares no fueron contabilizados ya que consistían en plántulas en emergencia que no pudieron ser reconocidas fehacientemente, por lo que no se tuvieron en cuenta al realizar la evaluación de la composición específica del estrato herbáceo. Las especies identificadas pertenecen a 10 familias diferentes, sin embargo, las Poaceae y Asteraceae fueron las familias mejores representadas (63,4%) (Ver Anexo I, Tabla I.5; Figura 6).



**Figura 6: Familias botánicas de herbáceas identificadas en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis x camaldulensis* y en un campo aledaño en la Estación Experimental Hirschhorn. Cada familia está representada por porcentajes que indican la proporción de especies de cada una de ellas con respecto al total de especies identificadas (41).**

El número de especies herbáceas registradas fue similar entre años para cada tratamiento. La riqueza (**S**) de especies acumulada por tratamiento durante los tres años de muestreos fue de 31 especies en la densidad alta (DA); 25 especies en la densidad baja (DB) y 25 a campo abierto (CA). (Ver Anexo I, Tabla I.4).

Para evaluar la composición estacional del estrato herbáceo se consideró como muestreo de primavera a las muestras obtenidas durante el 2019 y 2020 y como muestreo de finales del verano a la de 2021. Con respecto a la riqueza de especies, en el muestreo primaveral se registraron para cada tratamiento 28 especies para la DA de plantación, 23 especies para la DB y 21 especies para CA. Para el muestreo de fines del verano (2021) el resultado por tratamiento fue de 18 especies para la DA de plantación, 13 especies para la DB de plantación y de 11 especies para el testigo a CA (Ver Anexo I, Tabla I.6, Tabla I.7).

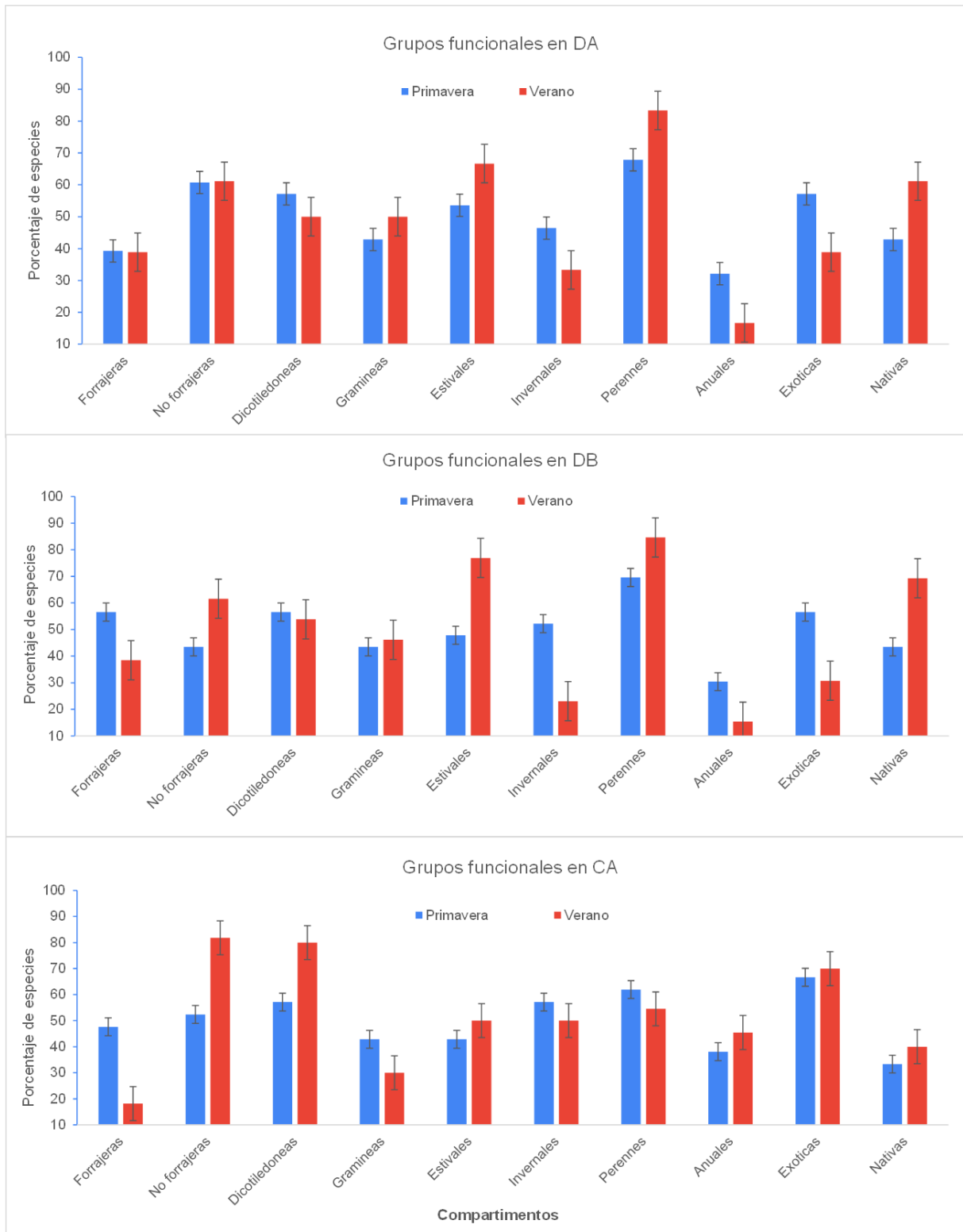
Al evaluar la importancia de los grupos funcionales del estrato herbáceo se analizaron los resultados teniendo en cuenta los muestreos primaverales (2019 y 2020) y el muestreo estival (2021). Para el tratamiento de densidad baja (DA) los grupos funcionales distinguidos estuvieron representados por una proporción similar de especies en las dos épocas del año analizadas. Las diferencias sobresalientes en este tratamiento se encuentran en el ciclo de vida de las especies y su estacionalidad. Tanto en el muestreo de primavera como en el de verano predominaron las especies

de ciclo estival (E) sobre las de ciclo invierno-primaveral (I) y las perennes (P) por sobre las anuales (A), sin embargo, se registra para el muestreo de verano una mayor proporción de especies de ciclo estivo-otoñal (E 67%) que en el muestreo de primavera (E 54%) y una mayor proporción de perennes (P) en el muestreo de verano (P 83%) que en el de primavera (P 68%) (Figura 7).

Para el tratamiento de densidad baja (DB) de plantación se observan tendencias similares que para la DA. Sin embargo, se destaca en el muestreo de primavera una mayor proporción de especies forrajeras (F 56,5 %) que de las no forrajeras (NF 43,5 %), situación que se invierte en el muestreo de verano, donde la presencia de especies no forrajeras (NF 61,5 %) supera en gran proporción a las especies forrajeras (F 38,5 %) (Figura 7).

A diferencia de los anteriores tratamientos, el testigo a campo abierto (CA) no presenta grandes diferencias entre la proporción de especies estivales/invernales y perennes/anuales, pero se observan diferencias con respecto a otros grupos funcionales. Se destaca, por un lado, en el muestreo de primavera, una proporción similar de especies forrajeras y no forrajeras (F 47,6%; NF 52,4 %), sin embargo, en el muestreo de verano se incrementa considerablemente la proporción de especies no forrajeras (NF 81,8 %) por sobre las forrajeras (F 18,2 %). Con respecto a la filogenia de las especies encontradas, la proporción de especies de dicotiledóneas en el muestreo de primavera supera a las especies de gramíneas, diferencia que se profundiza en el muestreo de verano. Por último, se destaca en el campo abierto la alta proporción de exóticas (Ex 66,7 %) por sobre las nativas (Na 33,3 %) en el muestreo de primavera, diferencia que se mantiene sin grandes variaciones en el muestreo de verano (Figura 7).

Es importante mencionar que sobre el número total de especies registradas en la totalidad de los tratamientos (S = 41) se identificó la presencia de 15 especies de gramíneas. De estas gramíneas, el 80% corresponde a especies con valor forrajero, mientras que se reconocen un total de 26 especies de dicotiledóneas donde sólo el 23% son especies forrajeras (Figura 7; Ver Anexo I, Tabla I.8).



**Figura 7: Porcentaje de especies del estrato herbáceo identificadas en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* y en un campo aledaño a la plantación en la Estación Experimental Hirschhorn, agrupadas según grupos funcionales en los tratamientos: a) Densidad Alta (DA), b) Densidad baja (DB), c) Campo abierto (CA). Se diferencian los muestreos de primavera (azul) y de verano. (rojo).**

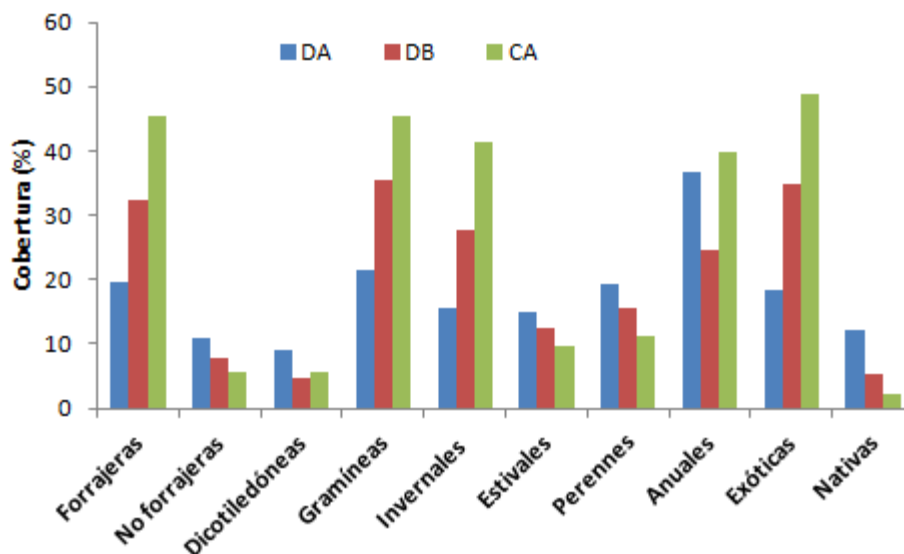
### 7.2.2 Índice de similitud de Sorensen

La estimación de la similitud en la composición de especies del estrato herbáceo mediante el Índice de similitud de Sorensen (IS) fue similar entre tratamientos (IS = 0,70 entre densidades de plantación alta y baja; IS = 0,68 entre densidad alta y campo abierto; IS = 0,71 entre densidad baja y campo abierto). Los valores obtenidos indican que no hay grandes diferencias en la composición de especies entre tratamientos. La mayor diferencia entre tratamientos se registra en el número de especies, entre las encontradas bajo la plantación y a campo abierto. (Ver Anexo I, Tabla I.9).

### 7.2.3 Cobertura de la vegetación herbácea

La cobertura total, promedio de las tres fechas de muestreo, de la vegetación herbácea fue mayor en el CA (57%) que bajo la plantación. En ésta se evidenció una tendencia decreciente según aumentó la densidad de los árboles, pasando del 23% en la DB al 15% en la DA. Los porcentajes complementarios corresponden a suelo desnudo.

Con respecto a los grupos funcionales, la cobertura de las gramíneas, de las forrajeras, de las exóticas y de las anuales siguieron la misma tendencia que la cobertura total de herbáceas, con valores más elevados en el CA y con tendencias decrecientes desde la DB hacia la DA de plantación (Figura 8).



**Figura 8:** Cobertura de los grupos funcionales de especies del estrato herbáceo identificadas en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis x camaldulensis* (DA: densidad alta, DB: densidad baja), y en campo abierto (CA) en la Estación Experimental Hirschhorn.

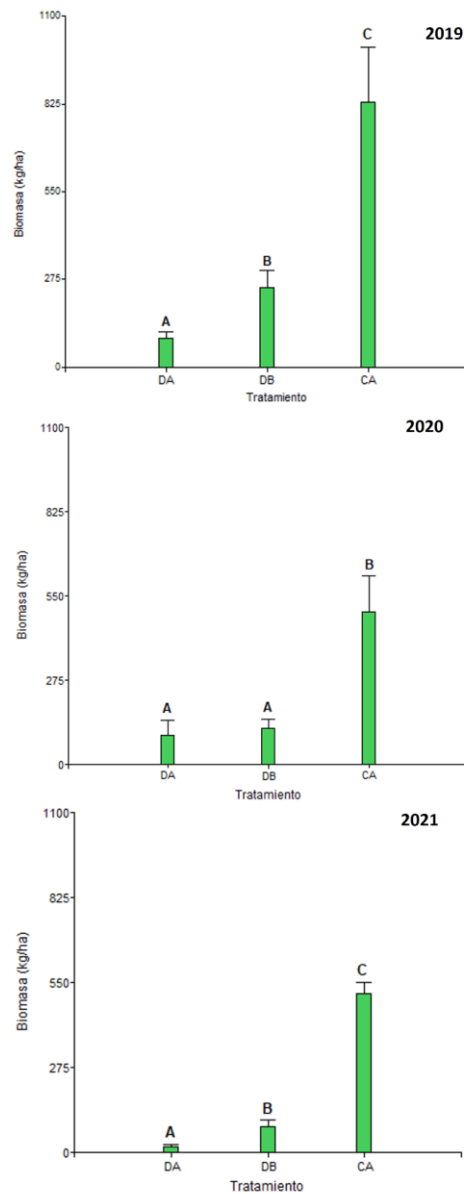
#### 7.2.4 Dinámica de la biomasa del estrato herbáceo

El ANOVA para analizar la biomasa del estrato herbáceo muestra que existen diferencias entre los tratamientos que no son debidas al azar. Se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, excepto en el muestreo de 2020 donde los tratamientos de densidad alta (DA) y densidad baja (DB) de plantación no difirieron significativamente, pero se repite la tendencia observada en las otras fechas de muestreo, donde los promedios más bajos corresponden al tratamiento de DA, seguido por el de DB y por último el campo abierto (CA) que registra los mayores valores de biomasa total. Si se compara cada tratamiento a lo largo de los tres años de muestreo, se registra una disminución de la biomasa total cosechada en los tres tratamientos en el año 2021 (Figura 9). Para el tratamiento de DA, se registraron valores similares de biomasa tanto para el 2019 como para el 2020 (90 y 94 kg/ha respectivamente) y un descenso abrupto de la misma para el muestreo de 2021 (17,2 kg/ha) (Tabla 4, Figura 10). En la DB de plantación, el mayor valor promedio de biomasa herbácea corresponde al muestreo de 2019 siendo este de 248,4 kg/ha. En los años siguientes la biomasa decrece obteniéndose en promedio 118 kg/ha para el 2020 y 81,5 kg/ha para el 2021. Sobre CA, la biomasa estimada presenta mayores variaciones entre los años, en 2019 se obtuvo el pico máximo con un promedio de 830,2 kg/ha, en los años posteriores se observa un marcado descenso, siendo el promedio estimado de biomasa de 497 kg/ha en 2020 y de 515,4 kg/ha en 2021 (Tabla 5, Figura 9).

