



2023

Trabajo Final Integrador Especialización en Recursos Forestales

Determinación de crecimiento de diferentes materiales de *Eucalyptus spp.* en plantaciones del centro de la provincia de Santa Fe



Alumno: Ing.Agr. Alzugaray
Nicolás M.
Asesora: Dra. Jonicelia Araujo

ÍNDICE

RESUMEN	2
AGRADECIMIENTOS	3
1. INTRODUCCIÓN	4
Características de los cultivos forestales de eucaliptos y conceptos relacionados a la selección de la especie y materiales genéticos.....	10
Conceptos relacionados a la bioenergía.....	11
2. OBJETIVOS	16
Objetivos generales:	16
Objetivos específicos:.....	16
3. MATERIALES Y METODOS	16
Los materiales utilizados en las plantaciones se pueden clasificar, según el método de obtención, en:	23
Desarrollo de las actividades realizadas.....	24
4. RESOLUCION DEL PROBLEMA:	34
Resultados de evaluaciones de plantaciones clonales y no clonales de plantaciones forestales en diferentes sitios de cultivo en el establecimiento de La Ramada S.A..	34
Resultados de comparaciones de medias del Clon H105 entre Plantaciones en Cortina Clonal (BUR) en buen suelo y Plantaciones en suelo salino, sódico y áreas inundables en camellones (Clonal Tambo).....	39
Resultados de comparaciones de medias entre Plantaciones en Cortina (BUR) de <i>E. camaldulensis</i> de semilla y Clonal (H105) en bajo salino en camellones.	39
Resultados en cuanto a la medición de la Huella de Carbono (HC)	44
5. CONCLUSIONES	45
6. BIBLIOGRAFÍA	48

RESUMEN

El sector forestal en Argentina desempeña un papel fundamental en la transición hacia una matriz energética más sostenible y en la generación de empleo y desarrollo regional. El cultivo de eucaliptos y la producción de biocombustibles a partir de biomasa forestal son áreas de interés particular en esta transición, y la investigación y el manejo adecuado de estas plantaciones son esenciales para garantizar su sostenibilidad y rentabilidad.

Los objetivos del presente trabajo buscan adquirir conocimientos, recopilar datos y tomar decisiones informadas para optimizar la gestión de las plantaciones forestales en la región central de Santa Fe, con un enfoque en la especie *Eucalyptus* y su adaptabilidad en diferentes variantes genéticas.

El desarrollo del trabajo final de graduación se basó en el seguimiento del cultivo forestal de diferentes materiales genéticos de eucaliptos, en diferentes sitios de la empresa Lácteos La Ramada S.A. Entre las principales actividades desarrolladas se destaca la obtención de datos relacionados al crecimiento y rendimiento del cultivo y la evaluación de parámetros cuantitativos y cualitativos del mismo.

El campo, bajo estudio cuenta con casi 20 hectáreas destinadas a la forestación, sobre las que se establecieron bosques cultivados de *Eucalyptus*. Los materiales utilizados en las plantaciones se pueden clasificar, Origen de Semillas: *Eucalyptus camaldulensis* (EC. Paul) y Materiales de origen Propagación Clonal: *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* (GC, 105 CIEF, o “CLON H105”). La edad de las plantaciones es de 6 años.

El trabajo proporcionó información valiosa sobre las plantaciones forestales en la provincia de Santa Fe, destacando el potencial de la especie *Eucalyptus* y los clones como una opción sostenible y rentable, alineada con las tendencias de producción de baja contaminación y energías renovables.

ABSTRACT

The forestry sector in Argentina plays a fundamental role in the transition towards a more sustainable energy matrix and in the generation of employment and regional development. Eucalyptus cultivation and biofuel production from forest biomass are areas of particular interest in this transition, and research and proper management of these plantations are essential to ensure their sustainability and profitability.

The objectives of this work seek to acquire knowledge, collect data and make informed decisions to optimize the management of forest plantations in the central region of Santa Fe, with a focus on the *Eucalyptus* species and its adaptability in different genetic variants.

The development of the final graduation work was based on the monitoring of the forestry cultivation of different genetic materials of eucalyptus, in different sites of the company Lácteos La Ramada SA. Among the main activities developed, the obtaining of data related to the growth and performance of the cultivation and the evaluation of its quantitative and qualitative parameters.

The field under study has almost 20 hectares destined for forestation, on which cultivated *Eucalyptus* forests were established. The materials used in the plantations can be classified, Origin of Seeds : *Eucalyptus camaldulensis* (EC. Paul) and Source

Materials Clonal Propagation : *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* (GC, 105 CIEF, or “CLONE H105”). The age of the plantations is 6 years.

The work provided valuable information on forest plantations in the province of Santa Fe, highlighting the potential of the Eucalyptus species and clones as a sustainable and profitable option, aligned with low pollution and renewable energy production trends.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que participaron y colaboraron en este Trabajo Final Integrador, en especial a quien cumplió las funciones de ser mi asesora Dra. Araujo Vieira de Souza, Jonicélia Cristina y al Ing. Agr. Santiago Gorla y Sra. por colaborar conmigo y trabajar en equipo para la toma de datos, que permitieron enriquecer mis habilidades y conocimientos. Y en otros aspectos importantes a los integrantes de la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, por abrirme las puertas a realizar este trabajo en conjunto.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el sector forestal es un actor importante en la transición energética global colaborando en la ampliación de la matriz de energías renovables, imperativo para crecer con la menor huella de carbono posible. Argentina tiene aquí otro camino de desarrollo sostenible disponible para el crecimiento (Vassallo, 2019).

Los registros de dióxido de carbono atmosférico tomados a nivel global evidencian la rápida acumulación de dióxido de carbono (CO_2) en las últimas décadas, además de otros gases que producen el efecto invernadero (Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory [CMDL]; 2021; Conway et al., 1994). Una de las vías de reducción de las emisiones netas de CO_2 es incrementar los niveles de captura y fijación, a corto y medio plazo, de este gas (Brown, 1995; Husch, 2001). El cultivo de especies forestales se destaca por la captura de carbono que contribuye para la mitigación de los efectos del Cambio Climático y del Calentamiento Global, actuando como sumideros de carbono. Esta captura, permite la obtención de productos “carbono neutro” o “de bajo carbono” que además del valor ambiental, permite agregar valor a estos productos y mejorar su inserción en el mercado internacional (Araujo Vieira de Souza y Bender, 2021; Programa Argentino de Carbono Neutro, 2020; Vassallo, 2019).

Las plantaciones forestales generan materias primas para las industrias regionales y nacionales, contribuye a la generación de empleo, al desarrollo de la región, al impulso y fortalecimiento del tejido social y a numerosos beneficios medioambientales (Araujo Vieira de Souza y Bender, 2021; Ministerio de la Agricultura Ganadería y Pesca [MAGyP], 2015; Programa Argentino de Carbono Neutro [PACN], 2020; Vassallo, 2019).

Entre los principales géneros forestales cultivadas en Argentina están los eucaliptos. Dentro de este género encontramos cultivados en nuestro país a las

especies de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. dunnii*, *E. viminalis*. Existen además eucaliptos híbridos entre las especies de *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. saligna*, entre otras (Maderas Argentinas, 2021).

Los eucaliptos se adaptan prácticamente a todos los climas (excepto los extremadamente fríos); tienen la capacidad de producir grandes cantidades de madera en períodos de tiempo relativamente cortos; tienen la capacidad de recuperarse ante la acción negativa del fuego, sequías, plagas, ramoneo, entre otras, gracias a mecanismos defensivos variados propios de las especies. Se adaptan a suelos pobres, deteriorados, salinos, mal drenados, de pesados a arenosos, entre otros tipos de suelos con limitantes de cultivos; se puede utilizar su producción para bioenergía, pasta para celulosa, madera aserrable, leñas, etc. Estas son las principales razones de la difusión mundial del eucalipto y destaca su importancia como una gran fuente de recursos para la humanidad (Beale y Ortiz, 2013; Brandán y Galderisi, 2017; Rsalud, 2018).

Haciendo una referencia puntual en cuanto a la producción de biocombustible a partir de *Eucalyptus sp.*, el aprovechamiento energético de la madera y de los coproductos forestales se ha tomado con mayor importancia en los últimos años a nivel internacional por caracterizarse como una fuente de energía potencial, limpia y renovable; destacándose por presentar alta producción de biomasa y energía potencial por hectárea, elevada densidad básica, stock de carbono, lignina total, poder calorífico superior y menor contenido de cenizas, siendo éstos los más indicados para plantaciones destinadas a la producción de bioenergía (Oliveira, 2019).

Según la Asociación Forestal Argentina (AFoA) la foresto industria representa en el país 1,3 millones de ha de plantaciones forestales, exportaciones por 550 millones de dólares, 100 mil empleos directos y 7000 Pymes de distinto nivel de transformación de la madera (Vassallo, 2019). Las plantaciones forestales, pueden

tener impactos sociales y ambientales positivos, favoreciendo la participación de los distintos sectores de la sociedad, logrando mantener la integridad de los ecosistemas y contribuyendo al crecimiento económico y al empleo del país (MAGyP, 2015). El Estado Nacional, a través de la ley N° 25.080 de inversiones para plantaciones forestales (prorrogada por la 27.487) promociona la implantación de bosques, su manejo y la industrialización de la madera cuando forme parte de un emprendimiento forestal integrado, estableciendo incentivos fiscales y Apoyo Económico No Reintegrable (AENR) (InfoLEG, 2020; MAGyP, 2020).

El Litoral Argentino posee gran aptitud forestal, como se puede observar en el trabajo de Aptitud Forestal de las tierras del Litoral y Mesopotamia, presentado en las actividades habilitantes para la 2^a Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a las partes de la convención marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Orellana y Grenón, 2015).

En las últimas décadas existió un creciente interés por el uso de clones en los proyectos forestales (silvicultura clonal), por las ventajas del proceso en cuanto a la posibilidad de aumento de la productividad y rentabilidad de las plantaciones forestales en un menor plazo (Araujo Viera de Souza et al., 2014; Xavier et al., 2013).

El término técnico “silvicultura clonal” designa el conjunto de técnicas silviculturales adoptado en un programa de implantación y manejo de plantaciones forestales clonales. Abarca todo el proceso de formación de una forestación clonal, desde la selección del árbol superior, la propagación vegetativa, la evaluación de árboles seleccionados en pruebas clonales, la producción de plantines, el establecimiento y la conducción hasta su cosecha (tala rasa) (Xavier et al., 2013).

La técnica de miniestacas es la más utilizada por las grandes empresas forestales para la clonación de genotipos seleccionados de eucaliptos, posibilitando considerables ganancias en productividad recurrentes del aumento de los índices de

enraizamiento y de la reducción del tiempo en la formación del plantín en comparación con la técnica de estacas convencionales y más bajo costo en comparación con las técnicas que necesitan laboratorios de micropropagación (Alfenas et al., 2009; Xavier et al., 2013).