**Tabla 5: Biomasa del estrato herbáceo (Kg/ha) en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* en la Estación Experimental Hirschhorn estimada a DA (1736 árb/ha), DB (581 árb/ha) y en CA (campo abierto), D. E.: desviación estándar, E. E.: error estándar, Mínimo, Máximo.**

Año	Tratamiento	n	Media (Kg/ha)	D.E. (Kg/ha)	E.E. (Kg/ha)	Mínimo (Kg/ha)	Máximo (Kg/ha)
2019	DA	10	90,64	66,1	20,9	34,3	245,8
	DB	10	248,4	172,8	54,6	71,0	674,0
	CA	5	830,2	380,8	170,3	482,0	1472,0
2020	DA	10	94,2	152,6	48,2	2,0	518,0
	DB	10	118,1	94,8	30,0	10,0	341,0
	CA	5	497,0	265,9	118,9	287,0	855,0
2021	DA	10	17,2	23,4	7,4	1,0	64,0
	DB	10	81,5	68,5	21,6	10,0	188,0
	CA	5	515,4	76,6	34,2	416,0	615,0

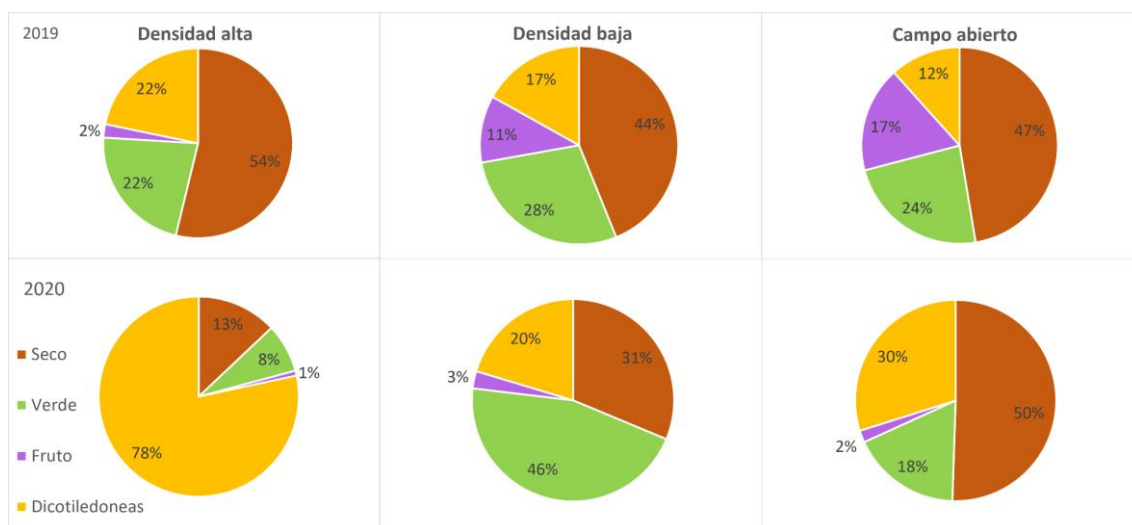




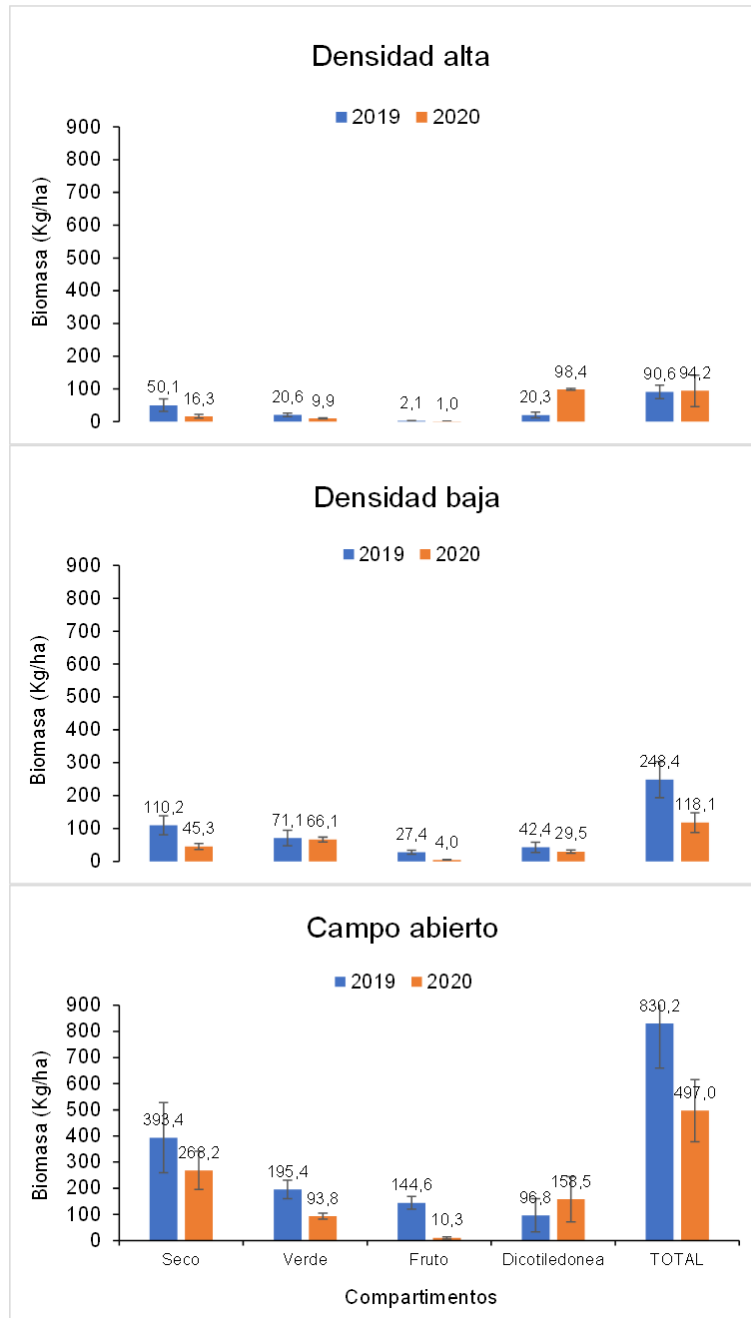
**Figura 9: Biomasa estimada del estrato herbáceo en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* en la Estación Experimental Hirschhorn sobre DA (densidad alta), DB (densidad baja) y a CA (campo abierto). Las líneas verticales indican el error estándar.**

En relación con la biomasa por compartimentos se compararon los muestreos de 2019 y 2020 para cada tratamiento ensayado. En 2019, el compartimento mejor representado en los tres tratamientos fue el seco en pie, con más del 40% en cada uno de ellos, siendo la DA el tratamiento con mayor proporción registrada (53,8 %). Por el contrario, en el 2020, los compartimentos más importantes varían en función del tratamiento considerado. En la plantación, tanto en DA como en

DB, se presenta una fuerte disminución de la proporción de seco en pie siendo más acentuada en la DA de plantación (13% DA; 31% DB), sin embargo, para el CA, la proporción de seco en pie registra un ligero aumento del 3%. En cuanto al compartimento verde de gramíneas, la mayor proporción registrada la obtuvo el tratamiento de DB en ambos años. Esta proporción fue similar a la de CA en 2019 y mayor al mismo en 2020 (46% DB; 18% CA). En 2020 tanto DB como CA presentaron una disminución en la proporción de verde de gramíneas, la mayor diferencia con respecto al año anterior se registró sobre la DA, que disminuyó en un 14%. En cuanto a la proporción de frutos, se visualizó en 2019 una mayor proporción de ésta con respecto a los muestreos del 2020 para los tres tratamientos. La DA de plantación fue el tratamiento que presentó, en ambos muestreos, la menor proporción de frutos de gramíneas. Por último, las dicotiledóneas, al igual que el compartimento seco en pie, estuvo muy bien representado en los tres tratamientos, sobre todo para el 2020. En el 2019, la proporción de dicotiledóneas varió entre un 5 y un 10 % por tratamiento, registrando su mayor proporción en la DA, seguida por la DB y luego el CA. En 2020, se observa un aumento en el porcentaje de dicotiledóneas en cada tratamiento. En el tratamiento de DA, la biomasa de dicotiledóneas representó en 2020 el 78% de la biomasa total, valor superior al registrado por este compartimento en los tratamientos de DB y CA (20 y 30% respectivamente) (Figuras 10 y 11).



**Figura 10: Porcentaje de la biomasa herbácea por compartimento en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* en la Estación Experimental Hirschhorn estimada a densidad alta (1736 árb/ha), baja (581 árb/ha) y en campo abierto.**



**Figura 11: Biomasa herbácea por compartimento en el sistema de Nelder de plantación de *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* en la Estación Experimental Hirschhorn estimada a densidad alta (1736 árb/ha), baja (581 árb/ha) y en campo abierto.**

### 7.3 Radiación fotosintéticamente activa interceptada

En la DA el 74% de la radiación incidente (fRFA) fue interceptada por el dosel, mientras que en la DB fue del 40%.

### 7.4 Entrevistas exploratorias

Como representante de la visión de un integrante de un organismo público de gestión se entrevistó al Ingeniero Forestal Sebastián Galarco, que desarrolla su actividad

profesional como consultor de la Dirección Forestal del Ministerio de Desarrollo Agrario de la provincia de Buenos Aires. Este organismo está involucrado en la promoción de los SSP por medio del Plan de Incentivos a la Actividad Forestal y por la Exención de Impuesto Inmobiliario por Forestación. Uno de los objetivos de estas políticas públicas mencionado por Sebastián es el aumento de la superficie forestada en la provincia.

Por otro lado, Laura Faustino, representó el enfoque de la ciencia y técnica. Ella es Ingeniera Forestal, Doctora de la FCAYF e Investigadora del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en la EEA Delta del Paraná en el ámbito de los sistemas forestales e integrados del Delta. Laura mencionó las características propias de los SSP implementados en su zona de estudio. Hizo énfasis en los beneficios de la incorporación del árbol en los sistemas ganaderos ya sea por su funcionalidad en el bienestar animal como para el ambiente. Planteó varios aspectos técnicos, ecológicos y productivos a considerar para la viabilidad de los SSP en la zona.

A fin de relevar aportes desde la mirada educativa de los SSP se entrevistó a Paz Johnston, Ingeniera Forestal y docente del CEPT N° 1, “La Colonia”, de Gral. Belgrano, provincia de Buenos Aires. Ella compartió la importancia para el centro educativo que implican los SSP como integradores de conocimientos multidisciplinares, ámbito para la investigación de alternativas productivas y de extensión.

Las entrevistas junto con la información destacada que brindaron los diferentes actores y que sirvió para complementar la discusión del trabajo se encuentran detalladas en el Anexo I (Tabla I.10, Tabla I.11 y Tabla I.12).