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, junto al Ministerio de Producción de la Provincia e INTA, además de otras instituciones que forman parte del Equipo Técnico Forestal Interinstitucional (ETFI), promueven la investigación y extensión, brindando a los diferentes actores sociales de la región, alternativas para poder diversificar los sistemas productivos creando una mayor sustentabilidad ambiental y de esta manera enfocar nuevas prácticas no frecuentes en la región centro de Santa Fe, como es la producción forestal.

Lácteos La Ramada es una empresa familiar que surge como consecuencia de la integración vertical con La Ramada S.A, empresa dedicada a la actividad agropecuaria, principalmente a la producción lechera. La cual luego es derivada a sus instalaciones de procesamiento para ser transformada en leche en polvo y posteriormente comercializarla en el mercado internacional.

Desde de 2011 la empresa ha empezado tomar diferentes decisiones en cuanto a la producción propia de bosques cultivados para la utilización de bioenergía de biomasa forestal “producción propia de biocombustible” para atender la demanda diaria de su caldera de energía renovable de la planta industrial láctea localizada en Franck, Santa Fe.

En cuanto al abastecimiento de biocombustible para alimentar las calderas que producen el vapor necesario para la elaboración de la leche en polvo, las cuales requieren un cierto volumen de madera diario, la empresa concluyó de que debía contar con sus propias plantaciones para la producción de biocombustible (madera), ya que el costo de adquirirlas a terceros agregándole el costo de traslado (dado que

actualmente las plantaciones se encuentran a aproximadamente a 200 kilómetros de la planta) disminuye la rentabilidad y competitividad de la misma. Además de esto, el flujo de abastecimiento de gas para alimentar las calderas que funcionaban con este combustible no fue regular en los últimos años. El cambio de su base energética se da en las exigencias de las certificaciones internacionales de utilización de energía renovable, como es el caso de las de biomasa forestal.

Luego de la instalación de la caldera de biomasa forestal de la empresa Gonella S.A. en la planta industrial láctea de La Ramada S.A. de Frank la empresa empezó a comprar madera de plantaciones forestales de eucaliptus y su principal proveedor es un establecimiento ubicado en “Saladero M. Cabal” de donde extraen madera de *Eucalyptus camaldulensis* para la alimentación de la caldera.

Así mismo, la empresa realizó plantaciones de esta especie y del clon del híbrido interespecífico *Eucalyptus grandis x camaldulensis* (GC 105 CIEF - H105) de la misma en campo productivo de la empresa en la localidad de Llambi Campbell, donde en este momento se están desarrollando los cultivos para un próximo aprovechamiento cuando la fábrica ya no se pueda abastecer de la plantación que se encuentra en Saladero Cabal.

En cuanto a las nuevas plantaciones realizadas es importante conocer las tasas de rendimiento y el rendimiento estimado de las mismas ya que les permitirán poder diagramar para un futuro próximo el abastecimiento diario antes mencionado, cumpliendo así con las necesidades productivas de planta de producción de leche en polvo y también para tomar decisiones de manejo de las plantaciones. Como así también, establecer las diferencias de rendimiento actual de los diferentes tipos de materiales implantados.

Con este proyecto se pretende generar información para el establecimiento, pero también esta sea compartida con diferentes productores regionales, muy

interesados en proyectos futuros de forestaciones, con destino bioenergético. Ya que se desconoce datos de comportamiento de estos materiales genéticos, en la zona de influencia.

En función de lo expuesto, como objetivo general, se desea llegar a dilucidar, que tipo de material de Eucalipto de los evaluados, es el más acertado de utilizar en futuras plantaciones dentro del establecimiento y en la zona de influencia.

Como se describirá más adelante la empresa optó por la implantación en formas de cortinas forestales, algo que no está muy difundido en la provincia de Santa Fe. Esta técnica no se ha materializada en gran medida debido a varios factores, pudiendo mencionarse entre las causas de ello la cultura agropecuaria de los productores (la actividad forestal no es tradicional), la falta de políticas claras para la implantación de bosques foresto-industriales, la expansión de monocultivos (sobre todo soja) o solo pecuaria, entre otras. Para cubrir esta necesidad es necesario destacar que: (1) constituyen una barrera física a los agroquímicos; (2) permiten generar ingresos económicos; (3) brindan una alternativa tendiente a morigerar problemas sociales suscitados en la zona de interfase (4) con producción sostenible, brindando servicios ecosistémicos y mitigación de cambio climático con captura de carbono.

Con la difusión del uso de cortinas forestales se prevé concientizar sobre su importancia para mitigar problemas socio-ambientales; por otra parte, con la investigación se aportarán datos para productores, técnicos y funcionarios públicos sobre la viabilidad técnica y el potencial de índole económica, social y ambiental de estos sistemas productivos.

Podría mencionarse también que, en una primera instancia, la implantación de la masa forestal tuvo como objeto reducir los olores generados por el tambo, generando un efecto chimenea, y posibles derivas accidentales de aplicación

correspondientes a agroquímicos, basándose en la búsqueda de una mayor armonía social. Básicamente por encontrarse en el periurbano de dicha localidad.

Otro de los objetivos empresariales, se encuentra dirigido al de proyectos de expansión de la utilización de energía renovable de biomasa forestal. Así como también, para favorecer la captura de dióxido de carbono, con fin de favorecer la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, parámetro fundamental para descarbonización y sostenibilidad de los sistemas productivos, de importancia para las cuestiones ambientales, sobre todo con especial relación al cambio climático y muy valorado por la sociedad. Siendo también un requerimiento para las certificaciones exigidas para la exportación de los productos, y además presentando la posibilidad de obtener certificaciones en producción de “leche de bajo carbono”, generando valor agregado y ampliación del mercado a la misma.

El establecimiento y la empresa láctea buscan establecer ofertas continuas de biomasa forestal con fines bioenergéticos, para su utilización en las calderas, eliminando de esta manera fluctuaciones de disponibilidad en la zona y garantizando una autonomía energética de su planta, permitiendo una economía circular y disminuyendo su huella de carbono.

Características de los cultivos forestales de eucaliptos y conceptos relacionados a la selección de la especie y materiales genéticos.

Eucalyptus camaldulensis Dehn es sinónimo de *Eucalyptus rostrata* Schlecht, pertenece a la familia Mirtácea. Es un árbol de 20 a 50 m de altura y originario de Australia. Tiene un tronco liso de color gris o marrón claro, que muestra un aspecto manchado ocasionado por los numerosos fragmentos de corteza que se caen (Mangieri & Dimitri, 1961).

Esta especie es conocida como eucaliptos colorados, los cuales, en general, se adaptan a una amplia variedad de suelos, desde arenosos hasta arcillosos y desde

profundos a superficiales. A su vez, son bastante tolerantes a la sequía, a las heladas e incluso toleran inundaciones periódicas. Su madera presenta buenas propiedades físicas y mecánicas, presentando alta densidad y dureza, los que les confiere características de alta aptitud para los fines energéticos (leña y carbón), para tableros de fibras de alta densidad y también para productos de madera sólida (parquet y muebles) (Balmelli & Resquin, 2006).

En Argentina, la forestación comercial con especies del género *Eucalyptus* ocupa el segundo lugar en importancia luego de las coníferas, siendo sus principales destinos la industria de papel y de madera sólida (Villegas & Rivera, 2002; Sánchez et al., 2005).

Las principales especies cultivadas en el país son: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. dunnii*, *E. viminalis*, *E. saligna* y *E. grandis* (Bouvet et al., 2005; Botto et al., 2012).

Además, posee una forma forestal buena, obteniéndose los mayores rendimientos en suelos fértiles, frances y profundos, neutros y sin salinidad. Estos eucaliptos son considerados como una madera multiuso, ya que además permite obtener madera de excelente calidad, la cual se destaca la utilización energética (bioenergía) debido a su alto poder calorífico. Además, es apto para triturado que se utiliza para paneles aglomerados o aserrado, tableros de fibras, postes impregnados, parquet, pisos, carpintería y construcciones rurales, partes de equipos y maquinas, marcos de aberturas, escaleras, etc. Estos materiales presentan ciertas limitantes para triturado - papel – pasta celulósica y debobinado, sin embargo, los materiales clonales de esta especie hibridados con *E. grandis* poseen mejores aptitudes para el mismo.

Conceptos relacionados a la bioenergía.

Se define como bioenergía, a la energía que se obtiene de la biomasa, a su vez, es el material orgánico que más ha sido utilizado como combustible a lo largo de

toda la historia de la humanidad. Dos de las más importantes ventajas que tiene el uso de la bioenergía son que puede sustituir a los combustibles fósiles sin provocar aumento de emisiones que producen el cambio climático, y que es la única fuente energética capaz de retar al petróleo en el mercado de los combustibles líquidos, para el sector transporte. Cabe destacar que la bioenergía es la única fuente de energía renovable que se puede almacenar tan fácilmente como el petróleo y el gas, lo cual es una ventaja económica para establecer el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía. Por lo que la bioenergía sustentable ofrece nuevas oportunidades a la agricultura, fomenta la propagación de vegetación, permite un mejor equilibrio entre desarrollo urbano y rural, y propicia un mejor manejo de espacios, bosques, reservas naturales, asentamientos humanos y actividades productivas (Sampeiro & Jiménez, 2010).

“El mundo ya empieza a renunciar al consumo del petróleo y, dentro de 15 o 20 años, el biocombustible podría cubrir la cuarta parte de la demanda global de energía” (FAO, 2007).

“La Bioenergía es una oportunidad para agregar un suministro energético al mundo para satisfacer la enorme y creciente demanda y ojalá para mitigar algunos de los efectos sobre el precio. Es una oportunidad de hacerlo de manera amigable para el medioambiente y de una manera neutral en carbono” (ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS, 2007).

La potencialidad de producción de bioenergía en la Argentina es de extrema importancia dada la alta vulnerabilidad de la matriz energética y las ventajas comparativas que presenta para la producción de vectores biológicos energéticos de diversas fuentes. Existen restricciones desde el punto de vista de la ingeniería de proceso de manera de lograr una tecnología local madura de alta confiabilidad y bajo costo (Hilbert, 2007).

En la Argentina, existen alrededor de 255.000 hectáreas implantadas de *Eucalyptus*, de las cuales un 90 % se encuentran en la Mesopotamia y *E. grandis* es la especie predominante. En este sentido, y debido a las demandas del sector y al continuo surgimiento de nuevas plagas y enfermedades, “resulta necesario el constante desarrollo de nuevos materiales genéticos” (INTA Concordia, 2019).

La extensión de su territorio y la diversidad de sus climas permiten a la Argentina poseer una importante riqueza forestal. Este patrimonio es un recurso esencial de nuestro país que contribuye al bienestar y la mejora en la calidad de vida de la población a través de beneficios tales como la regulación del clima, la biodiversidad, la protección de cuencas hídricas, la conservación del suelo, la provisión de agua y el mantenimiento de los ecosistemas. Por eso, su importancia a nivel productivo, social y ambiental es estratégica (SENASA, 2015).