## **8. DISCUSIÓN**

Nuestros resultados evidenciaron que la producción del estrato herbáceo estimada, aún a muy bajas densidades de plantación de *Eucalyptus*, resulta insuficiente para sustentar la producción de ganado doméstico. A partir de los análisis de la dinámica de la biomasa herbácea se registra que con el aumento de la densidad de plantación esta disminuye. Por el contrario, la biomasa de la vegetación a campo abierto fue mucho más elevada que en la plantación, independientemente de la densidad arbórea considerada. Estos resultados advierten sobre la importancia del diseño espacial de

plantación cuando el componente leñoso del SSP es una especie perennifolia, ya que la disponibilidad de luz es uno de los factores más importantes y determinantes para el crecimiento del pastizal natural. La forma que adquieren los SSP implementados está vinculada principalmente con los objetivos de la producción. Es por esto que diseños de plantación orientados a priorizar el componente forestal distribuyen los árboles en el terreno de forma homogénea y regular, en cambio, otros sistemas que intentan armonizar tanto la producción forestal como forrajera utilizan diseños en hileras o en fajas, que permiten mayor ingreso de luz (Solymosi et al., 2016). Las hileras contienen a los árboles y pueden ser simples, dobles o triples y entre estas se deja un espacio lo suficientemente amplio para el desarrollo del componente forrajero (o agrícola), que suele denominarse “callejón”. El tamaño suele ser variable, dependiendo qué se cultive. En las experiencias documentadas se registraron callejones entre 7 y 20 m aproximadamente (Diez & Caballé, 2015; Plevich et al. 2015, Solymosi et al. 2016; Schinato et al., 2023). Las experiencias en SSP que comparte el Ing. Galarco en la entrevista realizada, actualmente impulsadas en la provincia de Buenos Aires, tales como el establecimiento “La Negra” en Suipacha y la empresa ELUVA en Chascomús, utilizan este tipo de diseños en líneas apareadas o hileras (Anexo I, Tabla I.10). Por el contrario, como comenta la Dra. Laura Faustino, los SSP del Delta generalmente mantienen el diseño de plantación tradicional de la actividad forestal, siendo de 6x6 m, 5x5 m o 4x4 m los más utilizados para estos sistemas mixtos (Casaubon et al., 2009, 2015 y 2016, Anexo I, Tabla I.11). En este último caso, se destaca que los SSP utilizan especies de Salicáceas, principalmente álamo, lo que permite el ingreso de luz en otoño-invierno, favoreciendo así el crecimiento del pastizal natural. Es importante aclarar, que independientemente del diseño que se establezca o la dinámica estacional del follaje de la especie forestal, el componente ganadero no se encuentra pastoreando bajo dosel durante todo el ciclo forestal (Pantiu et al., 2010). Los motivos de este manejo de rodeos están relacionados con la edad de la plantación y su crecimiento. Por un lado, el ingreso de los animales al sistema se realiza cuando los árboles están lo suficientemente fuertes para resistir el ramoneo y el impacto físico de los animales, este tiempo depende de la especie forestal utilizada y puede variar entre 6 meses a 4 años desde el inicio de la plantación (Solymosi et al., 2016). Por otro lado, en edades avanzadas de la plantación, el cierre de copas disminuye la radiación incidente en el estrato herbáceo, provocando la disminución de la

producción de biomasa. Para controlar esto, en los SSP donde el arreglo espacial es homogéneo, son fundamentales las prácticas silviculturales como el raleo y las podas (Pantiu et al., 2010). La Dra. Faustino menciona que otra estrategia que utilizan los establecimientos es destinar parte de su superficie a potreros a cielo abierto, que serán la fuente de alimentación principal en los momentos en que el forraje bajo dosel resulta insuficiente para el rodeo (Anexo I, Tabla I.11).

El análisis de la composición específica del estrato herbáceo evidenció una alta similitud entre las tres situaciones consideradas (DA, DB, CA), que podría estar directamente relacionada con la proximidad entre sí de los sitios de muestreo, que compartirían las mismas fuentes de semillas (Omacini et al. 1995).

En cuanto a la riqueza, la situación de DA de plantación presentó como tendencia mayores valores, tanto cuando se la comparó estacionalmente como cuando se consideró su valor acumulado durante las tres fechas de muestreo. En una alta proporción estas especies son dicotiledóneas. En cambio, en el CA, la menor riqueza de especies registrada puede relacionarse con la mayor importancia en términos de cobertura de las gramíneas. En particular dos especies de esta familia, *Lolium multiflorum* y *Cynodon dactylon*, concentran el 78% de la cobertura total de herbáceas en el CA. Previo al inicio de este estudio, el CA era cortado con motoguadaña con frecuencia, pero se dejó de cortar seis meses antes, aproximadamente, del inicio de los muestreos. El cese de los cortes de la vegetación podría interpretarse como una situación semejante a la de clausura al pastoreo de ganado doméstico. Entre los principales efectos del cese de la remoción de la biomasa de herbáceas en pastizales de la región, se señalan el aumento de la altura y cobertura de las gramíneas que, a su vez, tiene como consecuencia la disminución del número de especies debido a que este grupo se vuelve dominante y deja menos recursos disponibles, principalmente luz, para las dicotiledóneas planófilas (Sala et al. 1986; Rusch & Oesterheld 1997; Chaneton et al. 2002).

Los diferentes grupos funcionales en los que se agruparon las especies, en términos de riqueza, no presentaron tendencias claras relacionadas con la cobertura del dosel arbóreo. En la DB se observaron mayores proporciones del número de especies en las categorías perennes, nativas y forrajeras, comparadas con la DA y el CA. En cambio, en términos de cobertura de los grupos funcionales de las herbáceas se

observa una clara diferencia entre el CA y la plantación. Como ya se mencionó, en el primero predominan las gramíneas, de las que es conocida su condición heliófila (Gibson, 2009). La elevada cobertura de *Lolium multiflorum* permite explicar también la mayor importancia de las anuales y de las exóticas en el CA.

En términos generales la biomasa siguió una tendencia similar a la de la cobertura cuando se comparan las dos densidades de plantación y el CA. La biomasa de herbáceas en el CA fue entre 5 y 30 veces superior a la de la DA de plantación dependiendo del año considerado. A lo largo de las fechas de muestreo se observó en todos los tratamientos una disminución de la biomasa que se puede relacionar con la sequía registrada en el período de muestreos. La precipitación decreció de 1028 mm/año en 2019 a 701 mm/año en 2021, siendo la precipitación media anual (promedio 1969-2014) de 1014 mm/año (Sección agrometeorología, Cát. de climatología y fenología agrícola y Estación Experimental “Ing. Agr. Julio Hirschhorn”). Además, los meses en los que se realizaron los muestreos fueron deficitarios en cuanto al balance hídrico. Es conocida la estrecha relación entre la dinámica de la vegetación de los pastizales y la disponibilidad de agua en el suelo (Pérez & Frangi, 2000; Swemmer et al., 2007). A su vez, la disminución de la biomasa herbácea a lo largo del tiempo de muestreos fue más marcada dentro de la plantación, posiblemente relacionada con la mayor demanda y consumo de los eucaliptos, comparados con las herbáceas (Pérez et al., 2020; Liu et al., 2017; Ouyang et al., 2018).

Con respecto a la distribución de la biomasa entre compartimentos, se destaca la mayor proporción de dicotiledóneas en la DA de plantación, relacionada con la menor disponibilidad de luz que restringe el establecimiento de las gramíneas. Por otra parte, debido a que no se pudieron realizar muestreos estacionales, resulta difícil interpretar la transferencia de la biomasa entre el verde y el seco en pie, dado que el proceso de mortalidad está fuertemente condicionado por las condiciones ambientales, pero también por la historia de vida de las especies presentes y su fenología.

Pincemin et al. (2007) reportaron una notable diferencia entre la radiación que recibe el estrato herbáceo dentro de la plantación con respecto a las áreas sin cobertura del dosel arbóreo y consideran que estas diferencias en RFA es uno de los principales factores que explican los contrastantes valores de biomasa herbácea estimada en esas situaciones. Los valores de radiación incidente estimados en el presente trabajo mostraron que la cantidad de luz que llega al estrato inferior según la densidad

considerada (36% para DA y 60% para DB) contribuyen a explicar las diferencias de biomasa obtenidas entre ambos tratamientos y con el CA. Aunque se hayan utilizado densidades muy contrastantes, los valores de biomasa obtenidos son insuficientes como para sustentar la producción de un rodeo vacuno promedio de la zona, inclusive a baja carga animal (Faverin & Machado, 2019; Arrieta et al., 2020). Aun cuando se considera el CA, los valores de biomasa estimados en el presente trabajo (497 a 830 kg/ha) resultaron inferiores a los reportados en la bibliografía. El promedio anual de la biomasa en pastizales de la depresión del salado alcanza los 3750 kg/ha en situaciones con pastoreo (Hidalgo & Cauhépé, 1991). Campana y Yadhjian (2021) estimaron valores de 3000 a 4700 kg/ha en el pico de biomasa (marzo) del 2013 al 2017 en pastizales pastoreados; en pastizales que al inicio del estudio tenían 9 años de clausura estos valores se elevaron a 8000 a 12000 kg/ha (Campana & Yadhjian, 2021). En el presente estudio la menor biomasa del CA, comparado con lo reportado en la bibliografía podría obedecer a que los cortes con motoguadaña cesaron poco tiempo antes de los muestreos y también a la incidencia de la sequía ocurrida durante los años de estimaciones que podría haber intensificado su efecto debido a déficit hídricos elevados durante los períodos de crecimiento más importantes de la vegetación (Figura 1).

Los resultados obtenidos en torno a los rendimientos potenciales de las densidades de plantación analizadas refuerzan la idea de que la forma que adquieran los SSP en cuanto a especie forestal, diseño espacial, densidad de plantación, manejo y prácticas silviculturales, debe estar relacionada íntimamente con los objetivos productivos del sistema y las características ecológicas propias de la zona. (Solymosi et al., 2016). Los valores arrojados por los modelos de volumen individual y de rendimiento potencial responden a los efectos del espaciamiento (Schönau, 1974; Hirigoyen et al., 2021). Si bien se alcanzó un mayor volumen total con la DA de plantación dada la mayor cantidad de árboles por unidad de superficie, es prudente corroborar a partir de un análisis económico la justificación de invertir en más individuos por hectárea en este tipo de planteos productivos. La ventaja de utilizar densidades más bajas como la mencionada en este trabajo radica en obtener al final del turno, un mayor volumen individual (Figura 4) con la posibilidad de destinarse, por ejemplo, al aserrío. En el mercado de productos forestales, la madera de mayores dimensiones y el aumento de su calidad, por prácticas de poda y raleo, posee un mayor beneficio económico que



puede superar el ingreso por volumen total de madera (INTA Concordia, 2022). Aunque es importante considerar que disminuir la densidad del rodal puede traer aparejado cambios en la rectitud del fuste por aumento de su conicidad, lo que podría afectar su esbeltez y contradecir los valores de volumen obtenidos por ecuaciones que utilicen un índice de forma (Hirigoyen et al., 2021).

En cuanto a la evaluación del crecimiento en altura media y dominante, las dos densidades de plantación evaluadas no presentaron diferencias sustanciales (Tabla 1). En ambas densidades se evidenció una disminución del crecimiento en altura entre los años 2019 a 2020 (Figura 3) que podría relacionarse con la sequía que afectó la región durante ese mismo período. Entre el 2019 y el 2020 hubo una disminución de las precipitaciones en aproximadamente 200 mm (Figura 1). En la DA se hizo más evidente la desaceleración del crecimiento que podría atribuirse a una mayor competencia por el recurso hídrico, dado el mayor número de árboles por hectárea. Por otra parte, la altura dominante nos indica un buen potencial de crecimiento para la zona, considerando que son suelos pesados (Argiudol típico) y que la escasa porosidad y mayor retención de agua de los suelos arcillosos podrían afectar su crecimiento (Urriola & Leanne, 2023). El potencial en altura que podrían alcanzar estos clones, además de a las condiciones edafoclimáticas, va a estar vinculado con las prácticas silviculturales y el manejo de la plantación (Hirigoyen et al., 2021). La velocidad del crecimiento de especies del género *Eucalyptus* permite que los turnos de la plantación sean relativamente cortos, entre 8 y 13 años según los objetivos y el manejo (Beale & Ortiz, 2013). La posibilidad de obtener un retorno económico en el corto plazo podría resultar una motivación adicional para las productoras y los productores de la provincia y particularmente de la región de la Pampa Deprimida que poseen una fuerte tradición ganadera.

Por otra parte, si se decide incorporar especies de *Eucalyptus* en la región bajo estos esquemas de producción mixtos, se debe tener en cuenta los efectos sobre diferentes parámetros ambientales. El reemplazo de los pastizales pampeanos y las alteraciones en el balance hídrico por una mayor demanda del recurso de los árboles trae como consecuencia la disminución de las reservas de agua subterránea (Engel et al., 2005). También se ha demostrado que las plantaciones de *Eucalyptus* en la región pampeana son responsables de la salinización del suelo y del agua subterránea, producto de la mayor absorción de agua que realizan los árboles y exclusión de sales

en ella disueltas. Este proceso ocurre principalmente en posiciones topográficas bajas, donde la napa freática es poco profunda (Jobbágy & Jackson, 2004; Nosoetto et al., 2013). Sin embargo, plantaciones a bajas densidades o sistemas silvopastoriles podrían ser una alternativa de manejo que disminuiría o retrasaría el proceso de salinización (Nosoetto et al., 2013). Además, dependiendo de la posición topográfica donde se realizan las forestaciones, estas podrían tener un efecto favorable, actuando como drenaje biológico del agua en exceso en el paisaje, producto del reemplazo de los pastizales por cultivos anuales (Nosoetto et al., 2013; Jobbágy et al., 2019).