La planificación integrada del uso de la tierra, que combina la producción y uso de bioenergía en estas zonas estratégicas, podría ayudar no sólo a reducir la presión sobre las tierras forestales sino también en minimizar los efectos de las lluvias y escorrentía en la erosión del suelo. Tal patrón de desarrollo de la tierra provee un marco para iniciar programas de manejo forestal sólidos con el compromiso de las poblaciones locales (Best, 1995).

Generalmente, la medición de las variables de un árbol se realiza con el objetivo final de estimar el volumen y el rendimiento de la masa forestal, para la asignación de calidades de estación, para la realización de modelos de simulación del estado de la masa, etc. (Diéguez Aranda et al, 2003).

Además según Pita (1979) la mejor manera de observar tanto el rendimiento en altura como en volumen de un árbol es mediante la comparación de inventarios.

La expansión del uso de los subproductos forestales en energía es beneficiosa ya que mejora la productividad de las plantaciones forestales; genera empleo en toda

la cadena foresto-industrial y reduce el impacto ambiental de quemar residuos forestales y de aserraderos. Constituye una estratégica fuente energética para atender demandas socioeconómicas en las diferentes regiones agroecológicas ya que es el sistema que mayor empleo genera por MW de todas las energías renovables, permitiendo el agregado de valor en las cadenas agroindustriales (AfoA, 2017).

La energía derivada de la biomasa respeta y protege el ambiente, generando nuevos puestos de trabajo, integrando comunidades energéticamente vulnerables, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero como se destacó con anterioridad, convirtiendo residuos en recursos, movilizando inversiones y promoviendo el agregado de valor y nuevos negocios en el país. La Argentina se destaca por su alto potencial energético gracias a la gran producción de Biomasa que se produce anualmente y, es en el país y puntualmente en la provincia de Santa Fe, donde ésta radica en abundancia. En comparación con la nafta hay una disminución de la emisión de dióxido entre el 45 – 75%, siendo este un dato alentador (ENERFE, 2021).

En base a lo citado anteriormente, se puede concluir que, la forestación y su estudio es una oportunidad fundamental para el sistema productivo Argentino, por presentar una alternativa laboral en auge, resultado de los actuales sistemas de producción. Basados principalmente en la sustentabilidad, pero se sabe que hoy en día, el mismo tiene que orientarse a la sostenibilidad.

Es decir, que, debido a la actual demanda de la humanidad, se pretende y espera un cambio sobre los sistemas productivos, en donde la forestación ofrece una alternativa amigable de producción, tanto a nivel ambiental, económico y social. La cuál permite diversificar los sistemas productivos actuales y aumentar la rentabilidad. También emerge como una alternativa de producción en los sistemas degradados o que, por sus características, no permiten la realización de ciertas actividades productivas claves.

Además, cabe destacar que en la provincia de Santa Fe se presentan una serie de leyes como, la ley Provincial nº 13.836 y la ley Nacional nº 25.080 conocidas como “Ley del árbol” y “Ley de inversiones para bosques cultivados” respectivamente, que actuarían como promoción para dicha actividad. Por lo que la incorporación de árboles a los sistemas agropecuarios es una forma de armonizar el medio ambiente tan alterado, recomponiendo un poco su salud, buscando revertir la situación actual (ARGENTINA AMBIENTAL, 2019; INFOLEG, 2020).

Añadir árboles al ecosistema ayudaría, no solo a la captura de carbono, sino también a la proliferación de especies animales, incorporando aves e insectos benéficos que ayudan al control de plagas, incluso ayudar a la supervivencia de animales autóctonos al incorporarse corredores biológicos o parches agroecológicos, siendo este un proyecto un poco más ambicioso, pero que atraería mayores beneficios medio ambientales y la humanidad. Así como también, en el caso de utilizarse como barreras rompe viento, se limitaría en gran medida la entrada de patógenos diseminados por él, o bien disminuir el riesgo de derivar a campos o cultivos aledaños. Al igual que al establecerse una distribución estratégica en los distintos sectores de aquellos establecimientos que se encuentren destinados a la ganadería, se mejorará, en gran medida el bienestar y confort animal, al brindar reparo y sombra ante las condiciones ambientales, cada vez más adversa. Pudiendo en base a las actuales certificaciones que presenta el mercado mejorar aún más el valor agregado a la producción. A través de lo aquí citado, lo que se busca es demostrar al productor y a la sociedad en general, como por medio de la forestación, se pueden establecer mejores sistemas productivos, combinando la sostenibilidad con la sustentabilidad, logrando armonía social, económica y ambiental.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

2. OBJETIVOS

Objetivos generales:

Generar conocimientos basado en la experiencia práctica de la actividad productiva forestal en la región central de Santa Fe, realizando inventarios para acompañar el rendimiento y desarrollo de las plantaciones forestales. Mediante la determinación de datos científicos para, evaluar y manejar plantaciones forestales con fines productivos.

Objetivos específicos:

1. Registrar datos de rendimiento y de adaptabilidad de plantaciones forestales de *Eucalyptus* sp. en la región.
2. Estimar la productividad y rendimiento de plantación forestal.
3. Realizar comparaciones descriptivas de los datos relevados de forestaciones de *E. camaldulensis* (EC. Paul) producido a partir de semilla y del híbrido clonal *Eucalyptus grandis* x *camaldulensis* (GC 105 CIEF - H105) que pueden influenciar en la productividad de las plantaciones.
4. Calcular Huella de Carbono, y mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI), a través de cultivos forestales como sumideros de Carbono

3. MATERIALES Y METODOS

Las actividades fueron realizadas en la empresa privada Lácteos La Ramada S.A., en coordinación con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral. La planta láctea, que se encuentra situada en la localidad de Franck, provincia de Santa Fe, procesa como principal distintos formatos de leche en polvo

para exportación, bajo normas que sean capaces de satisfacer los estándares más exigentes para tales fines.

Se realizaron reuniones en el establecimiento con los diferentes actores intervinientes dónde se obtuvo información relevante de la plantación forestal y determinación de metodología de trabajo, así como decisiones sobre cuestiones de manejo.

Del relevamiento de la información surge que hay un uso de un porcentaje mínimo de energías renovables como matriz energética. Como compromiso ambiental, y la posibilidad de la utilización a partir del año 2013 en base a una caldera dual a vapor, pertenecientes a la marca “Lito Gonella”, a gas natural y leña, lo que le caracterizó a la empresa a poder poseer actualmente un proceso productivo autosustentable y más autónomo (sin evitar la interrupción del proceso productivo). La empresa cuenta con un consumo de aproximadamente 60 toneladas de leña diariamente, con la planta a su máxima capacidad, obteniendo 65 tn de leche en polvo. Además de poder a través de las plantaciones forestales brindar servicios ecosistémicos forestales y capturar carbono.

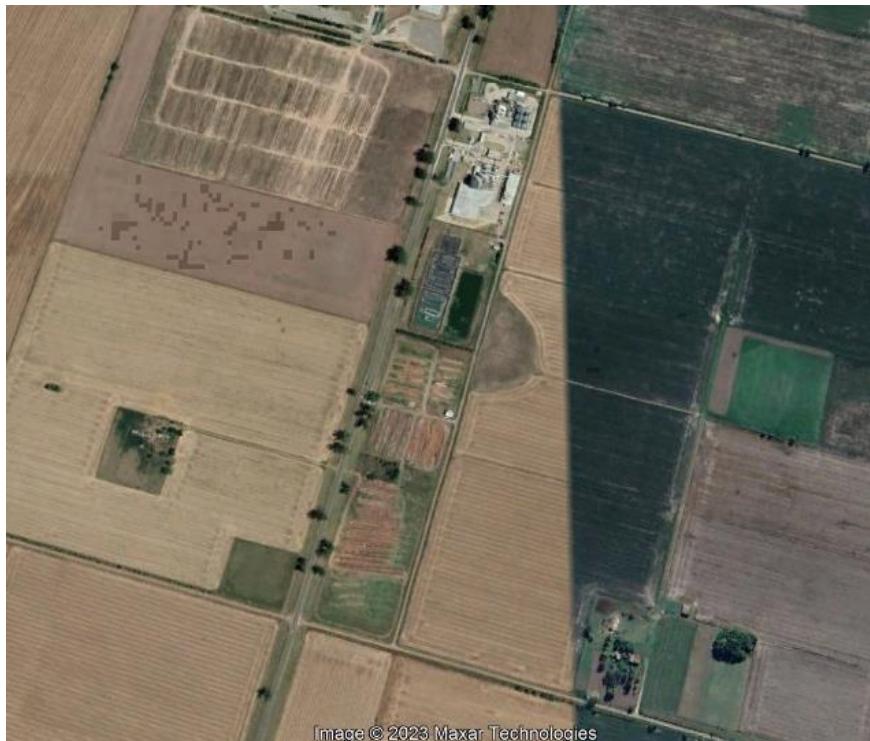


Figura 1. A). Lácteos La Ramada S. A. (Franck, 2023) Fuente: Campo Litoral – El Cronista Las Colonias. Imagen satelital de las instalaciones de lácteos La Ramada S.A. B). A la derecha stock de madera para alimentación de caldera a base de biomasa forestal cultivada (energías renovables) (Google Earth, 2023).

La leña utilizada actualmente por la empresa para la nueva caldera a base de biomasa forestal es obtenida a través de un contrato de locación, con derecho a disponer de la masa forestal, en un campo de 340 hectáreas ubicado en Saladero Cabal, Departamento Garay, Provincia de Santa Fe. El cual cuenta con un bosque

implantado, cuya tala es realizada respetando un orden de lotes. Además, la empresa cuenta con un proyecto forestal sobre campo propio ubicado en las cercanías de Sarmiento, Provincia de Santa Fe, donde tienen implantadas más de 110 hectáreas de *Eucalyptus camaldulensis*, de esta manera prevé la generación de biomasa en forma de leña a una menor distancia de la planta láctea, además del establecimiento ubicado en Llambi Campbell (Comunicación Personal, Ing. Fernández La Ramada S.A., 2020).

En la localidad de Llambi Campbell, situado sobre la Ruta Nacional N°11, km.519 la empresa posee uno de sus campos productivos. El tambo cuenta en su totalidad de 553 ha, cuyo plantel lechero, está conformado por un aproximado de 681 vacas en ordeñe, alimentadas exclusivamente a través de un sistema confinado, en galpón. El campo es lindante con la comuna y por lo tanto, se encuentra sitiado en el área periurbana de la localidad. Estas áreas de bordes urbano-rurales (BUR), o también denominada como interface urbano-rural (UR), aparecen como transición de áreas urbanas y agrícolas, situación que provoca conflictos entre los vecinos y los propietarios relacionados con el sector productivo; situación que se multiplica a lo largo de muchas localidades insertas en zonas productivas, es por ello que se tornó fundamental promover la implantación de cortinas forestales dentro del establecimiento como proveedoras de servicios sociales, ambientales y productivos (Fig. 2).