En el marco de las entrevistas exploratorias realizadas se destaca su aporte y su valor como punto de partida para profundizar a futuro diversas investigaciones en SSP. A través de los diferentes actores entrevistados se evidencia el interés creciente en los SSP por parte de productores de diferentes regiones de la provincia de Bs. As. y de instituciones gubernamentales. Los entrevistados remarcan el rol activo que cumple el INTA y el Gobierno de la provincia de Bs. As. a través de su Ministerio de Desarrollo Agrario en la promoción y difusión de estos sistemas, en el acompañamiento técnico, como así también en el apoyo hacia productores e instituciones a través de material de implantación y beneficios fiscales (Plan de Incentivos a la Actividad Forestal y Exención de Impuestos Inmobiliarios por Forestación). Se destaca como principales motivaciones para la adopción estos sistemas la obtención de beneficios ambientales, la contribución de las forestaciones al bienestar animal, la posibilidad de desarrollar una ganadería carbono neutra y la factibilidad de adaptar estos sistemas a la realidad productiva agropecuaria de la zona. Con igual énfasis se mencionan las posibilidades de diversificar los ingresos económicos y la posibilidad de contar con un nuevo ingreso a largo plazo, la generación de alternativas productivas más acordes con los principios de la agroecología y la valoración positiva de este sistema, que permite impulsar la incorporación del árbol y, por ende, aumentar la superficie forestada en la provincia. Cabe mencionar, ya que los 3 actores reconocen la posibilidad de generar una ganadería carbono neutra o fijar carbono con los SSP que estudios realizados en la Región Pampeana, ponen de manifiesto la importancia de elaborar normas de manejo de las producciones que maximicen la capacidad de almacenar carbono orgánico en el suelo (COS). Se ha registrado que las plantaciones con eucalipto han arrojado valores de COS (54 Mg/ha) inferiores a los registrados en pastizales (78 Mg/ha) y en el bosque nativo (95 Mg/ha) en la zona (Gyenge et al., 2022). Esto se vincula con el

aporte que sobre este punto ofrece la Dra. Faustino, donde menciona que no todo SSP o sistema de árboles integrados a la ganadería permiten la compensación de las emisiones de carbono generadas y que si se persigue este objetivo productivo se debe tener en cuenta un abanico más amplio de factores (clima, suelo, especies utilizadas, crecimientos, características específicas del sistema silvopastoril a implementar).

Por otra parte, para las personas entrevistadas el proceso de adopción de los SSP también posee limitantes, que pudimos clasificar como económicas, sociales, ambientales y tecnológicas. Como factores económicos, se nombra la necesidad de difundir resultados económico-financieros de las experiencias llevadas a cabo y en gran medida, la necesidad de generar potenciales mercados para la inserción de la madera producida. En torno a los aspectos sociales se destaca la dificultad de incorporar la actividad forestal entre las productoras y productores, relacionada con la fuerte tradición ganadera de la zona, la falta de personal capacitado en tareas forestales y de conocimiento pleno de lo que implican estos sistemas, más allá de la incorporación del árbol en la ganadería. Por otro lado, como factor ambiental relevante que se nombra en las entrevistas es la dificultad de adaptación de las plantaciones a las condiciones edafoclimáticas de la zona, como por ejemplo la salinidad y la alternancia de períodos de sequías e inundaciones, característicos del área de estudios. Por último, pero no menos importante, se identifican factores tecnológicos relacionados al acceso de material de plantación en cantidad y calidad, maquinarias y herramientas adecuadas para las tareas silviculturales, así como también el acceso a conocimientos técnicos por parte de productores/as y de personal que acompañe las tareas que demanda la plantación a lo largo de su ciclo de vida.

## **9. CONCLUSIONES**

Los SSP conforman una alternativa productiva cada vez más difundida en la provincia de Buenos Aires y existe un interés creciente en ellos dada la multiplicidad de beneficios económicos, ambientales y sociales que se podrían alcanzar.

Su viabilidad en la zona es posible pero no sólo depende de la densidad de plantación elegida. Si bien las densidades evaluadas en este trabajo fueron muy contrastantes, el diseño de la plantación analizada fue homogéneo y regular, propia de la actividad forestal y como consecuencia de esto, no se alcanzaron valores de biomasa herbácea

capaces de sustentar un rodeo de animales domésticos. En ambas densidades la radiación que llegaba al estrato inferior fue limitante para el desarrollo forrajero. Sin embargo, no podemos descartar nuestra hipótesis, porque este trabajo nos condujo a reflexionar sobre la relevancia de los diseños silvopastoriles para integrar la actividad forestal a la actividad ganadera. Por esto, es preciso considerar nuevas investigaciones que contemplen diferentes alternativas en el diseño espacial de la plantación en función a los objetivos del SSP. Las experiencias registradas en la provincia, además de las mencionadas en las entrevistas realizadas, constituyen un ejemplo de esto, ya que por las características de la actividad ganadera que se realiza en la zona, se utilizan SSP en hileras o en fajas, que permiten un mayor ingreso de la radiación y, por ende, el crecimiento de gramíneas forrajeras propias del pastizal natural.

Finalmente, más allá de buscar alternativas productivas viables para la realidad agropecuaria de la provincia, incluir el árbol en el paisaje en un contexto de cambio climático es de suma importancia, sobre todo para construir como dice la Dra. Faustino, una ética productiva que resguarde la salud y el bienestar animal. Además, este tipo de planteos y la posibilidad de generar mercados que absorban sus productos, pueden constituir una importante fuente laboral para la zona y porque no, la posibilidad de seguir pensando estrategias para el arraigo rural de productores/as y sus familias.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

**Aguilar Luna, J.M.E.** 2019. Nelder en la investigación forestal: Una revisión. Avances en Investigación Agropecuaria 23 (1): 7-25.

**Aparicio, J.L., Maggio, A. & Fraguero, L.** 2018. Control de malezas de *Eucalyptus grandis*: respuestas a diferentes anchos y períodos de control. En: XXXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. 5 pp.

**Arrieta, E.M., Cabrol, D.A., Cuchiatti, A., & González, A.D.** 2020. Biomass consumption and environmental footprints of beef cattle production in Argentina. Agricultural Systems 185: 102944.

**Arturi, M.F., Goya, J.F., Sandoval-López, D.M. & Cellini, J.M.** 2017. Inventario Nacional de Plantaciones Forestales. Inventario Forestal Permanente de los Bosques Implantados. Entre Ríos - Área Continental. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial de la Nación. 35 pp.

**Beale, I. & Ortiz, E.C.** 2013. El Sector Forestal Argentino: Eucaliptos. Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial (Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa) N° 53. 10 pp.

**Cameron, D., Rance, S., Edwards, D.C. & Jones, D.** 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería en las Américas 1: 18-20.

**Campana, S. & Yahdjian, L.** 2021. Plant quality and primary productivity modulate plant biomass responses to the joint effects of grazing and fertilization in a mesic grassland. Applied Vegetation Science 24(2): e12588.

**Carranza, C.A. & Ledesma, M.** 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial Buenos Aires, Argentina. pp. 18-23.

**Casabon, E.A., Peri, P.L., Cornaglia, P.S., Cueto, G.R., Rossi, C. & González, A.** 2009. Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el delta del río Paraná: Evaluación del daño animal. En: 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones. Argentina. 8 pp.

**Casabón, E., Peri, P.L., Cornaglia, P.S. & González, A.C.** 2015. Calidad forrajera de pastos en un sistema silvopastoril del delta del Paraná. En: 3° Congreso Nacional

de Sistemas Silvopastoriles, VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales, Iguazú, Misiones. pp. 142-145

**Casaubon, E.A., Cornaglia P.S., Peri P.L., Gatti M.L., Clavijo M.P., Borodowski E.D. & Cueto G.R.** 2016. Silvopastoral systems in the Delta Region of Argentina. En: Silvopastoral systems in southern South America. Peri, P.L., F. Dube & A. Varella (eds.). Springer International Publishing. pp: 41–62

**Cauhépé M.A. & Hidalgo L.G.** 2005. La Pampa inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. En: La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Oesterheld, M., Aguiar, M.R., Ghera, C.M. & Paruelo, J.M. (eds.). Editorial Facultad de Agronomía. UBA. pp. 401-412.

**Chaneton, E.J., Perelman S.B., Omacini M. & León R.J.** 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions* 4: 7-24.

**Clavijo, M. del P., Nordenstahl, M., Gundel, P.E. & Jobbágy, E.G.** 2005. Poplar afforestation effects on grassland structure and composition in the Flooding Pampas. *Rangeland Ecology and Management* 58: 474-479.

**Clavijo, M. del P., Cornaglia P.S., Batistella, A. & Borodowski, E.** 2019. Floristic enrichment of the understory increases forage production and carrying capacity of temperate silvopastoral systems. *Agroforest Syst* 93: 95–102.

**Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L., Brister, G.H. & Bailey, R.L.** 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. J. Wiley and Sons ed. New York, E.E. U.U. 333 pp.

**Cristiano, P.M., Posse, G., Di-Bella, C.M. & Jaimes, F.R.** 2010. Uncertainties in fPAR estimation of grass canopies under different stress situations and differences in architecture. *International Journal of Remote Sensing* 31(15): 4095-4109.

**Cubbage, F., Balmelli, G., Bussoni, A., Noellemeyer, E., Pachas, A. N., Fassola, H., Colcombet, L., Rossner, B., Frey, G., Dube, F., De Silva, M.L., Stevenson, H., Hamilton, J. & Hubbard, W.** 2012. Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. *Agroforestry Systems* 86: 303–314.

**Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M & Robledo C.W.** 2020. InfoStat versión. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>. Último acceso: julio de 2023.

**Diez, J.P. & Caballé, G.** 2015. Efecto de dos diseños silvopastoriles sobre el desarrollo de ramas en *Pinus ponderosa*. Dougl. ex. Laws. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Iguazú, Misiones. Argentina. pp. 113-716.

**Ellenberg, D., & Mueller-Dombois, D.** 1974. Aims and methods of vegetation ecology (p. 547). New York: Wiley.

**Engel, V., Jobbágy, E.G., Stieglitz, M., Williams, M. & Jackson, R.B.** 2005. Hydrological consequences of Eucalyptus afforestation in the Argentine Pampas. *Water Resources Research* 41(10): W10409.

**Faverin, C. & Machado, C.** 2019. Tipologías y caracterización de sistemas de cría bovina de la Pampa Deprimida. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* 35 (1): 3-13.

**Ferrere, P., López, G.A, Boca, R.T, Galetti, M.A, Esparrach, C.A & Pathauer, P.S.** 2005. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* en un ensayo Nelder modificado. *Invest Agrar: Sist Recur For* 14(2): 174-184.

**Gibson, D.J.** 2009. Grasses and grassland ecology. Oxford University Press. 320 pp.

**Gómez, J.** 2019. Los sistemas agroforestales modernos: ¿qué son y cuál es su fundamento?. En: Dossier Técnico N° 99 DARP. pp: 3-5.

**Gyenge, J., Gatica, G., Sandoval, M., Lupi, A.M. & Gaute, M.** 2022. Reporte Nacional. Estimación de las reservas de carbono orgánico del suelo con plantaciones forestales y otros usos de la tierra, en distintas regiones de Argentina. Programa Nacional Forestal del INTA y la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto-Industrial del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. 95 pp.

**Hidalgo, L.G. & Cauhépé, M.A.** 1991. Effects of seasonal rest in aboveground biomass for a native grassland of the flood Pampa, Argentina. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives* 44(5): 471-474.

**Hirigoyen, A., Navarro-Cerrillo, R., Bagnara, M., Franco, J., Requin, F. & Rachid Casnati, C.** 2021. Modelling taper and stem volume considering stand density in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. *Biogeosciences and Forestry* 14(2): 127-136

**Husch, B., Beers, T.W. & Kershaw Jr., J.A.** 2002. *Medición forestal*. John Wiley & Sons.

**Ibrahim, M. & Mora, J.** 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: *Memorias de la conferencia electrónica "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales"*. Ibrahim, M., Mora, J. & Rosales M. (eds.). CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp: 10-22.

**INTA Concordia.** 2022. Suplemento Especial: Planilla de precios forestales. *Boletín de Novedades Forestales Año XXII N° 573*.

**Izaguirre Flores, F. & Martínez Tinajero, J.J.** 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha* 21(1): 28-40.

**Jobbágy, E.G. & Jackson, R.B.** 2004. Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology*, 10(8), pp: 1299-1312.

**Jobbágy, E., Noretto, M.D., Gimenez, R. & Mercou, G.L.** 2019. Los cucos y los servicios ecosistémicos: el (dis)servicio de regulación hídrica en la llanura chaco-pampeana. *El lugar de la naturaleza en la toma de decisiones: Servicios ecosistémicos y ordenamiento territorial rural*. Laterra, P., Paruelo, J.M. Ciccus, Buenos Aires, Argentina. pp: 212-221.

**Laclau, P.** 2012. Consideraciones económicas y ambientales para la toma de decisiones en sistemas silvopastoriles. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Santiago del Estero, AR. Ediciones INTA. pp: 359-370.

**Laclau, P., Smukas, G.V. & Villaverde, R.** 2015. Sistemas silvopastoriles de la Depresión del Salado. Estructura y biomasa de montes de sauce. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales, Monte Carlo, Misiones, AR. Peri, P. Ediciones INTA, pp: 67-72.



**Liu, W., Wu, J., Fan, H., Duan, H., Li, Q., Yuan, Y. & Zhang, H.** 2017. Estimations of evapotranspiration in an age sequence of Eucalyptus plantations in subtropical China. PloS One, 12(4): e0174208.

**León, L.** 2014. Árboles en potreros y sus beneficios para los sistemas ganaderos doble propósito. En: Buenas prácticas en Ganadería Doble Propósito. Cuadernos Científicos Girarz 14. Villasmil Ontiveros Y. (ed). Fundación Girarz. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. pp: 289-335.

**Martínez-Ruiz, R., Azpíroz-Rivero, H.S., Rodríguez-De la O, J. L., Cetina-Alcalá, V. M. & Gutiérrez Espinoza, M.A.** 2006. Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. Ra Ximhai 2(3): 815-846.

**Monterubbianesi R.I.** 2020. Caracterización anatómica de nuevos clones del género Eucalyptus desarrollados por INTA Concordia. Informe de Trabajo Final de Carrera. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 36 pp.

**Moreno, E.C.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T– Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 pp.