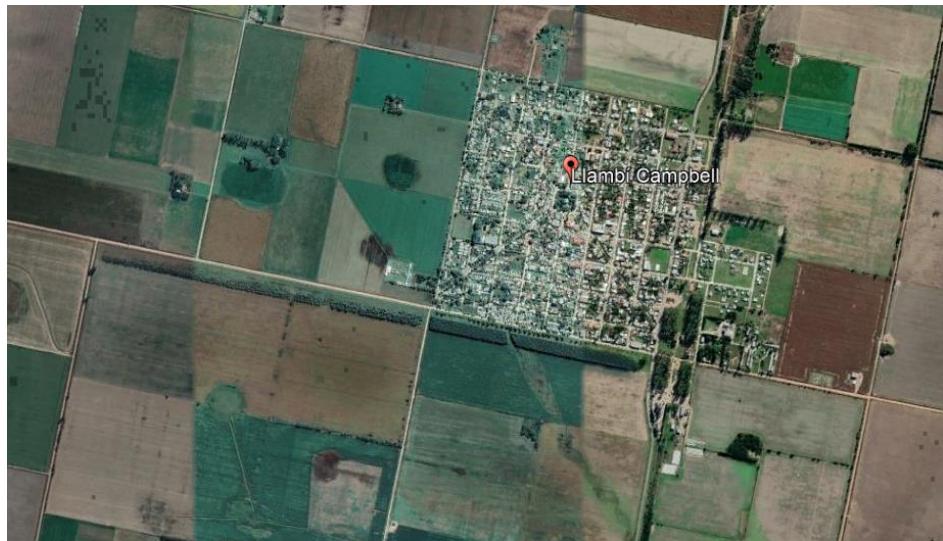


Figura 2. Imagen satelital de la plantación forestal dispuesta como cortina forestal, manifestando las delimitaciones de la comunidad de Llambi Campbell.

La empresa presenta una orientación de su producción que permite establecerla como “agropecuaria”, cuya actividad principal se centra en la producción de leche, así como también, participa en la producción de granos, pasturas y comercialización de hacienda.

A partir de fines del año 2016, el establecimiento empezó la plantación forestal en forma de cortina forestal de protección perimetral en sistema de Bordos Urbanos-Rurales (BURs) y producir *Eucalyptus camaldulensis* de semillas y clones de *E. grandis* x *camaldulensis* (H105) con fines ambientales como barrera mecánica de posibles derivas de agroquímicos y para la captura de carbono, a fin de producir leche con baja emisiones de carbono (C) y también con fines comerciales maderables, siendo la producción de bioenergía el principal destino.

La principal característica que destaca esta plantación, según su ubicación, es la menor distancia con la planta procesadora (69 kilómetros), lo que genera una disminución de costos, tiempos operativos y logísticos para su aprovechamiento, brindando competitividad al sistema. Este dato de relevancia, surge porque, actualmente la provisión de madera para la caldera, supera los 200 kilómetros de distancia, elevando los costos productivos.

Los cultivos forestales se encuentran implantados sobre suelos productivos de la empresa, caracterizados por pertenecer a la Unidad Cartográfica (UCAR) ESP-15 (Esperanza), cuyo un índice de productividad (IP) es de 63, excepto la parte asignada a la plantación clonal correspondiente al sector periurbano (BUR), que corresponde a la Unidad Cartográfica RDA-08b (Rincón de Ávila), cuyo Índice de Aptitud (IAT) es de 64, el cual presenta características de buen drenaje, así como también establecer que, el terreno presenta una pendiente hacia el Rio Salado (la cual es superior al 1 %) y áreas de bajos, aspectos que deben ser considerados, para evitar erosión del suelo. Destacando que los mismos presentan limitaciones en cuanto a excesos de humedad, drenaje deficiente o peligro de inundación, así como también, la presencia del nivel freático elevado y subsecuentemente problemáticas relacionadas a deficiencias de oxígeno. Además, en el bajo salino sódico, presenta restricciones que indica que es un suelo con limitaciones presentes en la zona radicular, pudiendo vincularse a la salinidad, impedimentos a la penetración de las raíces, sodicidad, etc. (INTA, 1991; Geointa, 2022).



Figura 3. Imagen satelital de la plantación forestal dispuesta como cortina forestal, manifestando las delimitaciones de los dos tipos de multiplicación de la especie *Eucalyptus* en el establecimiento productivo de La Ramada S.A. en la localidad de Llambi Campbell (Google Earth, 2022).



Figura 4. Imagen satelital de la plantación forestal sobre camellones con material clonal en el establecimiento productivo de La Ramada S.A. en la localidad de Llambi Campbell (Google Earth, 2022).

El campo, en el cual se establece la práctica, cuenta con casi 20 hectáreas destinadas a la forestación, sobre las que se establecieron bosques cultivados de *Eucalyptus*, descriptos a continuación.

En la Fig. 3 se puede observar la plantación forestal en bordos o cortinas urbano-rural (área periurbana), hacia la izquierda los individuos correspondientes a la multiplicación a través de semillas y hacia la derecha los materiales clonales, situados en el establecimiento productivo de La Ramada S.A. de Llambi Campbell.

Los materiales genéticos utilizados fueron adquiridos en Paul Forestal, ubicado a la localidad de Berduc, Entre Ríos, situado sobre la ruta 14 km 192 (PAULFORESTAL 2017).

Parte del macizo forestal se encuentra situado en la periferia del campo, cumpliendo el rol de “cortina forestal”, la que presenta una densidad de plantación de cuatro (4) metros entre líneas, por dos (2) metros entre plantas (es decir, 4x2 metros) dando una cantidad total de 1.250 árboles por hectárea implantada, considerando que fue llevada a cabo en 13 hileras continuas. Evaluándose de esta manera, los lotes correspondientes al material de propagación clonal “H105”, cuya superficie ocupa un total de cinco (5) hectáreas ubicadas en forma de cortina forestal, las cuales fueron implantadas en el mes de noviembre del año 2016. También presenta ocho (8)

hectáreas sobre camellones, situada hacia el oeste. Y la otra constituida por un total de siete (7) hectáreas correspondientes a la propagación por semilla, está implantada en el mes de enero del año 2017, también en forma de cortina. Por lo tanto que las plantaciones presentaban una edad de 6 y 7 años al momento del inventario forestal respectivamente.

Los materiales genéticos utilizados en las plantaciones forestales son el clon H105 (*Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*) -) y *E. camaldulensis* de semillas.

La estimación del rendimiento de la plantación, es un parámetro fundamental, que permitiría determinar los rendimientos para estimar y diagramar, el abastecimiento al sistema productivo.

Los materiales utilizados en las plantaciones se pueden clasificar, según el método de obtención, en:

Materiales de Semillas: *Eucalyptus camaldulensis* (EC. Paul). Aptos para zonas áridas o semiáridas y resiste tanto condiciones de extrema sequía como inundaciones periódicas, tolera suelos salinos y se adapta a subsuelos con terreno arcilloso. Menos susceptible a heladas que los *E. grandis*. Alta plasticidad. En contraparte es susceptible al ataque de la avispa de la agalla (*Leptocybe invasa*) y psílido del escudo (*Glycaspis brimblecombei*). Posee rendimiento más lento en comparación a *E. grandis*.

Materiales de Propagación Clonal: *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* (GC, 105 CIEF, o “CLON H105”). Notable rendimiento en sitios de suelo pesados y zonas frías. Presentan características silviculturales de interés por resaltar la productividad y forma de fuste del *E. grandis* y la alta plasticidad y tolerancia del *E. camaldulensis* a

condiciones edafoclimáticas características de la región central santafesina (heladas, sequías, suelos salinos, mal drenados, arenosos, etc.).

Desarrollo de las actividades realizadas.

El desarrollo del Trabajo Final Integrador (TFI) se basó en el seguimiento del cultivo forestal de diferentes materiales genéticos de eucaliptos, en diferentes sitios de la empresa Lácteos La Ramada S.A. quien se encuentra en la dirección técnica de la empresa, Ing. Agr. Duilio Durigon y de la asesora en el presente trabajo final integrador, y representante de la cátedra de Dasonomía de la FCA-UNL, Dra. Jonicélia Araujo.

Entre las principales actividades desarrolladas se destaca la obtención de datos relacionados al rendimiento y rendimiento del cultivo y la evaluación de parámetros cuantitativos y cualitativos del mismo (Fig. 3 y 4).

Las ubicaciones de los árboles a cuantificar se establecieron de manera georreferenciada por medio del programa Google Earth Pro (2021-2022), para posteriormente ser relevados a campo y poder ser analizados con un marco estadístico. A su vez, la determinación del número de individuos a relevar fue establecida por las Cátedras de Dasonomía, Cultivos Intensivos y de Estadística de FCA-UNL. La misma se estableció siguiendo un sistema de aleatorización, considerando siempre que su selección sea lo más representativa para la superficie asignada al estudio.

Evaluándose en el bordo urbano rural (BUR / periurbano), (también denominada cortina forestal Interface urbano rural UR) la plantación con materiales originados de propagación clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* (CLON H105) relevándose 17 parcelas constituidos por 45 árboles cada una, obteniendo un total de 765 árboles (Fig. 5). Para el caso de la plantación en bordo urbano rural de

materiales de semillas de *E. camaldulensis* 13 parcelas compuestos de 45 árboles totalizando 585 árboles (Fig. 6). Mientras que en la plantación en bajo salino sódico ubicado en las proximidades del Rio Salado y las instalaciones del Tambo de la institución establecido por materiales clonales del CLON H105 10 bloques de 45 árboles, totalizando 450 árboles relevados en esta plantación (Fig. 7). Con dicha información se procedió a la observación y medición de las parcelas con sus respectivos árboles dentro de cada área de cultivo.



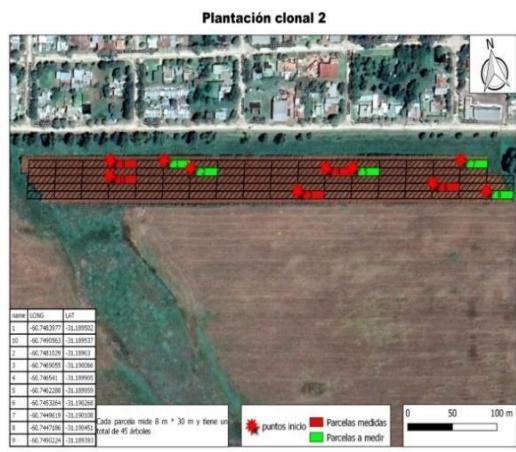
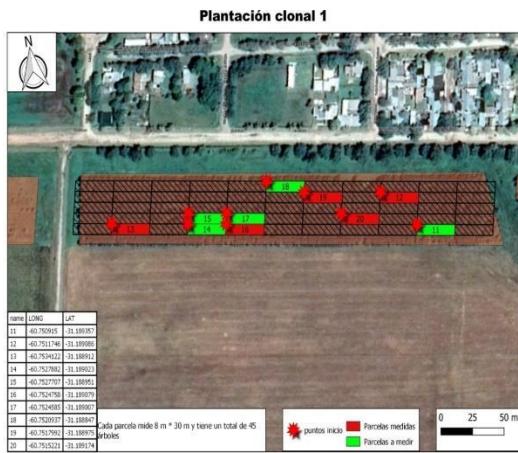
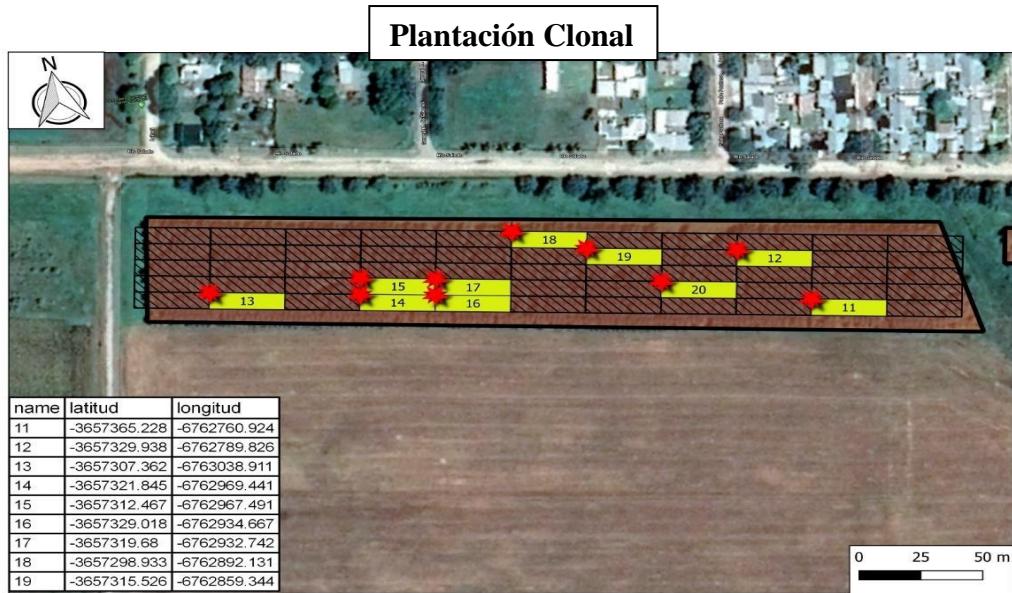




Figura 5: Distribución de las parcelas de plantación forestal de multiplicación tipo clonal, determinadas mediante el programa estadístico R (R Core Team, 2022) y el programa de geo-posicionamiento Google Earth Pro (Google Earth Pro, 2022).



Figura 6: Distribución de las parcelas de plantación forestal de multiplicación tipo semilla, determinadas mediante el programa estadístico R (R Core Team, 2022) y el programa de geo-posicionamiento Google Earth Pro (Google Earth Pro, 2022).



Figura 7. Distribución de las parcelas de plantación forestal de multiplicación tipo clonal ubicada en el área tambo (bajo salino), determinadas mediante el programa estadístico R (R Core Team, 2022) y el programa de geo-posicionamiento Google Earth Pro (Google Earth Pro, 2022).

Los instrumentos utilizados a campo, para la obtención de datos de la altura del árbol fueron, de un clinómetro de marca HAGLOF modelo EC II,, que fue brindado por la catedra de Dasonomía (FCA-UNL) calibrándose para la toma de datos a una distancia de 8 metros de cada árbol o individuo para su medición (Fig. 8, 9 y 10). También en diversas oportunidades para conocer su funcionamiento se descargó una aplicación móvil (para su utilización a través del celular) denominada (Clinômetro Florestal® iTech Desenvolvimentos), siendo esta última utilizada solo en algunos árboles de cada parcela (Fig. 10).

Para la obtención del diámetro a la altura de pecho (DAP) se utilizó una Forcípula forestal (también brindada por la cátedra de Dasonomía), cuya metodología de lectura consistió en medir a ambos lados del fuste (opuestas entre sí) y posteriormente se cuantificaba su promedio (Fig. 8 y 11).



Figura 8. Mediciones forestales de parámetros de rendimiento de altura y DAP. A- Utilización de forcípula forestal en mediciones de diámetro (DAP); B- Clinómetro digital para mediciones de alturas de los árboles.

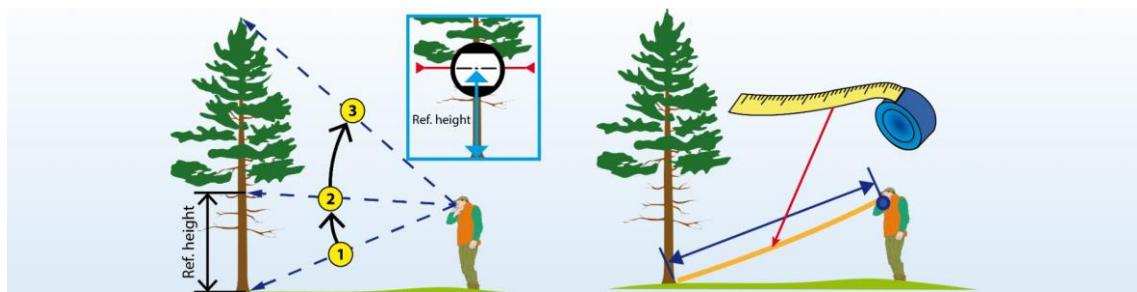


Figura 9. Imagen representativa de medición de la altura de los rodales (m), mediante la utilización del Clinómetro de marca HAGLOF modelo EC II (Manual de usuario del dispositivo).



Figura 10. Instrumentos para las mediciones forestales de parámetros de rendimiento de altura. A- Clinómetro digital para mediciones de alturas de los árboles; B- Aplicación Clinômetro Florestal® de Smartphone para mediciones de altura de los árboles.



Figura 11. Utilización de forcípula forestal para la medición del diámetro a la altura de pecho (DAP), de los distintos rodales dentro de las parcelas asignadas .

Cabe destacar que los resultados obtenidos luego de cada medición las cuales se realizaron en el mes de mayo del año 2022, fueron registrados de manera primaria, a través de una planilla de campo y escrito de manera manual. Posteriormente fueron

digitalizados los datos en computadora mediante la utilización de la planilla EXCEL, en oficina.

Paralelamente al relevamiento para la obtención de datos a través de las distintas mediciones realizadas, se llevaron a cabo una serie de monitoreos y determinación de diversas plagas, pudiéndose observar la presencia de hormigas cortadoras y loros. Cabe destacar que no se visualizaron nidos de loros en los árboles de la plantación, factor que puede encontrarse ser atribuido a la densidad de plantación o edad y altura de los individuos. Tampoco fue observada la presencia de liebres.

En las plantaciones de semilla en cortina y del bajo clonal se pudo observar gran abundancia de malezas, principalmente gramíneas y de porte arbustivo, tanto dentro como en la periferia de las plantaciones, siendo la plantación de semilla en cortina la que presentaba mayor abundancia, seguida de la del bajo clonal (Clonal Tambo) (Fig. 12). Sin embargo, la plantación clonal en cortina forestal (BUR) presentaba baja presencia de malezas.



Figura 12. En las dos imágenes superiores puede observarse la presencia de malezas en los rodales y en las dos inferiores los hormigueros correspondientes a las hormigas cortadoras (Llambi Campbell, 2022).

A partir de las mediciones dasométricas realizadas en el rodal, se procedió a la obtención del “área basimétrica” que corresponde a la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura de pecho (1.3 metros). La misma (que se expresa de manera matemática como **AB**) será determinada mediante su DAP, utilizando la formula **AB =π/4 x d²**. En donde “**AB**” es el área basal expresada en m² y “**d**” es el Diámetro a la Altura de Pecho (DAP).

El área basal es definida como la suma por unidad de superficie, de todos los fustes a nivel del DAP, es otra expresión combinada de DAP y número de áboles. Las dos expresiones - área basal y diámetro medio cuadrático- son equivalentes y se utilizan como índices de densidad (Husch et al., 1993).

Así mismo debe considerarse que, el fuste de un árbol es un cono (y no un cilindro), por lo que presentará una variación del diámetro a medida que aumenta la altura, es decir, que a medida que aumenta la altura del árbol disminuye su diámetro. En función de ello se utiliza un valor de ajuste conocido como “**coeficiente mórfico**” (expresión entre dos diámetros medidos a alturas diferentes del tronco) que permite ajustar dicho error de cálculo. Permitiendo obtener el volumen real del fuste de cada árbol. Para dicho cálculo se debe dividir el fuste en 3 (tres) proporciones, tomando las medidas correspondientes al 25%, 50%, 75% del largo total y de cada sección se mide el diámetro a cada extremo, luego se realiza una resta entre el diámetro de mayor tamaño y el de menor tamaño. Obteniendo de cada sección un coeficiente distinto, que en su conjunto integraran el “promedio del coeficiente mórfico”.

Para los cálculos dasométricos, se utilizó los siguientes coeficientes de ajustes obtenidos a través de material bibliográfico generado por la Catedra de Dasonomía, FCA-UNL/ INTA y Unión agrícola de Avellaneda (UAA) (Zechín, 2018): Coeficiente mórfico Clon H105 de 0,7418 y Coeficiente mórfico Semilla de 0,775. Los cuales se

tomó la decisión por parte de la asesora acompañante, de utilizar estos valores, ya que se encuentran dentro del marco de trabajo de la cátedra. Por diferentes materiales bibliográficos y experiencias técnicas, un valor de mayor utilización para estos tipos de cálculos si no son determinados a campo, rondaría en 0,6.

Por último, se estimó el volumen del fuste a través de fórmula:

$$\text{Vol. Del fuste} = AB \times h \times f$$

En donde h = altura del árbol y f = el coeficiente mórfico.

Se comparó el coeficiente de forma (CF) de la FCA-UNL con datos de bibliografía (Benítez 2017) y en base a funciones de volumen regionales (Martínez, MS 2022), basadas en dap y h , considerando el valor el árbol medio para cada material genético. Esto indica que el CF que se utiliza en el presente estudio origina sobreestimaciones de volumen. Dada la imposibilidad de contar con esta información al momento de elaborar el TFI, se tomó la decisión de emplear los coeficientes proporcionados.

Calculo de Huella de Carbono

El sistema lechero correspondiente al tambo de 553 ha, está comprendido por 681 vacas en ordeñe (VO) alimentadas exclusivamente a través de un sistema confinado, en galpón.

Para el cálculo de la HC se recolectó información del sistema productivo para el ciclo julio 2019 - junio 2020. Y para la estimación de las emisiones de GEI (E/ha) y la HC desde la cuneta hasta la tranquera, y se utilizó la metodología propuesta por el IPCC (2019) (Tier 2 para fermentación entérica y manejo de excretas; Tier 1 para aplicación de fertilizantes, excretas y residuos). Las emisiones totales de GEI se expresaron en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) teniendo en cuenta los potenciales de calentamiento global (PCG) de cada gas y asumiendo un horizonte temporal de 100 años. Se evaluaron 2 valores diferentes de PCG: 28, 265 y 1 para el

CH₄, N₂O y CO₂, respectivamente (IPCC, 2007) y 25, 298 y 1 para CH₄, N₂O y CO₂, respectivamente según IPCC (2013).