**Nosetto, M.D., Acosta, A.M., Jayawickreme, D.H., Ballesteros, S.I., Jackson, R.B. & Jobbágy, E.G.** 2013. Land-use and topography shape soil and groundwater salinity in central Argentina. Agricultural Water Management 129: 120-129.

**Omacini, M., Chaneton, E.J., León, R.J.C. & Batista, W.B.** 1995. Old-field successional dynamics on the Inland Pampa, Argentina. Journal of Vegetation Science 6(3): 309-316.

**Ouyang, L., Zhao, P., Zhou, G., Zhu, L., Huang, Y., Zhao, X. & Ni, G.** 2018. Stand-scale transpiration of a *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* plantation and its potential hydrological implication. Ecohydrology 11(4): e1938.

**Pachas, A. N., Colcombet, L. & Fassola, H.E.** 2011. Los sistemas silvopastoriles en Argentina. Oportunidades para pequeños productores de producción de leche en sistemas silvopastoriles en la provincia de Misiones, Argentina. III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del Siglo XXI. Michoacán, México. pp: 144-146.

**Pachas, A.N., Shelton, H.M., Lambrides, C.J., Dalzell, S.A. & Murtagh, G.J.** 2018. Efecto de la densidad de árboles sobre la competencia entre *Leucaena leucocephala*

y *Chloris gayana* utilizando un ensayo de Nelder Wheel. I. Interacciones sobre el suelo. Ciencias de cultivos y pastos 69: 419–429.

**Palma, J.H.N., Graves, A.R., Burgess, P.J., Keesman, K.J., Van Keulen, H., Mayus, M., Reisner, Y. & Herzog, F.** 2007. Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. Ecological Engineering 29 (4): 450-462.

**Pantiu, A.J., Capellari, A. & Kurtz, V.D.** 2010. Sistemas silvopastoriles del centro y norte de la Provincia de Misiones, Argentina. Revista Veterinaria 21:1: 69-75.

**Pérez, C. A. & Frangi, J.L.** 2000. Grassland biomass dynamics along an altitudinal gradient in the Pampa. Journal of Range Management, 53: 518–528.

**Pérez, C., Frangi, J., Tesón, N., & Arturi, M.** 2021. Transpiration Rates, Climate and Soil Water Balance of *Eucalyptus grandis* Afforestation on Temperate Grasslands in Argentina. Journal of Sustainable Forestry 40(6): 607-621.

**Pincemin, J.M., Monlezun, S.J., Zunino, H., Cornaglia, P.S. & Borodowski, E.** 2007. Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. APPA ALPA-Cusco, Perú. 5 pp.

**Plevich, J.O., Utello, M.J., Gyenge, J., Tarico, J.C., Fiandino, S. & Sanchez Delgado, A.R.** 2015. Producción Primaria Neta Aérea del Componente Herbáceo de Sistemas Silvopastoriles en la Llanura Ondulada del sur de Córdoba. En: 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Iguazú, Misiones. Argentina. pp: 187-716.

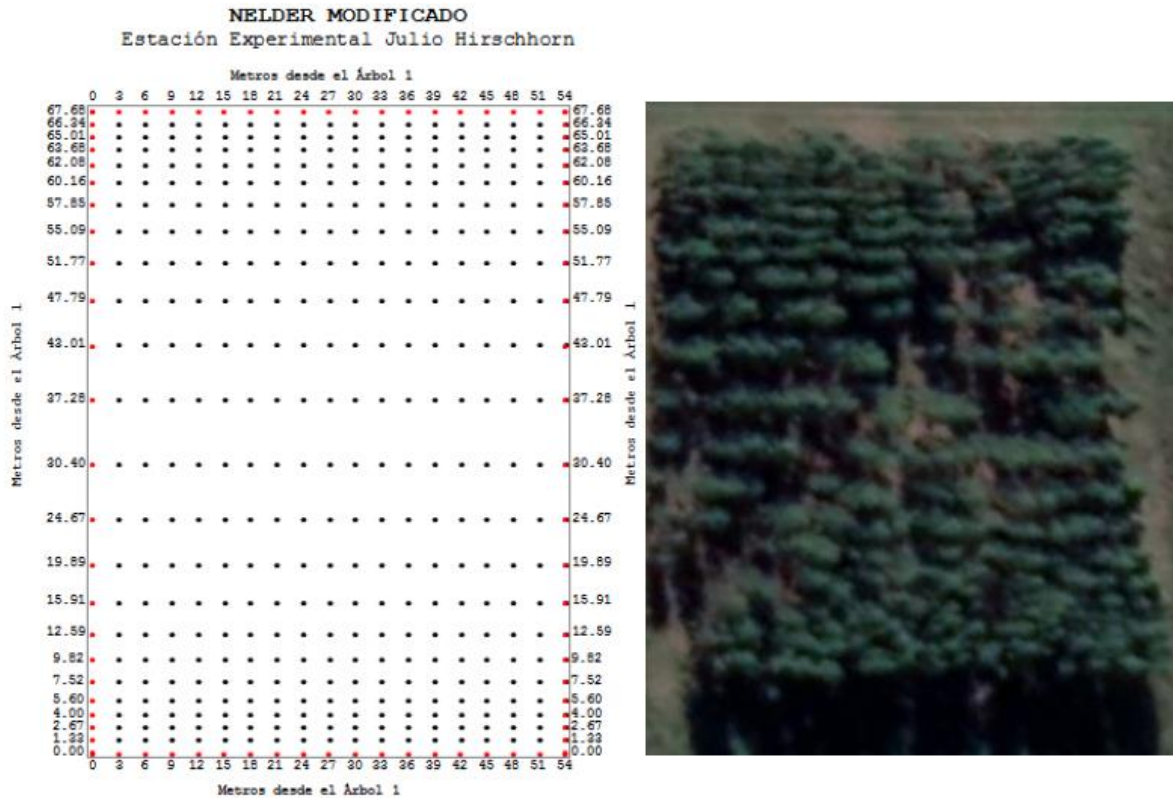
**Rivera, J., Colcombet, L., Santos-Gally, R., Murgueitio, E., Díaz, M., Mauricio, R., Peri, P. & Chará, J.** 2021. Sistemas Silvopastoriles: Ganadería Sostenible con Arraigo e Innovación. CIPAV. Cali, Colombia. 22 pp.

**Rusch, G.M. & Oesterheld, M.** 1997. Relationship between productivity, and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. Oikos 76: 519-526.

**SAGyP-INTA.** 1995. Manual para productores de Eucalyptus de la Mesopotamia Argentina. Grupo Forestal, EEA INTA Concordia. 171 pp.

- Sala, O.E., Oesterheld, M., León, R.J.C. & Soriano, A.** 1986. Grazing effects upon plant community structure in subhumid grasslands of Argentina. *Vegetatio* 67: 27-32.
- Schinato, F., Munka, M.C., Olmos V.M. & Bussoni A.T.** 2023. Microclimate, forage production and carbon storage in a eucalypt-based silvopastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 344.
- Schönau APG.** 1974. The Effect of Planting Espacement and Pruning on Growth, Yield and Timber Density of *Eucalyptus grandis*, *South African Forestry Journal*, 88:1: 16-23.
- Shibu, J.** 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Syst* 76:1–10.
- Solymosi, K., Braun, A., Dijk, S.V. & Grulke, M.** 2016. Upscaling silvopastoral systems in South America. Recuperado de: <https://policycommons.net/artifacts/306291/upscaling-silvopastoral-systems-in-south-america/1224268/> on 03 Jul 2023.
- Swemmer, A.M., Knapp, A.K. & Snyman, H.A.** 2007. Intra-seasonal precipitation patterns and above-ground productivity in three perennial grasslands. *Journal of Ecology*, 95(4): 780-788.
- Urriola, S. & Leanne, A.** 2023. Evaluación productiva de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden asociadas a distintos manejos de acuerdo al tipo de suelo en Entre Ríos, Argentina. Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 145 pp.
- Zuloaga, F. O., & Morrone, O. (eds.).** 1996. Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina. I. Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae (Monocotyledoneae). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 60:1-323.
- Zuloaga, F. O., & Morrone, O. (eds.).** 1999. Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina. II. Angiospermae (Dicotyledoneae). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 64:1-1269.
- Zuloaga, F.O., Nicora, E.G., Rúgolo de Agrasar, Z.E., Morrone, O., Pensiero, J.F. & Cialdella, A.M.** 1994. Catálogo de la familia Poaceae en la República Argentina. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 47:1-178.

## ANEXO I



**Figura 1.1:** A la izquierda, el esquema de la parcela demostrativa con diseño Nelder modificado. A la derecha, una imagen aérea del Sector Forestal de la Estación Experimental Julio Hirschhorn (EEJH) Lote 5. Plantación en febrero de 2020. Fuente: Cátedra de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

**Tabla 1.1:** Tabla resumen de los modelos de volumen individual evaluados en la Densidad Baja de plantación desde el año 2018 al 2021 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn. EAM: error absoluto medio. Se resaltan aquellas ecuaciones que fueron utilizadas para el análisis.

Año	Modelo	R <sup>2</sup> aj	EAM (m <sup>3</sup> /árb)	a	b	p-valor	Vol. ind. promedio (m <sup>3</sup> /árb)	Vol. total estimado (m <sup>3</sup> /ha)
2018	(1) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,97	0,013	0,0044	4,04	<0,0001	0,035	20,6
	(2) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	1	0,001	1,22	2,7	<0,0001	0,026	15,4
	(3) $\text{Log } 10 V \text{ Ind} = a + b * \text{Log } 10 \text{ dap}$	1	0,000	0,000032	0,39	<0,0001	0,026	15,4
2019	(1) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,94	0,009	-0,01	5,13	<0,0001	0,077	44,7
	(2) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,98	0,002	1,12	2,51	<0,0001	0,085	49,4
	(3) $\text{Log } 10 V \text{ Ind} = a + b * \text{Log } 10 \text{ dap}$	1	0,001	0,0000043	0,39	<0,0001	0,085	49,3
2020	(1) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,95	0,044	-0,02	6,88	<0,0001	0,165	95,8
	(2) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,98	0,048	1,08	2,38	<0,0001	0,167	97,3
	(3) $\text{Log } 10 V \text{ Ind} = a + b * \text{Log } 10 \text{ dap}$	1	0,001	0,000098	0,39	<0,0001	0,160	93,2
2021	(1) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,98	0,039	-0,04	9,29	<0,0001	0,281	163,0
	(2) $V \text{ Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,99	0,055	1,28	2,52	<0,0001	0,284	164,7
	(3) $\text{Log } 10 V \text{ Ind} = a + b * \text{Log } 10 \text{ dap}$	1	0,003	0,00000067	0,39	<0,0001	0,275	159,5

**Tabla I.2: Tabla resumen de los modelos de volumen individual evaluados en la Densidad Alta de plantación desde el año 2018 al 2021 en la Estación Experimental Julio Hirschhörn. EAM: error absoluto medio. Se resaltan aquellas ecuaciones que fueron utilizadas para el análisis.**

Año	Modelo	R <sup>2</sup> aj	EAM (m <sup>3</sup> /árb)	a	b	p-valor	Vol. ind. promedio (m <sup>3</sup> /árb)	Vol. total estimado (m <sup>3</sup> /ha)
2018	(1) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,93	0,0064327	-0,003	3,68	<0,0001	0,019	32,2
	(2) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,97	0,0169607	1,240	2,67	<0,0001	0,019	32,8
	(3) $\text{Log } 10\ V\text{Ind} = a + b * \text{Log } 10\ \text{dap}$	1	0,0001264	0,000	0,39	<0,0001	0,018	31,9
2019	(1) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,92	0,0032906	-0,010	5,8	<0,0001	0,055	94,8
	(2) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,97	0,0086899	1,200	2,52	<0,0001	0,057	98,2
	(3) $\text{Log } 10\ V\text{Ind} = a + b * \text{Log } 10\ \text{dap}$	1	0,0003863	0,000	0,39	<0,0001	0,056	97,1
2020	(1) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,96	0,0094552	-0,005	6,05	<0,0001	0,101	174,5
	(2) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,98	0,0275874	1,170	2,47	<0,0001	0,102	177,9
	(3) $\text{Log } 10\ V\text{Ind} = a + b * \text{Log } 10\ \text{dap}$	1	0,0006874	0,000	0,39	<0,0001	0,100	173,1
2021	(1) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2$	0,99	0,0074586	-0,010	8,16	<0,0001	0,153	265,2
	(2) $V\text{Ind} = a + b * \text{dap}^2 * h$	0,98	0,0264746	1,400	2,63	<0,0001	0,152	264,7
	(3) $\text{Log } 10\ V\text{Ind} = a + b * \text{Log } 10\ \text{dap}$	1	0,0010238	0,000	0,39	<0,0001	0,148	257,6

**Tabla I.3: Tabla resumen de los modelos de rendimiento potencial evaluados en las dos densidades de plantación evaluadas desde el año 2018 al 2021 en la Estación Experimental Julio Hirschhörn. DA: densidad alta; DB: densidad baja; EAM: error absoluto medio. Se resaltan aquellas ecuaciones que fueron utilizadas para el análisis.**