Para calcular el volumen de carbono (C) en forma de biomasa forestal, se llevó a cabo el cálculo de volumen de fuste (m³/ha), el volumen total (m³/ha), la biomasa de fuste (Brown 1997), la biomasa aérea (t/ha) (IPCC 2003) y radicular (t/ha) (considerando una relación media entre biomasa bajo/sobre el suelo de 0,28), la biomasa total (t/ha) como la suma entre la aérea y radicular, y por último se calculó el carbono total aéreo (tC) considerando un factor de C en biomasa de 0,5. Para calcular el volumen de carbono (C) en forma de biomasa forestal, se llevó a cabo el cálculo de volumen de fuste (m³/ha), el volumen total (m³/ha), la biomasa de fuste (Brown 1997), la biomasa aérea (t/ha) (IPCC 2003) y radicular (t/ha) (considerando una relación media entre biomasa bajo/sobre el suelo de 0,28), la biomasa total (t/ha) como la suma entre la aérea y radicular, y por último se calculó el carbono total aéreo (tC) considerando un factor de C en biomasa de 0,5. Estos valores fueron tomados para cada uno de los materiales utilizados.

Para transformar C en CO₂e se utilizó el factor de 3,667 (IPCC, 2019). Para poder llevar a cabo estos cálculos, durante el año 2022, dónde los árboles poseían apenas 6 años, se recolectó información sobre la densidad de árboles, siendo los valores de la densidad básica utilizadas para el CLON H105 de 572 kg/m³ y de *E. camaldulensis* de 660 kg/m³ (Zechín, 2018). El diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (HT) fueron tomados como mencionado anteriormente en este trabajo.

4. RESOLUCION DEL PROBLEMA:

Resultados de evaluaciones de plantaciones clonales y no clonales de plantaciones forestales en diferentes sitios de cultivo en el establecimiento de La Ramada S.A.

Luego del procesamiento de la información recolectada en el establecimiento, se determinó que la forestación clonal, en la cortina del periurbano, presento un porcentaje de pérdidas de 8,1% y en la forestación clonal en bajo salino sódico de 26,2%. Mientras que para la forestación de semilla fue de 34.5%.

Según la imagen satelital (Fig. 3) y los datos arrojados por el inventario los individuos de multiplicación de semilla presentan una baja cobertura vegetal, debido a la alta tasa de mortalidad (pérdida de plantas), y también se puede observar un gradiente de pérdidas de plantas que aumenta en sentido noroeste, esta observación condujo una serie de hipótesis: (1) de que las menores tasas de rendimiento inicial no permitieron un buen arranque de los plantines y por consiguiente estos tenían mayor susceptibilidad a condiciones adversas del ambiente (sequías, incidencia de plagas como hormigas, heladas, etc.); (2) cuestiones de logística de implantación del cultivo que ocasionaron demora en la plantación, exponiendo el material a un mayor estrés hídrico (3) influencia de variable de aptitud de suelos (4) de posible deriva accidental ocasionada de aplicaciones de herbicidas en los lotes de otros productores aledaños al establecimiento que se encuentran destinados a cultivos extensivos. (5) Perdidas de plantas por el ataque de hormigas, por un deficiente control de esta plaga y un aumento de la incidencia de malezas, por similares deficiencias. Cualquiera de las hipótesis son factores que pueden haber influyendo en la misma.

En la Tabla I se puede observar los principales datos y resultados de las plantaciones forestales analizadas.

Tabla I. Resultados dasométricos de diferentes cultivos forestales, en diferentes sitios y con la utilización de diferentes materiales genéticos al momento de la medición, con una edad de plantación de 6 años.

Parámetros Dasométricos	BUR Clonal	BUR Semilla	Clonal Tambo
Sección normal (m ²)	0,0262	0,0134	0,0118

Volumen del fuste (m ³)	0,349	0,0835	0,0855
Volumen total/ha (m ³ /ha) *	436,34	104,4	106,82
Área basimétrica (G) (m ² /ha)	32,86	16,84	14,85
Densidad de plantación (4 x 2m)	1.250	1.250	1.250
Volumen total/ha (m ³ /ha) **	401,19	68,38	78,81

Nota: Tabla obtenida mediante la herramienta EXCEL y formulas pertinente de cubicación de rodal, donde se visualizan los distintos resultados de interés dasométricos de cuantificación.

*Estimación de volumen si no se habrían producido perdidas de individuos **Volumen Real determinado por mediciones. *** Según correcciones, hay sobreestimación de volumen.

En las figuras 13 y 14, se pueden observar los volúmenes totales promedio nacional según rango de edad y los resultados de volúmenes obtenidos en este trabajo respectivamente.

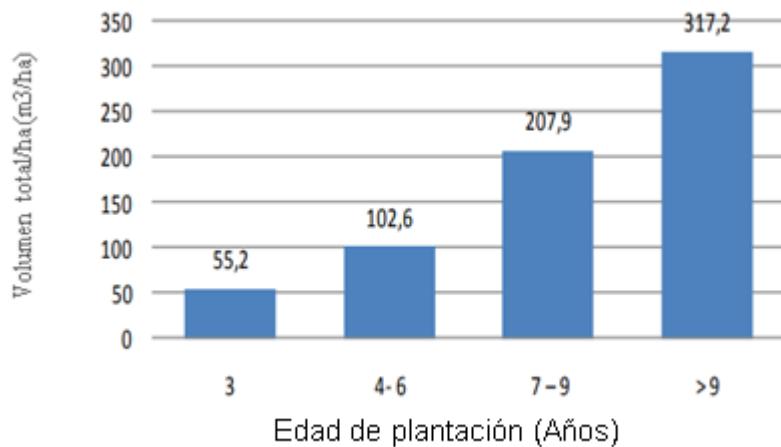


Figura 13. Volumen total promedio de madera de *Eucalyptus grandis* (m³ /ha), según rangos de edad, obtenida a través del Inventario Nacional de Plantaciones Forestales (2017).

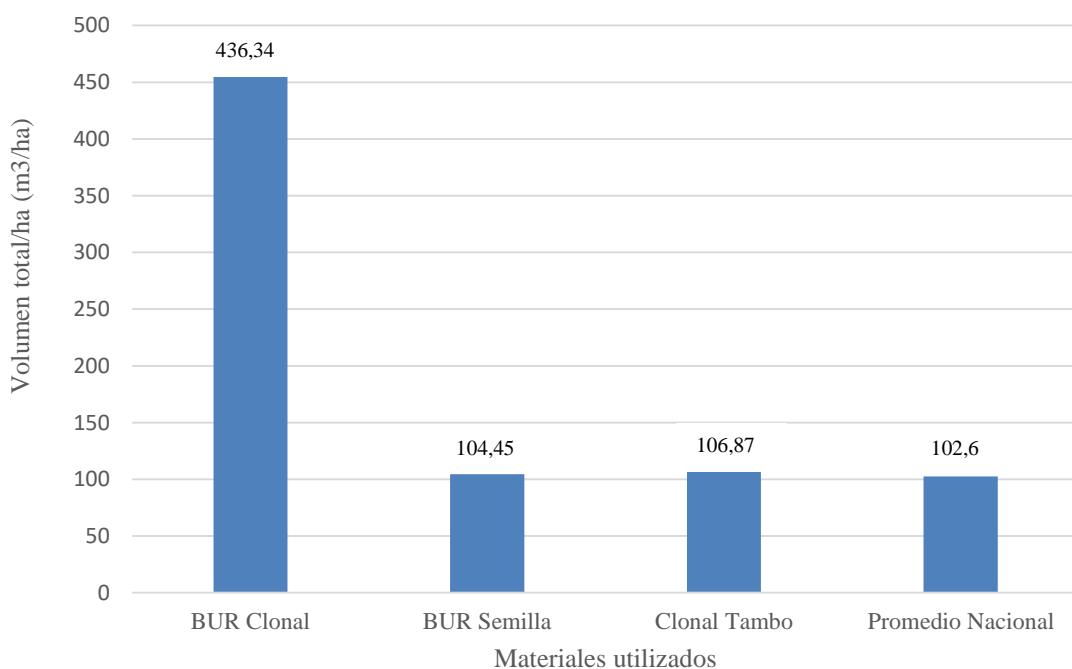


Figura 14. Volumen total de madera de *Eucalyptus sp.* (m³/ha) a los 6 años de edad en plantaciones del establecimiento La Ramada S.A. en Llambi Campbell y el volumen total del promedio nacional de *Eucalyptus grandis* obtenido a través del Inventario Nacional de Plantación Forestales (2017).

Se utiliza como datos comparativos, los datos nacionales del Inventario Nacional, debido a que la plantación bajo estudio se encuentra en una zona que carece de plantaciones forestales de similares desarrollos, ya que la provincia de Santa Fe aún no se encuentra con una producción forestal constante. Las plantaciones que se encuentran, son de muchos años, con escasos manejos silvícolas, y las restantes se han realizado en años posteriores a la analizada. Es por ello que se toma estos valores de referencia, meramente descriptivos.

En la Tabla II y en la Fig. 15 se pueden observar los datos promedios de DAP y Altura encontrados en las diferentes plantaciones evaluadas.

Tabla II. Promedios de diámetro a la altura de pecho (DAP) y de altura, entre los diferentes tipos de materiales y sitios productivos evaluados.

Plantación Forestal	DAP (cm)	Altura (m)

Cortina periurbana clonal	18,3	17,9
Cortina periurbana semilla	13,1	8
Clonal Tambo	12,3	9,7

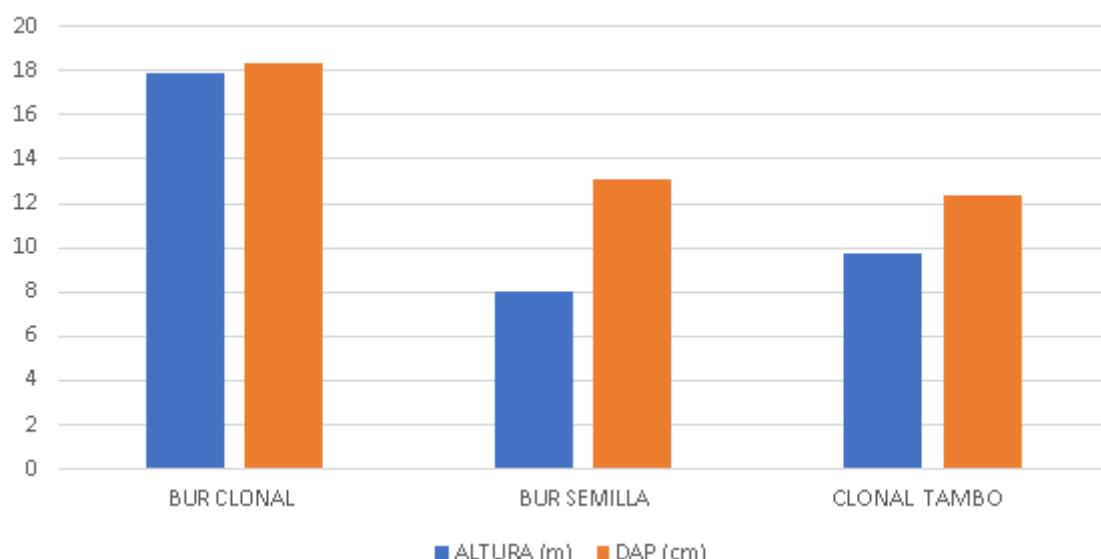


Figura 15: Comparación y evaluación de promedios de rendimiento de altura y DAP de materiales genéticos en diferentes sitios de cultivo forestales.