Tratamiento	Modelo	R <sup>2</sup> aj	EAM (m <sup>3</sup> /ha)	a	b	p-valor
DA	(1) $V = a + b * \text{Edad}^2$	1	1,54	-44,06	8,64	0,0002
	(2) $V = a + b * \text{Edad}$	0,99	7,33	-208,8	77,89	0,0033
	(3) $\text{Log } 10\ (V) = a + b * \text{Log } 10\ (\text{Edad})$	0,98	2,94	0,09	3,05	0,0063
DB	(1) $V = a + b * \text{Edad}^2$	0,99	4,70	-39,1	5,53	0,0026
	(2) $V = a + b * \text{Edad}$	0,96	9,73	-142,5	49,39	0,0145
	(3) $\text{Log } 10\ (V) = a + b * \text{Log } 10\ (\text{Edad})$	1	0,54	-0,43	3,42	0,0012

**Tabla I.4: Riqueza de especies acumulada por tratamiento durante los tres años de muestreos (2019, 2020 y 2021). Se incluyen aquellas especies en común entre los tratamientos de densidad alta (DA), densidad baja (DB) y campo abierto (CA).**

Especies registradas		Especies por tratamiento			Especies en común entre tratamientos		
		DA	DB	CA	DA con DB	DA con CA	DB con CA
1	<i>Adesmia incana</i> Vogel var. <i>incana</i>		X				
2	<i>Ammi majus</i> L.	X		X		X	
3	<i>Ammi visnaga</i> L. Lam.		X	X			X
4	<i>Asparagus setaceus</i> (Kunth) Jessop	X	X	X	X	X	X
5	<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	X					
6	<i>Avena fatua</i> L.	X	X	X	X	X	X
7	<i>Baccharis</i> sp.	X	X		X		
8	<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	X	X		X		
9	<i>Briza minor</i> L.	X		X		X	
10	<i>Bromus catharticus</i> Vahl.		X	X			X

11	<i>Carduus acanthoides</i> L.	X	X	X	X	X	X
12	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i> (Poir.) P.M. Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá var. <i>viridiflavescens</i>	X	X	X	X	X	X
13	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.			X			
14	<i>Convolvulus</i> sp.						
15	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist var. <i>angustifolia</i> (Cabrera) Cabrera	X	X	X	X	X	X
16	<i>Cyclosporum leptophyllum</i> (Pers.) Britton & P. Wilson var. <i>Leptophyllum</i>			X			
17	<i>Cynara cardunculus</i> L.	X					
18	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	X	X	X	X	X	X
19	<i>Cyperus</i> sp.			X			
20	<i>Dactylis glomerata</i> L.	X					
21	<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris	X					
22	<i>Dipsacus sativus</i> (L.) Honck.	X	X	X	X	X	X
23	<i>Evolvulus sericeus</i> Sw. var. <i>sericeus</i>	X	X	X	X	X	X
24	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	X					
25	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	X	X	X	X	X	X
26	<i>Lotus tenuis</i> Waldst. & Kit. ex Willd.	X	X	X	X	X	X
27	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	X					
28	<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth	X					
29	<i>Panicum bergii</i> Arechav. var. <i>bergii</i>	X	X		X		
30	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir. var. <i>dilatatum</i>	X		X		X	
31	<i>Polypogon chilensis</i> (Kunth) Pilg.		X				
32	<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	X	X	X	X	X	X
33	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen var. <i>parviflora</i>		X				
34	<i>Sida rhombifolia</i> L.	X					
35	<i>Solidago chilensis</i> Meyen	X	X	X	X	X	X
36	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	X	X	X	X	X	X
37	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	X	X	X	X	X	X
38	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	X	X	X	X	X	X
39	<i>Trifolium repens</i> L.			X			
40	<i>Verbena bonariensis</i> L.	X	X		X		
41	<i>Vicia sativa</i> L. "Vicia"	X	X	X	X	X	X
	<b>TOTAL = 41 especies</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>18</b>

**Tabla I.5: Clasificación por familia del total de especies censadas durante las tres fechas de muestreos (2019, 2020 y 2021) bajo los tres tratamientos ensayados (1736 árb/ha, 581 árb/ha y campo abierto). Se incluye la proporción de cada una de las mismas respecto al total y la proporción de las familias mejor representadas (Poaceae y Asteraceae).**

Familias	Nº de especies	Proporción (%)	Proporción de Poaceae y Asteraceae (%)
Apiaceae	3	7,3	<b>63,4</b>
Asparagaceae	1	2,4	
<b>Asteraceae</b>	<b>11</b>	<b>26,8</b>	
Caprifoliaceae	1	2,4	
Convolvulaceae	3	7,3	
Cyperaceae	1	2,4	
Fabaceae	4	9,8	
Malvaceae	1	2,4	
<b>Poaceae</b>	<b>15</b>	<b>36,6</b>	
Verbenaceae	1	2,4	
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>100,0</b>	

**Tabla I.6: Riqueza de especies herbáceas en muestreos de primavera (2019 y 2020) en los tratamientos de densidad alta (1736 árboles/ha), densidad baja (581 árboles/ha) y campo abierto realizados en la Estación Experimental Julio Hirschhorn.**

Especies acumuladas en las cosechas de primavera del 2019 y del 2020			
	1736 árboles/ha	581 árboles/ha	Campo abierto
1	<i>Ammi majus</i>	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Ammi visnaga</i>
2	<i>Asparagus setaceus</i>	<i>Asparagus setaceus</i>	<i>Asparagus setaceus</i>
3	<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	<i>Avena fatua</i>	<i>Avena fatua</i>
4	<i>Avena fatua</i>	<i>Baccharis sp.</i>	<i>Briza minor</i>
5	<i>Baccharis sp.</i>	<i>Baccharis trimera</i>	<i>Bromus catharticus</i>
6	<i>Briza minor</i>	<i>Bromus catharticus</i>	<i>Carduus acanthoides</i>
7	<i>Carduus acanthoides</i>	<i>Carduus acanthoides</i>	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i>
8	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i>	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i>	<i>Conyza bonariensis var. angustifolia</i>
9	<i>Conyza bonariensis var. angustifolia</i>	<i>Conyza bonariensis var. angustifolia</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
10	<i>Cynara cardunculus</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Dipsacus sativus</i>
11	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Evolvulus sericeus var. sericeus</i>
12	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dipsacus sativus</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
13	<i>Dipsacus sativus</i>	<i>Evolvulus sericeus var. sericeus</i>	<i>Lotus tenuis</i>
14	<i>Evolvulus sericeus var. sericeus</i>	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>
15	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Lotus tenuis</i>	<i>Schizachyrium condensatum</i>
16	<i>Lotus tenuis</i>	<i>Polypogon chilensis</i>	<i>Solidago chilensis</i>
17	<i>Matricaria chamomilla</i>	<i>Schizachyrium condensatum</i>	<i>Sonchus asper</i>
18	<i>Nassella neesiana</i>	<i>Solidago chilensis</i>	<i>Sorghum halepense</i>
19	<i>Panicum bergii var. bergii</i>	<i>Sonchus asper</i>	<i>Taraxacum officinale</i>

20	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Sorghum halepense</i>	<i>Trifolium repens</i>
21	<i>Schizachyrium condensatum</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Vicia sativa</i>
22	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Verbena bonariensis</i>	
23	<i>Solidago chilensis</i>	<i>Vicia sativa</i>	
24	<i>Sonchus asper</i>		
25	<i>Sorghum halepense</i>		
26	<i>Taraxacum officinale</i>		
27	<i>Verbena bonariensis</i>		
28	<i>Vicia sativa</i>		
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>21</b>

**Tabla I.7: Riqueza de especies herbáceas en el muestreo estival (2021) en los tratamientos de densidad alta (1736 árboles/ha), densidad baja (581 árboles/ha) y campo abierto realizados en la Estación Experimental Julio Hirschhorn.**

<b>Especies acumuladas en la cosecha estival del 2021</b>			
	<b>1736 árboles/ha</b>	<b>581 árboles/ha</b>	<b>Campo abierto</b>
1	<i>Baccharis sp.</i>	<i>Adesmia incana var. incana</i>	<i>Ammi majus</i>
2	<i>Baccharis trimera</i>	<i>Baccharis sp.</i>	<i>Carduus acanthoides</i>
3	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i>	<i>Conyza bonariensis</i>	<i>Cirsium vulgare</i>
4	<i>Conyza bonariensis</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Conyza bonariensis var. angustifolia</i>
5	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Cyclosporum leptophyllum var. leptophyllum</i>
6	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Dipsacus sativus</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
7	<i>Dichondra microcalyx</i>	<i>Evolvulus sericeus var. sericeus</i>	<i>Cyperus sp.</i>
8	<i>Dipsacus sativus</i>	<i>Panicum bergii var. bergii</i>	<i>Dipsacus sativus</i>
9	<i>Evolvulus sericeus</i>	<i>Schizachyrium condensatum</i>	<i>Schizachyrium condensatum</i>
10	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Setaria parviflora var. parviflora</i>	<i>Solidago chilensis</i>
11	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Solidago chilensis</i>	<i>Sorghum halepense</i>
12	<i>Panicum bergii</i>	<i>Sorghum halepense</i>	
13	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Verbena bonariensis</i>	
14	<i>Schizachyrium condensatum</i>		
15	<i>Solidago chilensis</i>		
16	<i>Sorghum halepense</i>		
17	<i>Taraxacum officinale</i>		
18	<i>Verbena bonariensis</i>		
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>11</b>



**Tabla I.8: Especies reconocidas y contabilizadas en los tres tratamientos (DA, DB Y CA) clasificadas según Familia, Origen (E: exótica y N: nativa), Grupo funcional (DI: dicotiledónea invernala, DE: dicotiledónea estival, GI: gramínea invernala, GE: gramínea estival), Historia de vida (Perenne, Anual o Bianaual) y calidad (F: forrajera y NF: no forrajera).**

	Especies censadas	Familia	Origen	Grupo Funcional	Historia de vida	Calidad
1	<i>Adesmia incana</i> Vogel var. <i>incana</i>	Fabaceae	N	DI	Perenne	F
2	<i>Ammi majus</i> L. "Falsa Biznaga"	Apiaceae	E	DI	Anual	NF
3	<i>Ammi visnaga</i> L. Lam. "Biznaga"	Apiaceae	E	DI	Anual	NF
4	<i>Asparagus setaceus</i> (Kunth) Jessop "Helecho plumoso"	Asparagaceae	E	DE	Perenne	NF
5	<i>Austroeuatorium inulifolium</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob. "Mariposera Blanca"	Asteraceae	N	DE	Perenne	NF
6	<i>Avena fatua</i> L. "Avena salvaje"	Poaceae	E	GI	Anual	F
7	<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	N	-	-	NF
8	<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC. "Carqueja"	Asteraceae	N	DE	Perenne	NF
9	<i>Briza minor</i> L. "Pastito de Dios"	Poaceae	E	GI	Anual	F
10	<i>Bromus catharticus</i> Vahl. "Cebadilla criolla"	Poaceae	N	GI	Perenne	F
11	<i>Carduus acanthoides</i> L. "Cardo"	Asteraceae	E	DI	Anual	NF
12	<i>Cinnagrostis viridiflavescens</i> (Poir.) P.M. Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá var. <i>viridiflavescens</i>	Poaceae	N	GI	Perenne	F
13	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. "Cardo negro"	Asteraceae	E	DI	Anual o bianaual	NF
14	<i>Convolvulus</i> sp.	Convolvulaceae	-	-	-	-
15	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist var. <i>angustifolia</i> (Cabrera) Cabrera "Rama negra"	Asteraceae	N	DE	Anual	NF
16	<i>Cyclosporum leptophyllum</i> (Pers.) Britton & P. Wilson var. <i>Leptophyllum</i> "Apio silvestre"	Apiaceae	N	DE	Anual	NF
17	<i>Cynara cardunculus</i> L. "Cardo comestible"	Asteraceae	E	DI	Perenne	NF
18	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. "Grama común"	Poaceae	E	GE	Perenne	F
19	<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	-	-	Perenne	F
20	<i>Dactylis glomerata</i> L. "Pasto ovillo"	Poaceae	E	GI	Perenne	F
21	<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris "Oreja de ratón"	Convolvulaceae	N	DE	Perenne	NF
22	<i>Dipsacus sativus</i> (L.) Honck. "Cardo de cardar"	Caprifoliaceae	E	DI	Perenne	NF
23	<i>Evolvulus sericeus</i> Sw. var. <i>sericeus</i> "Peludilla"	Convolvulaceae	N	DE	Perenne	NF
24	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. "Festuca"	Poaceae	E	GI	Perenne	F
25	<i>Lolium multiflorum</i> Lam. "Raigrás anual"	Poaceae	E	DE	Perenne	NF
26	<i>Lotus tenuis</i> Waldst. & Kit. ex Willd. "Lotus"	Fabaceae	E	DE	Perenne	F
27	<i>Matricaria chamomilla</i> L. "Manzanilla"	Asteraceae	E	DE	Anual	NF
28	<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth "Flechilla brava"	Poaceae	N	GI	Perenne	F
29	<i>Panicum bergii</i> Arechav. var. <i>bergii</i>	Poaceae	N	GI	Perenne	F
30	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir. var. <i>dilatatum</i> "Pasto miel"	Poaceae	N	GE	Perenne	F
31	<i>Polypogon chilensis</i> (Kunth) Pilg.	Poaceae	N	GI	Perenne	F
32	<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	Poaceae	N	GE	Perenne	NF