En las Tablas III y IV se detallan los datos de Altura y DAP encontrados en las diferentes plantaciones evaluadas y la relación entre los promedios y valores máximos y mínimos de cada una de las variables analizadas.

Tabla III: Variables de altura para diferentes plantaciones.

TRATAMIENTO	Altura			
	Variable	Media	Mín.	Máx.
BAJO SALINO CLONAL	ALT (m)	9,71	3,2	21
BUR CLONAL	ALT (m)	17,88	11,7	23,9
BUR SEMILLA	ALT (m)	8,03	1,1	19,2

Tabla IV: Variables de diámetro (DAP) para diferentes plantaciones.

TRATAMIENTO	DAP			
	Variable	Media	Mín.	Máx.

BAJO SALINO CLONAL	DAP (cm)	12,35	2,5	29,3
BUR CLONAL	DAP (cm)	18,3	16	24,7
BUR SEMILLA	DAP (cm)	13,13	1	30

El análisis estadístico se realizó mediante el software estadístico (R Core Team, 2022). Se ajustó un modelo mixto, utilizando las parelas y los lotes principales como efecto aleatorio, con la función “lme” del paquete “nlme” (CRAN, 2022). Para los efectos significativos, se empleó el test de la diferencia mínima significativa (LSD), con un nivel de significancia del 10%.

Resultados de comparaciones de medias del Clon H105 entre Plantaciones en Cortina Clonal (BUR) y Plantaciones en suelo salino (Clonal Tambo).

Para la variable altura, el análisis estadístico indica que la diferencia de altura entre el mismo clon en los diferentes suelos es significativa, a favor del mejor suelo ($p<0,0001$), lo mismo ocurre con la variable DAP ($p<0,0001$) (Tabla V).

Tabla V: Medias de resumen para las variables de ALTURA y DAP de plantaciones clonales, obtenido mediante análisis estadístico a través del Programa R.

	Min.	Cuartil 1	Mediana	Media	Cuartil 3	Máx.	Desvío
ALTURA	8,57	10,04	17,07	14,85	17,95	20,15	4,14
DAP	10,75	12,87	17,72	16,06	18,41	20,01	3,05

Resultados de comparaciones de medias entre Plantaciones en Cortina (BUR) de *E. camaldulensis* de semilla y Clonal (H105) en bajo salino.

Para la variable altura, el análisis estadístico indica que la diferencia de altura entre materiales clonal vs semilla es significativa ($p=0,004$), pero no se encontraron diferencia significativa en la variable DAP ($p=0,29$) (Tabla VI).

Tabla VI: Medias de resumen para las variables de ALTURA y DAP entre plantaciones de semillas y clonales, obtenido mediante análisis estadístico a través del Programa R.

	Min.	Cuartil 1	Mediana	Media	Cuartil 3	Máx.	Desvío
ALTURA	6,122	7,501	8,889	8,764	9,820	11,482	1,47
DAP	9,977	11,931	12,464	12,812	13,356	16,652	1,83

Fue observado en el rodal clonal ubicado en la zona cercana al tambo (bajo salino) datos de sobrevivencia de plantas, rendimiento y desarrollo inferiores con respecto a los clonales ubicados en las áreas productivas del establecimiento (cortina clonal-BUR) lo que muestran la influencia de la aptitud y características del suelo en la productividad y rendimiento de la plantación, sin embargo, los porcentajes de pérdidas de plantas en 6º año es aceptable y se acerca a valores promedios de reposición de plantas (10 a 20%), además la plantación en bajo salino con este material clonal ha presentado resultados aproximados al promedio nacional encontrados en el inventario Nacional de Plantaciones Forestales para *E. grandis* (2017) (Fig. 13), a pesar de ser cultivados sobre un terreno, bajo inundable, salino sódico. Este es un aspecto a destacarse y de fundamental importancia para la implantación de cultivos forestales en suelos marginales (halomórficos).

Al comparar los resultados obtenidos entre la plantación clonal (Fig. 13 y 14), con los de tipo semilla se puede concluir que, el rendimiento de los primeros ubicados como cortina forestal, tuvieron rendimientos y desarrollos óptimos, superiores a los promedios nacionales, permitiendo expresar el potencial de este tipo de material genético en la ecointesificación de cultivos forestales. Para el caso de la plantación clonal ubicada en el bajo, esta expresión fue menor, pero se relacionan directamente con las condiciones y características de las limitantes para la realización de los cultivos de este tipo de suelo, el cual se destaca por estar ubicado en el bajo con problemáticas de drenaje (áreas inundables con y sin desagüe), además de ser salino-sódico.

La plantación ubicada en la sección del bajo ha presentado un menor DAP que los de semilla en cortinas periurbanas, sin embargo, la utilización de materiales clonales, en suelos dichas limitantes para el rendimiento y desarrollo de los cultivos anteriormente mencionados, presentaron una mayor altura y un menor porcentaje de pérdidas en relación a las plantaciones de semillas en cortinas de periurbano cultivados en áreas productivas de suelos de mejor clasificación. Estas mayores tasas de rendimiento y rendimiento de cultivo se dan por los beneficios brindados por la utilización de la silvicultura clonal (Tablas II a IV y Fig. 14).

El mayor valor de DAP encontrado en la plantación de semillas posiblemente se debe al cambio en la densidad de la plantación, ocasionada por el elevado porcentaje de pérdidas de plantas en la misma, lo que, generó un aumento en la entrada de luz y promovió mayor rendimiento en diámetro de lo mismo (Tabla IV).

Se puede visualizar en las tablas II a IV y figuras de 13 a 16 , las grandes diferencias entre las plantaciones en altura, DAP, homogeniedad, porcentaje de pérdidas, presencia de malezas, desrame natural, etc. Es decir, que los resultados obtenidos por medio del relevamiento a campo de seguimiento anual del cultivo, indican que existen diferencias entre materiales genéticos y sus respuestas a las diferentes clases de suelo, que se expresan en rendimiento y concretamente en productividad. Pudiendo concluir que, al utilizar el clon H105 se obtendrán mayores rendimientos, con respecto al *E. camaldulensis* de semilla de esta procedencia . También se pudo observar que al utilizar material clonal tolerantes en ambientes restrictivos para otros sistemas de producción, se estará agregando valor al sistema, aumentando la rentabilidad, aspecto de fundamental importancia, debido a las circunstancias económicas que actualmente se encuentra atravesando el país, además de generar puestos de trabajo y mejorar el desarrollo regional. Sin dejar de mencionar los beneficios ambientales, sobre modo especial en captura de carbono y

aspectos relacionados al bienestar animal, conllevando a impactos positivos y una alternativa para integrar y permitir generar sistemas productivos más sostenibles.

En la Figura 14 puede observarse el volumen total por hectárea obtenidos de todos los materiales de eucaliptos del establecimiento de la Ramada S.A. el cual se compara con el promedio nacional obtenido a través del inventario antes mencionado, donde cabe destacar que el mismo se basa en la plantación de *Eucalyptus grandis*, los cuales presentan un rendimiento superior al de los *Eucalyptus camaldulensis*, demostrando que los rendimientos obtenidos en el establecimiento son muy favorables. Así como también, los encontrados en el bajo salino, expresando la potencialidad de clon es tolerante para ambientes con estas limitantes. Para el caso del BUR Clonal, el rendimiento supera ampliamente el promedio, destacando el vigor y rendimiento del clon H105 en sitios productivos.



Figura 16: Plantaciones Forestales La Ramada: **A.** Plantación BUR CLONAL. **B** BAJO SALINO CLONAL ubicado en la cercanía al tambo. **C.** Plantación de SEMILLA.

En la figura 16, se puede observar, como el BUR Clonal, al presentar un mayor rendimiento y desarrollo con respecto a los demás cultivos, produce árboles más altos, de mayor diámetro y de mayor homogeneidad, y eso en el mismo plazo de tiempo. Lo que permite aumentar el rendimiento por unidad de área (ha). Además, tiende a ser, por su rápido rendimiento y desarrollo, menos propensos el ataque de plagas y patógenos, así como, menos susceptibles a condiciones climáticas adversas como sequías y heladas. Al mismo tiempo, al cubrir rápidamente el lote, evita el rendimiento de malezas. Mientras que para el Clonal, desarrollado en el ambiente salino-sódico el rendimiento es menor, debido a las condiciones restrictivas, lo que implica una incidencia media de malezas y patógenos, si se compara con la última imagen correspondiente a la plantación de semilla, donde puede observarse claramente como la incidencia es mayor, debido a la faltantes de plantas, lo cual se debe a que, el vigor de rendimiento con respecto al clonal es menor, además que depende de más condiciones que deben asegurarse para la implantación, siendo esta última propensa al ataque de patógenos y plagas, así como también más susceptible a las condiciones climáticas adversas.

Resultados en cuanto a la medición de la Huella de Carbono (HC)

Los datos obtenidos en este trabajo se utilizaron también para calcular Huella de Carbono, cumpliendo así con el compromiso de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI), a través de cultivos forestales como sumideros de Carbono (que son vinculados al sector ganadero de la empresa). Para lo que se realizó un estudio, con el objetivo de evaluar la huella de carbono (HC) y el balance de carbono (BC) en este sistema intensivo de producción de leche.

Los valores encontrados de emisiones totales de GEI fue de 5.520 TnCO₂eq.año⁻¹ y de 9,98 TnCO₂eq.ha⁻¹, según metodología de IPCC 2013, mientras en los árboles evaluados se encontraron los valores que se pueden observar en la Tabla VII.

Tabla VII. Resultados de valores dasométricos y referentes a biomasa y de Carbono encontradas en todos los árboles evaluados en los cultivos forestales del tambo de La Ramada S.A. de Llambi Campbell.

AB (m ²)	VF (m ³)	BF (Kg/ha)	BF (t/ha)	BA (t/ha)	BR (t/ha)	BT (t/ha)	Carbono (t/ha)
25,84	159,18	85955,86	85,96	292,25	81,83	374,08	187,04

Referencias:

Área basal (m ²)	Volumen de fuste (m ³)	Biomasa de fuste (kg/ha)	Biomasa de fuste (t/ha)	Biomasa de aerea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Bioma sa total (t/ha)	Carbono (t/ha)

El valor de CO₂e en biomasa obtenido serán utilizados para calcular HC por kg de leche corregida por grasa y proteína (LCGP), el BC y la contribución de la compensación de carbono por año.

Los incrementos en biomasa de cada plantación fueron directamente proporcionales a los incrementos de Carbono y en función de los resultados encontrados se pudo observar que existe un gran potencial de reducir la HC de la leche, a través de la plantación de especies arbóreas. De modo especial, a través de plantaciones clonales, y más aún en mejores sitios productivos y con menores restricciones de cultivo, sin embargo, se presenta también oportunidades de hacerlo en áreas marginales utilizando el material genético adecuado a estos sitios.

Es importante continuar evaluando el potencial de secuestro de carbono en forma de biomasa arbórea, como estrategia de mitigación de GEI en sistemas ganaderos y así como las posibilidades de generar una leche bajo carbono, para un mercado tendiente a la demanda de este tipo de producción.

Los resultados encontrados, manifiestan la potencialidad de la silvicultura clonal, y la posibilidad de obtener productividad en los suelos marginales, permitiendo al productor, aprovechar estos espacios antes improductivos, generando una nueva unidad de negocio a su establecimiento, así como también mejorar la productividad a nivel de hectáreas, diversificando la producción, estableciendo beneficios y servicios ecosistémicos a los sistemas productivos.

5. CONCLUSIONES

Se lograron cumplir los objetivos generales, en cuanto a conocer realidades y proyectos forestales en funcionamiento en la zona central de la provincia de Santa Fe, y se logró realizar los relevamientos correspondientes en cuanto a inventarios diagramados para el estudio de las plantaciones selectas. Los resultados obtenidos constituyen una base para futuras recomendaciones técnicas a productores de la zona.

Se evaluaron parámetros relevantes para llevar a cabo los análisis dasométricos, y se logró vincular y aplicar lo aprendido en los diversos cursos de esta Especialización, estableciendo relaciones entre los conocimientos estadísticos, de cultivos, botánicos, fitosanitarios, etc., generando nuevas construcciones.

Se aclara que los resultados y conclusiones aplican solamente al sitio bajo estudio y las particulares prácticas de manejo aplicadas y descriptas en materiales y métodos.

Con respecto a los datos obtenidos de la plantación y a los objetivos específicos en cuanto al registro de datos de rendimiento y de adaptabilidad, se pudo determinar que el género *Eucalyptus*, presenta muy buenas características y desempeños en la zona. Además en cuanto a la productividad y rendimiento estimados como se planteó en los objetivos, cabe destacar la potencialidad que presentan los Clones de dicha especie sobre todo el utilizado en el establecimiento estudiado (CLON H105), ya que, debido a su rápido rendimiento y desarrollo permiten su utilización para diferentes propósitos, como, por ejemplo, cortinas forestales, bioenergía, corredores biológicos, sombra para los animales, etc.

Al comparar la Plantación Clonal y de Semilla, puede observarse claras diferencias de rendimiento, como fue desarrollado anteriormente en el trabajo, pero lo más importante a destacar es como la primera se diferencia de la segunda, no solo en rendimiento, sino en la capacidad de desarrollarse en ambientes altamente restrictivos. Lo que permitiría aprovechar áreas productivas que no reúnen las características agronómicas para el desarrollo de cultivos. Generándole al productor un aumento de la rentabilidad del establecimiento y una intensificación sostenible de su sistema.

Además, al observar la tendencia de los sistemas de producción sostenible, la forestación permite la apertura de nuevos canales de comercialización, ya que

cada vez son más las empresas que demandan materia prima para la generación de energías renovables.

En cuanto a la medición de la huella de carbono, los datos observados nos muestran un gran potencial productivo en sectores de mayor marginalidad dentro de los establecimientos productivos. Diversificando la producción, estableciendo beneficios y servicios ecosistémicos a los sistemas. Sobre todo sumando a la posibilidad de obtener productos certificados que mitigan la huella de carbono, el mercado demanda estos productos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AfoA (2017). Bosques en Argentina. *El gran potencial de la energía de base forestal para contribuir a la matriz energética de argentina.* Disponible en http://www.foa.org.ar/bosques_en_argentina_detalle.php?p=172
- Araujo Vieira de Souza, J. C. & Bender A. G. (2021). *Dasonomía en los Sistemas Productivos: Sistemas Agropecuarios Sostenibles.* En: *Desarrollo Sostenible en el Centro Norte de la Provincia de Santa Fe.* Canal, A. Libro Institucional UNL - Sección 2, Cap.5, Sub 14 (2.3), Santa Fe.
- Argentina Ambiental (2019). Ley 13836 – Ley del Árbol. Disponible en: <https://argentinambiental.com/legislacion/santa-fe/ley-13836-ley-del-arbol/>
- Balmelli, G. & Resquin, F. (2006). *Eucaliptos colorados: una alternativa para la diversificación productiva.* INIA.35-37p. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807162738.pdf>
- Best, G. (1995). La biomasa en los países en desarrollo: *Potencialidades y restricciones. Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa. Dirección de productos forestales,* FAO, Roma. SERIE FORESTAL N°7. Disponible en: <https://www.fao.org/3/T2363s/t2363s08.htm>
- Botto E., Maly, L. & Klasmer, P. 2012. *Plagas forestales introducidas en la Argentina. Análisis de su situación actual.* Seminario Internacional sobre pragas quarentenárias florestais. Curitiba, Brasil. Disponible en: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/dsv/04_1_EDUARDO%20BOTTO.pdf
- Bouvet, J. P. R., Harrand, L., Burckhardt, D. (2005). Primera cita de *Blastopsylla occidentalis* y *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) para la República Argentina. Rev. Soc. Entomol. Argent. 64(1-2): 99-102.
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper 134. Rome.
- Cabezón, F. (2003). *Manual de Mediciones Forestales.* Editorial Asociación Foresna – Zurgaia. España.
- Campo Litoral – El Cronista Las Colonias 2020. Inédito: *empresa santafesina utiliza biomasa forestal para alimentar sus calderas.* Santa Fe. 24. Disponible en: <https://santafe24.com.ar/inedito-empresa-santafesina-utiliza-biomasa-forestal-para-alimentar-sus-calderas/>

Diéguez Aranda, U. 2003. *Dendrometría*. Ediciones mundi-Prensa. Madrid.

ENEREF (2021). Santa Fe. BIOMASA, Valorización energética de residuos de poda.

Disponible en: <https://www.santafe.gob.ar/ms/enerfe/2021/06/01/biomasa/>

Geointa (2022). VISOR GeolNTA. Obtenido en:

http://visor.geointa.inta.gob.ar/#infoFeature_0

Hilbert, J. A. (2007). *Bioenergía en el actual contexto internacional y nacional oportunidades y desafíos. Jornada sobre Biocombustibles*. Objeto de conferencia. 247-276p. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27751/08-Bioenerg%EDa+en+el+actual+contexto+internacional.pdf;jsessionid=EBB2285165E3A876D4418EA9832FF4B4?sequence=1>

Husch, B., Miller, C. & Beers, T. (1993). *Forest Mensuration*. Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.

InfoLEG. (2020). *Ministerio de justicia y derechos humanos*. Presidencia de la Nación.

Disponible en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/55000-59999/55596/texact.htm>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. (1991). *Cartas de Suelos de la Provincia de Santa Fe. ESPERANZA-PILAR. 1:50.000.* <http://inta.gob.ar/documentos/mapas-de-suelo-de-laprovincia-de-s>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. (1991). *Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Serie de suelo Esperanza*. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/__series/ESP/esperanza_descripcion_general.htm

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. (1991). *Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Serie de suelo Rincón De Ávila* Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/__series/rda/rincondeavila_descripcion_general.htm

INTA Concordia (2019). *Presentan clones de Eucalyptus con mayor potencial productivo*. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/presentan-clones-de-eucalipto-con-mayor-potencial-productivo>

Inventario Nacional de Plantaciones Forestales. (2017). Inventario Forestal Permanente de los Bosques Implantados. ENTRE RÍOS - ÁREA CONTINENTAL. Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial. MAGyP. 35 p. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70444/Documento_completo.pdf-PDFA1b.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- IPCC. 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 p.
- IPCC. 2000. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Informe especial del Grupo de trabajo III. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 29 p.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC WG1 AR4 Final Report. 996 p. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>
- IPCC 2014, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Publicado en: IPCC, Suíça.
- IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. IPCC 2019. Capítulo 10 y 11.
- LA RAMADA S.A. (2020). *Institucionalización de la Ramada. Comunicación Personal, Ing. Fernández*. Obtenido de en https://youtu.be/Hci26jJ_UZw
- Mangieri, H. & Dimitri, M. J. (1961). *Los Eucalyptus en la silvicultura*. Editorial ACME SACI. Buenos Aires. 226 p.
- Martínez, MS, (2022). CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE CLONES DE EUCALIPTO.
Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad Nacional de Misiones, Área en Ciencias Forestales, Orientación en Silvicultura y Manejo Forestal.
https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/13622/INTA_CREntreRios_EEAConcordia_Martinez_MS_Caracteristicas_Tecnicas_clones_Eucalyptus.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de la Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP). (2015). Argentina: *Plantaciones Forestales y Gestión Sostenible*. http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestal-sostenible/publi_ambiental.pdf Ministerio de Producción, Ciencia y Tecnología. Dirección Forestal. Gobierno de la Provincia de Santa Fe. Disponible en:

[https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/112052/\(subtema\)/9379](https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/112052/(subtema)/9379)

4

Organización Mundial de las Naciones Unidas - ONU (2007). *Bioenergía sostenible: un marco para la toma de decisiones. La bioenergía en el contexto energético mundial.*

ONU. EUA. 7p. Disponible en:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3174/1/UNEnergybioenergia_es_panol_es.pdf

PAULFORESTAL (2017). *Huerto Semillero Clonal 1.5 CIEF-Paul Forestal.* Disponible en: <https://www.paulforestal.com/huerto>.

Pita, P. A., (1979). *Apuntes de dasometría.* Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. 3 tomos. Madrid.

Programa Argentino de Carbono Neutro. (2020). <https://carbononeutro.com.ar/>

Sampeiro, J & Jiménez, A. M. (2010). *Bioenergía.* Revista Ciencia Amc. Vol. 61.30-39 p.

Disponible en:

https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/Bioenergia.pdf

SENASA (2015). *Bosques argentinos, actividad forestal y economías regionales.*

Disponible en: <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/noticias/bosques-argentinos-actividad-forestal-y-economias-regionales>

Vassallo, O. (2019). *MADERA PARA ENERGÍA: oportunidad de crecimiento y empleos con baja huella de carbono.* Asociación Forestal Argentina, AfoA. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/madera-para-energia-oportunidad-de-crecimiento-y-empleos-con-baja-huella-de-carbono/>

Villegas, M.S. & Rivera, S.M (2002). Revisión xilológica de las principales especies del género *Eucalyptus* L'Herit. cultivadas en Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, v.105, n., p.9-28.

Zechin, M. (2018). Evaluación del crecimiento y adaptabilidad de materiales de eucaliptos con fines energéticos y maderables en el centro norte de la provincia de Santa Fe. Práctica Profesional Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral, 39 p.