33	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen var. <i>parviflora</i> "Cepillo de botellas"	Poaceae	N	GE	Perenne	F
34	<i>Sida rhombifolia</i> L. "Escoba Dura"	Malvaceae	N	DE	Perenne	NF
35	<i>Solidago chilensis</i> Meyen "Vara de oro"	Asteraceae	N	DE	Perenne	NF
36	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill "Cerraja"	Asteraceae	E	DI	Anual	NF
37	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. "Sorgo de Alepo"	Poaceae	E	GE	Perenne	NF
38	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg. "Diente de león"	Asteraceae	E	DE	Perenne	NF
39	<i>Trifolium repens</i> L. "Trebol blanco"	Fabaceae	E	DI	Perenne	F
40	<i>Verbena bonariensis</i> L. "Verbena morada"	Verbenaceae	N	DE	Anual o bianual	NF
41	<i>Vicia sativa</i> L. "Vicia"	Fabaceae	E	DI	Anual	F

**Tabla I.9: Índice de Sorensen (IS) para reconocer la similitud de la composición del estrato herbáceo entre los tratamientos de densidad alta (DA), densidad baja (DB) y campo abierto (CA) realizados en la Estación Experimental Julio Hirschhorn.**

Tratamientos comparados	N° de especies en común entre tratamientos	N° de especies en DA	N° de especies en DB	N° de especies en CA	IS = Especies en común* / 2 / N° de especies del sitio A + N° de especies del sitio B
DA vs. DB (Sitio A vs. Sitio B)	20	31	26	25	0.70
DA vs. CA (Sitio A vs. Sitio B)	19	31	26	25	0.68
DB vs. CA (Sitio A vs. Sitio B)	18	31	26	25	0.71

**Tabla I.10: Entrevista con Ing. Forestal Sebastián Galarco como representante de un organismo público de gestión para el análisis exploratorio sobre los aspectos relevantes del proceso de adopción de los sistemas silvopastoriles en la provincia de Buenos Aires. Se incluyen enumeradas las preguntas realizadas (en negrita) junto con las respuestas del entrevistado entre """. Además, se resalta (en negrita) en estas últimas, los aportes que se consideraron para la discusión del informe.**

<b>Ficha N° 1</b>	
<b>Medio de consulta:</b> Correo electrónico	<b>Fecha:</b> 15/06/2023
<b>Medio de respuesta:</b> Correo electrónico	<b>Fecha:</b> 20/06/2023
<b>Situación:</b> Entrevista semiestructura	
<b>Actor:</b> Ing. Forestal Sebastián Galarco	
<b>Ámbito:</b> Organismo público de gestión provincial. Dirección Forestal del Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires.	

**Propósito:** Analizar en forma exploratoria aspectos socioeconómicos del proceso de adopción de estos sistemas en la provincia de Buenos Aires.

## Consulta

**1. Inicialmente: ¿Qué opiniones puede expresar acerca de esta afirmación? ¿Cree que es acertada? ¿Por qué?**

**“La implementación de los SSP en la Pampa Deprimida con especies forestales perennes cobró relevancia por parte de diversos grupos sociales, institucionales y económicos del territorio en los últimos tiempos.”**

- “La difusión e instalación de los primeros ensayos y forestaciones SSP en PDS viene de la mano de **ensayos desarrollados por INTA** en establecimientos de productores privados y también de la empresa foresto industrial en su establecimiento en PDS.”

**2. A partir de las experiencias propias y los conocimientos desarrollados, ¿cuáles podrían ser sus respuestas a las siguientes preguntas?**

**En la provincia de Buenos Aires, ¿Qué experiencias conoce de SSP? ¿Cuáles son sus principales características y en qué parte se encuentran?**

- **“Estancia La Negra (Suipacha)**, objetivo: 1500 ha de SSP, **líneas apareadas** de híbridos de EG x EC y especies, contacto Ing. Ftal. Nicolás del Tuffo por la empresa (Comercio y Desarrollo) e Ing. Ftal. Pablo Pathauer (INTA)

<https://bichosdecampo.com/el-inta-busca-impulsar-los-sistemas-silvopastoriles-a-traves-del-desarrollo-de-una-cuenca-foresto-industrial-en-el-corredor-buenos-aires-rosario/>

Establecimiento ELUVA (**Chascomús**), **ensayo líneas apareadas y fajas** con híbridos de EG x EC y especies contacto Ing. Ftal. Santiago Eluchans por la empresa e Ing. Ftal. Pablo Pathauer (INTA)

La empresa Arauco reconvirtió sus plantaciones de Eucalyptus camaldulensis a SSP con distintas especies e híbridos de EGxEC en su establecimiento en PDS (**Pila**), contacto Ing. Ftal. Javier Dellarupe.

Otras experiencias en el **centro norte de la provincia** consultar con Ing. Ftal. Paula Ferrere, Ing. Agr. Alejandro Signorelli. (acá se incluyen también caducas).

Otras experiencias en **SD y Tandilia** consultar con Ing. Ftal. Diego Domínguez Dagger.”

**3. El Gobierno de la provincia de Buenos Aires impulsó políticas públicas dirigidas a fortalecer el crecimiento y desarrollo de la actividad agropecuaria bonaerense. ¿Cuál es el lugar que ocupan los SSP en estas políticas? ¿Por qué? ¿De qué manera se impulsa su implementación en el territorio?**

- **“Las medidas de promoción a la actividad forestal a nivel provincial (Plan de Incentivos a la Actividad Forestal y Exención de Impuesto Inmobiliario por Forestación) y Nacional (Ley de Inversión para Bosques Cultivados) los contemplan dentro de sus beneficios. El INTA principalmente, la AFOA y la provincia en menor medida, en los últimos años han organizado reuniones técnicas al respecto, algunas de ellas en establecimientos 1 y 3 antes desarrollados.**

La **Dirección Forestal provincial** viene promocionando los SSP para distintas zonas de la provincia, sobre un convencimiento que los SAF en general y los SSP en particular constituyen sistemas de producción adecuados para aumentar la superficie forestada en la provincia, y relativa facilidad de adaptación a la realidad productiva agropecuaria actual. Las experiencias antes citadas, más proyectos ubicados en Delta, comienzan a demostrar la

factibilidad de los SSP en campos ganaderos.

Incluso en nuestra Facultad con el apoyo provincial, durante la década pasada, en 2012 desde Introducción a la Dasonomía se organizó la I Jornadas sobre Sistemas Agroforestales, donde expusieron expertos en la temática para distintos planteos en distintas zonas del país.”

**4. ¿Cuál es la percepción que tienen de estos sistemas los/as productores y/o empresas de la zona?**

- “En general **hay conocimiento de los sistemas y sus beneficios**, aunque todavía **no hay difusión de los resultados económico-financieros para la zona. Interés por la carne carbono neutral.**”

**5. ¿Cuáles son los desafíos que se deben afrontar desde el Estado Provincial para promover la adopción de los SSP?**

- “**Difundir, una vez disponible información actualizada** sobre crecimientos, rendimientos, especies e híbridos de Euca (a partir de los ensayos de INTA), pasturas, productividad de pasturas, carga animal, manejo de la carga animal, pastoreo mecánico; y resultados económicos financieros.

En el marco el PIAF **producir materiales de propagación de calidad y en cantidad suficiente. Capacitar cuadrillas** dentro de municipios para brindar servicios de forestación y mantenimiento. **Analizar el diseño de plantación, densidades y distanciamientos contemplados en la exención de impuesto inmobiliario por forestación.**

Analizar junto a otros organismos y direcciones específicas del MDA posibilidades de **incorporación de certificaciones o sellos de carne carbono neutral.** Analizar experiencias de otros países de la región y **potenciales mercados.**”

**6. ¿Tiene algún otro aporte que no fue contemplado en las preguntas anteriores y quiera compartir?**

- (Sin respuestas).

**Tabla I.11: Entrevista con la Dr. Laura Faustino como representante de un organismo público de ciencia y técnica para el análisis exploratorio sobre los aspectos relevantes del proceso de adopción de los sistemas silvopastoriles en la provincia de Buenos Aires. Se incluyen enumeradas las preguntas realizadas (en negrita) junto con las respuestas de la entrevistada entre “”. Además, se resalta (en negrita) en estas últimas, los aportes que se consideraron para la discusión del informe.**

<b>Ficha N° 2</b>	
<b>Medio de consulta:</b> correo electrónico	<b>Fecha:</b> 15/06/2023
<b>Medio de respuesta:</b> WhatsApp - audio de voz	<b>Fecha:</b> 22/06/2023
<b>Situación:</b> Entrevista semiestructura	
<b>Actor:</b> Dra. Forestal Laura Faustino	

<p><b>Ámbito:</b> Organismo público de ciencia y técnica. INTA Delta</p>
<p><b>Propósito:</b> Analizar en forma exploratoria aspectos socioeconómicos del proceso de adopción de estos sistemas en la provincia de Buenos Aires.</p>
<p><b>Consulta</b></p>
<p><b>1. Inicialmente: ¿Qué opiniones puede expresar acerca de esta afirmación? ¿Cree que es acertada? ¿Por qué?</b></p> <p><b>“La implementación de los SSP en la Pampa Deprimida con especies forestales perennes cobró relevancia por parte de diversos grupos sociales, institucionales y económicos del territorio en los últimos tiempos.”</b></p> <p>- “Con respecto a la primera afirmación, lo que puedo decirte es que actualmente en todo lo que es provincia de Buenos Aires continental, hay un interés creciente en los sistemas silvopastoriles a través del <b>fomento</b> de algunas agencias de <b>INTA</b> y también desde la <b>provincia de Buenos Aires</b>, del impulso de este tipo de sistemas. Y hay mucho interés en los <b>productores de diversas regiones de la provincia de Buenos Aires</b>, no solamente de la Cuenca del Salado o Pampa Deprimida, pero particularmente de la Pampa Deprimida, sabemos por algún compañero, algún agente de INTA que esté en el territorio que hay interés, concretamente en <b>combinar árboles o tener la posibilidad de incorporar árboles a los sistemas ganaderos</b>. No sé si puntualmente en lo que es sistemas silvopastoriles como un sistema integrado, pero sí en la incorporación de especies arbóreas a los sistemas ganaderos, con todas las <b>funcionalidades que eso puede tener, tanto para los animales como para el ambiente.</b>”</p> <p><b>2. ¿Qué características poseen los SSP del Delta?</b></p> <p>- “Bueno, la pregunta de qué características poseen los sistemas silvopastoriles del Delta, te la puedo contestar contándote que acá la <b>principal actividad ganadera es la cría</b> y los <b>rodeos de cría se integran a forestaciones de salicáceas</b>, en su gran mayoría, gran gran mayoría, son <b>forestaciones de álamo</b>, y la actividad silvopastoril se realiza en una zona bastante acotada del delta bonaerense, que es la zona núcleo forestal, que se encuentra en el bajo delta del Paraná. La zona núcleo forestal tiene la característica de tener la mayoría de sus campos protegidos de las inundaciones del río a través de endicamientos y estos campos endicados son propicios sobre todo para la producción de álamo. En general los sistemas agropastoriles de delta son la combinación de plantaciones de álamo y rodeos de cría. Aquí, <b>la integración de la vaca en el rodal no se realiza durante todo el turno forestal</b>, más o menos las <b>categorías bajas, o sea los terneros de destete se incorporan a las forestaciones alrededor de los tres años o cuatro años de la forestación</b> y el ingreso de animales a las forestaciones <b>se pueden mantener más o menos hasta el octavo año, o sea cuatro años antes del turno de plantación</b>. Después no es que los animales no ingresan, sino que, por la baja disponibilidad de luz, <b>en la etapa de verano, o sea en etapas estivales, no hay demasiado crecimiento de pasto</b>. Entonces, si bien los animales hacen uso de los rodales, cuando los rodales son adultos, quizás no están apotrerados exclusivamente en la forestación, sino que <b>tienen sectores aledaños</b> donde hay mayor <b>disponibilidad de forraje</b> y pueden comer. Sí, siempre, digamos, en etapas adultas de las plantaciones los animales tienen acceso a estar bajo dosel, pero no necesariamente el sistema está integrado y comen únicamente ahí. De hecho, <b>gran parte de los establecimientos tienen una cantidad de su superficie, una parte de su superficie destinada a potreros a cielo abierto</b>, que son utilizados para la comida animal. O sea que no están el 100% en estos establecimientos de la superficie ocupadas por forestaciones, sino que hay sectores donde se destinan a potreros hacia el abierto dedicados a comida. Y esto es bueno porque <b>no se hace en</b></p>

**general implantación de pasturas, ni verdeos**, sino que **se trabaja con el recurso natural, con la pastura naturalizada de las islas, los pastizales naturalizados de las islas**. Entonces, como la producción es bien estival, se necesita de zonas que no tengan dosel para contar con pasto para poder alimentar a los rodeos durante todo el año.

Una característica bastante importante de estos sistemas para caracterizarlos es que los productores forestales incorporaron paulatinamente la ganadería entonces digamos que la concepción y la **tradición del productor se nota mucho que son productores forestales** y quizás no se nota la disposición a cambiar ni el turno ni la estructura de las forestaciones para darle paso a la ganadería, sino que se va viendo cómo se les hace lugar a nivel predial, pero por ejemplo **en esta zona del país no se ve que se disminuya la densidad de las forestaciones en pos de conseguir más pasto bajo dosel. Acá se sigue trabajando con las densidades forestales tradicionales que van desde 4x4 hasta 6x6 en general**. Y los productores **no están dispuestos a cambiar esas densidades con el costo que eso tendría en productividad a nivel superficie**, ya que bueno, tienen otras estrategias para incorporar a la vaca en los establecimientos.”

**3. Además del Delta, ¿conoce otras experiencias de sistemas silvopastoriles en la provincia de Buenos Aires? ¿En qué zona se encuentran?**

- “En relación a sí conozco otros sistemas silvopastoriles en la Provincia de Buenos Aires, te puedo decir que **conozco el caso de La Negra**, si bien no conozco el caso en particular. La Negra es un establecimiento que se encuentra en la zona de Suipacha, Provincia de Buenos Aires, que es más **pampa ondulada**. No sé qué tipo de rodeos trabajan, o sea, si se dedican a la cría, a la invernada o a ambas, pero sí sé que se **combina fundamentalmente con eucaliptus**. En ese establecimiento **hay mucho trabajo de investigación de compañeros de INTA**, que no son de Delta, pero sí trabajan en silvicultura y en mejoramiento genético forestal. Y como característica particular de ese establecimiento, te podría decir que **la empresa tiene tradición forestal**, o sea, no la empresa La Negra en sí, sino que la unidad empresarial que tiene el campo La Negra tiene tradición forestal en otras zonas del país, en Mesopotamia, entonces ellos **han logrado quizá la instalación de ese emprendimiento con mucha tecnología y mano de obra que han traído desde otras cuencas forestales**.”

**4. De acuerdo con las características ecológicas de la Pampa Deprimida y otros aspectos que considere relevantes ¿Cuáles son los principales factores que deberían tenerse en cuenta para la implementación de SSP en dicha zona?**

- “Y en particular, en este aspecto, y yendo ya a la tercera pregunta, creo, que me hacés, eso resulta un desafío muy importante a la hora de querer pensar en instalar un sistema de este tipo en Provincia de Buenos Aires para cualquier productor, tener **acceso a la tecnología, a la mano de obra, a la disponibilidad de material para generar una plantación forestal** y poderla continuar y después, combinándola con ganadería, es una de las principales limitantes. Ahora en otro audio por ahí te aclaro mejor a qué me refiero.”

**5. ¿Qué desafíos cree que se deben afrontar para la adopción de estos sistemas en la zona?**

- “Creo que el principal desafío a la hora de pensar en un sistema silvopastoril y en la pampa deprimida viene justamente por la instalación de una plantación forestal en esas condiciones. Bueno, **la pampa deprimida tradicionalmente tiene ganadería de cría y se trabaja con los pastizales naturales** porque justamente es muy difícil reemplazar ese tapiz vegetal con éxito productivo. Entonces bueno, ese es un factor limitante.

**El éxito del establecimiento de las plantaciones forestales implica mucho esfuerzo o cuidado durante los primeros años** y no solamente hay que elegir muy bien la especie con la que se va a trabajar, sino que además hay que mantener mucho cuidado los primeros 2, 3 años de plantación hasta que eso esté establecido y no corra peligro no solamente de secarse porque las condiciones del sitio no sean buenas, sequía, salinidad, etcétera, incluso inundación en algunos sectores y esos sectores pueden ser dulces, pueden ser salados, entonces **hay muchísimos estreses ambientales a los que puede estar expuesta esa plantación dependiendo del sitio**, pero además también cuidarlos de que se la coman roedores, de que los animales la pisen, o sea, hay un montón de **trabajo asociado a que eso se logre, que quizá los productores que no tienen tradición forestal no están acostumbrados a hacer un seguimiento tan exhaustivo.**

Por otro lado, también está a la hora de plantearse la actividad forestal en Provincia de Buenos Aires, está muy **poco desarrollado, todo lo que es el acceso a tecnología**, esto que te decía en dos audios antes, cuesta mucho encontrar, no solamente la **disponibilidad de material de plantación**, que depende de la especie que uses o que pretendas utilizar, quizá no encontrás gran **cantidad de plántines disponibles o de estacas disponibles** o lo que necesites pero por otro lado **tampoco encontrás mucha gente que sepa cómo instalar una plantación forestal que tenga herramientas o sea mano de obra capacitada para hacerlo o maquinaria, la maquinaria necesaria para instalar una plantación y cuidarla**, hacer los cuidados culturales. Y **tampoco está muy desarrollado qué vas a hacer con la madera después**, que a mí no me parece un tema menor porque cuando uno piensa en un sistema asiduo pastoril y en la sustentabilidad de un emprendimiento así, tiene que pensar, es muy claro que va a ser con la parte pastoril, pero tiene que también ser claro desde el principio en qué cuenca se va a colocar esa madera, en qué cuenca forestal, y que luego, bueno, todo el esfuerzo que uno invirtió en el cuidado de esa de ese capital tenga un rédito acorde al final del ciclo forestal.

Suele pasar que si esto no se tiene en cuenta y quizá la madera tenga muy buena calidad, pero no haya aserradero cerca porque **no hay una cuenca forestal desarrollada en la zona** y entonces luego tener que pagar un costo de flete altísimo para llevar la madera a un aserradero, hace que no valga la pena y la madera termina siendo vendida por un valor que no era el que se planificaba al inicio. **Entonces bueno yo creo que es necesario planificar estas cosas o tenerlas en cuenta a la hora de pensar en un sistema silvopastoril en un sector que está alejado de una cuenca forestal con toda la cadena productiva desarrollada, o sea, no solamente quién te pueda plantar, quién te pueda podar si lo necesitas, sino también quién te puede aprovechar esa madera y a dónde venderla.”**

#### **6. ¿Tiene algún otro aporte que no fue contemplado en las preguntas anteriores y quiera compartir?**

- “Bueno, por último, creo que más o menos todos los aspectos te los contesté de tus preguntas, pero me fui demasiado a la parte forestal e hice poca referencia a la ganadería o al sistema integrado, así que me gustaría hacerte algunos comentarios al respecto.

Bueno, me parece, la verdad que, primero decirte que me parece que la combinación de árboles con ganadería, aunque no fuese un sistema silvopastoril, es una muy buena idea para mí, y creo que **vale la pena intentar hacer difusión del árbol en combinación con el sistema ganadero, no solamente por los beneficios ambientales que pudiera tener, sino también por el bienestar animal** que lleva tener un árbol en una producción ganadera, un árbol, una cortina forestal o bueno, si es una plantación, una plantación. Pero la verdad es que **realmente tiene impacto en el comportamiento de los animales**, el acceso a la sombra y **quizá porque no hay un cambio tan marcado en la productividad ganadera, es que no están masivamente implementados**, pero bueno, en cualquier campo, o lote o potrero, que hay un árbol o un montecito, las vacas están ahí abajo cuando hace mucho calor y se reparan ahí cuando hace mucho frío, así que es indiscutible el beneficio de los árboles en el bienestar animal. Y bueno, se

cree que paulatinamente es algo que se va a incorporar cada vez más, ya que **la ética de la producción ganadera es algo que se está poniendo cada vez más de manifiesto y los consumidores son los que piden la ética y el bienestar animal**, la producción de carne, entonces bueno, yo creo que paulatinamente desde ese punto de vista, el árbol se va a ir incorporando como la ética en cualquier sistema ganadero, cada vez va a ser tenida más en cuenta, vale la redundancia.

Y por otro lado también hacer mención que la elección de un sistema silvopastoril en una zona tradicional como Provincia de Buenos Aires, **puede estar motorizado por la fijación de carbono o por la compensación de las emisiones de la ganadería a partir de la instalación de forestaciones**, y que en este caso hay que ser muy cauteloso a la hora de afirmar que esas compensaciones sean reales porque no en todos los sistemas silvopastoriles hay una **ganadería carbono neutra**, como se suele decir, asociada, eso depende mucho del sistema, de las características del sistema, de las especies forestales, de los crecimientos, de los climas, entonces no creo que sea una forma de impulsarlo, aseverar que un sistema silvopastoril genera ganadería carbono neutra, ni mucho menos, pero indudablemente que la ganadería está asociada a árboles puede ser en un conjunto tomado en cuenta como un sistema que tiene menos emisiones que donde no están los árboles.”

**Tabla I.12: Entrevista con Ing. Forestal María Paz Johnston como representante de un organismo público de gestión para el análisis exploratorio sobre los aspectos relevantes del proceso de adopción de los sistemas silvopastoriles en la provincia de Buenos Aires. Se incluyen enumeradas las preguntas realizadas (en negrita) junto con las respuestas del entrevistada entre “”. Además, se resalta (en negrita) en estas últimas, los aportes que se consideraron para la discusión del informe.**

<b>Ficha N° 3</b>	
<b>Medio de consulta:</b> correo electrónico	<b>Fecha:</b> 15/06/2023
<b>Medio de respuesta:</b> correo electrónico	<b>Fecha:</b> 05/07/2023
<b>Situación:</b> Entrevista semiestructura	
<b>Actor:</b> Ing. Forestal María Paz Johnston	
<b>Ámbito:</b> Organismos público educativo, CEPT N°1 “La Colonia”, Gral. Belgrano. Prov. Bs. As	
<b>Propósito:</b> Analizar en forma exploratoria aspectos socioeconómicos del proceso de adopción de estos sistemas en la provincia de Buenos Aires.	
<b>Consulta</b>	
<p>1. <b>Inicialmente: ¿Qué opiniones puede expresar acerca de esta afirmación? ¿Cree que es acertada? ¿Por qué?</b></p> <p><b>“La implementación de los SSP en la pampa deprimida con especies forestales perennes cobró relevancia por parte de diversos grupos sociales, institucionales y económicos del territorio en los últimos tiempos.”</b></p> <p>- “Si, creo que esta afirmación es acertada, debido a que son <b>sistemas factibles para implementar y llevar adelante por grupos sociales, institucionales y económicos</b>, y se ha</p>	



evidenciado un importante avance territorial en cuanto a aumento de la superficie ocupada por los mismos. Además, en los últimos tiempos se han difundido por las **ventajas ambientales** que poseen y los **beneficios económicos a largo plazo** que generan. Sumado a la existencia de **especies adaptadas** a las características edafo-climáticas de la pampa deprimida.”

2. **A partir de las experiencias propias y los conocimientos desarrollados, cuáles podrían ser tus respuestas a las siguientes preguntas...**

**El CEPT N° 1 cuenta con una unidad demostrativa de producción silvopastoril. ¿Qué fue lo que los llevó a adoptar este tipo de producción? ¿Qué objetivos se propusieron? Los objetivos propuestos con la implantación de la unidad demostrativa fueron:**

- “Constituir un espacio de intercambio pedagógico entre docentes y estudiantes de ambas Instituciones (FCAyF y CEPT N°1).

Generar un ámbito de investigación de distintas alternativas productivas en la región.

Establecer una unidad demostrativa que favorezca la extensión de prácticas agro-silvo-pastoriles.

Fomentar prácticas agroecológicas y amigables con el ambiente.”

3. **¿Qué posibilidades de implementación y qué ventajas piensan que brinda este tipo de producciones en la zona?**

- “La viabilidad de este tipo de sistemas en la zona es factible debido a la existencia de especies forestales aptas y las múltiples ventajas de los mismos. Entre ellas se encuentran la **coexistencia de producciones agrícolas, ganaderas y forestales en un mismo lote**, lo que permite obtener **múltiples ingresos económicos**, la **mejora de la calidad del suelo**, la **posibilidad de implementar prácticas agroecológicas** y difundirlas, la **captura de carbono**, entre las más importantes.

A mi criterio lo que **falta en la zona es un mercado** para el destino de la producción forestal. Al no ser una producción desarrollada **no existe la maquinaria ni el mercado necesario para asegurar la comercialización de la producción.**”

4. **¿Qué características posee el SSP que están llevando adelante? ¿Qué estrategias técnico-productivas se emplean?**

- “Para este módulo de 1,04 ha se propuso una configuración de **fajas de 4 filas, 3 m entre filas, 3 m entre plantas (3x3), 136 plantas por faja. Callejones de 12 m, 4 callejones**. Esta configuración representa una densidad de plantación de **680 pl/ha**. El módulo con las fajas y callejones tendrá una orientación de N/S.

En base a las posibilidades de mercado de productos forestales en la región y complementado con el **Plan de Incentivos a la actividad forestal 2021 de la Dirección de Producción Forestal**, preliminarmente se propone la utilización las especies Eucalyptus dunni y Robinia pseudoacacia (acacia blanca)

Las áreas correspondientes a los **callejones** serán destinadas a la **producción de granos o forrajes** para la alimentación animal.”

5. **A partir del módulo implementado ¿Cómo describiría el vínculo con los productores de la zona? ¿despertó su interés? ¿Qué percepción tienen éstos acerca de los SSP?**

- “Hasta el momento no se logró una difusión de estos sistemas en la zona por parte del CEPT (si por otras instituciones), por lo que no hemos podido visualizar si hay interés. La limitante desde nuestra parte como institución es que trabajamos con familias empleadas rurales y no con

propietarios, por lo que la decisión de implementación debería charlarse con éstos últimos. A su vez, **cuando nombramos el tipo de sistema notamos que todavía no está instalado, porque los productores no lo reconocen como tal.**”

**6. ¿Qué reflexiones puede compartir del proceso desde que iniciaron la instalación del módulo hasta el día de hoy?**

- “Mi reflexión personal es que es un proceso difícil para llevar adelante por una institución. **Hemos implementado tecnología** que nos ayude con el proceso productivo, sobre todo en cuanto al riego, y aun así **tuvimos mucha mortandad de plantas debido a la sequía extrema** que atravesamos este verano. De todos modos, no es un proyecto que no pueda llevarse adelante por un productor o grupo de productores. **Es ventajoso poder obtener las plantas a partir del programa de Incentivos a la actividad forestal.** Estamos convencidos en que hay que seguir adelante con estas ideas proyecto e implementarlas para poder demostrar los resultados y las potencialidades de estos sistemas.”

**7. ¿Tiene algún otro aporte que no fue contemplado en las preguntas anteriores y quiera compartir?**

- (Sin respuesta).