

Evaluación de especies leñosas para ser usadas en sistemas silvopastoriles (SSP)



Trabajo final de Intensificación

Alumna: Airoldi, Clara Andrea

Docente Tutor: Caro, Luis Alberto

Consejeros: Hernández, Luis Francisco
Rosetti, María Verónica

Año: 2023

Agradecimientos

A mi familia, mis padres Héctor y Rosa por el esfuerzo que hicieron para que lleve a cabo la carrera. Mi hermano Esteban por su aliento, dedicación y permitirme conocer su experiencia como ingeniero agrónomo.

A Gustavo, mi compañero incondicional, por ayudarme y brindarme un soporte los años dedicados a este recorrido. También a su familia, por estar siempre y ser como mi segunda familia.

A todos los que colaboraron con los viajes y trabajos realizados en las parcelas.

A Luis Caro, mi tutor, por su buena predisposición, tiempo y apoyo.

A Luis Hernández y Verónica Rosetti por su tiempo aplicado en mi trabajo.

A mis amigos de la Universidad por su compañía y gran afecto que me brindaron.

A la Universidad Nacional del Sur y al Departamento de Agronomía, por asistir en mi formación académica.

Índice

1. Introducción	7
1.1. Sistemas silvopastoriles en el mundo.....	8
1.2. Sistemas silvopastoriles en Argentina	9
1.3. Ventajas de los SSP.....	12
1.4. Oportunidad en el mercado	14
1.5. Interacciones entre los recursos forrajeros y los árboles	15
1.6. Propuesta de modelos silvopastoriles para el SO bonaerense.....	15
1.7. Las especies estudiadas en los sistemas silvopastoriles	17
2. Objetivos	21
2.1. Objetivo general	21
2.2. Objetivos específicos	21
3. Materiales y métodos	22
3.1. Ubicación del área de estudio	22
3.1.1. Sitio 1.....	22
3.1.2. Sitio 2.....	22
3.2. Características edafoclimáticas	23
3.2.1. Sitio 1	23
3.2.2. Sitio 2.....	26
3.3. Material vegetal	28
3.3.1. Sitio 1	28
3.3.2. Sitio 2.....	29
3.4. Diseño experimental	29
3.4.1. Sitio 1	29
3.4.2. Sitio 2.....	30

3.5. Variables medidas	34
3.5.1. Sitio 1	34
3.5.2. Sitio 2	34
4. Resultado y Discusión	37
4.1. Sitio 1	37
4.2. Sitio 2	39
5. Conclusiones	41
6. Bibliografía	43
7. Anexo	48
7.1. Análisis de suelo sitio 1	48
7.2. Análisis de suelo sitio 2	48
7.3. Diseño en bloques completamente aleatorizados sitio 1	49

Figuras:

Figura 1. Ejemplares de algarrobo de Chile creciendo en el campo experimental de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Ejemplar adulto y ejemplar juvenil.	20
Figura 2. Imagen satelital de la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) INTA de Hilario Ascasubi, partido de (sitio 1), donde se encuentra implantada una parcela experimental con diferentes clones de álamos.....	22
Figura 3. Imagen satelital del sitio 2 localizado en la localidad de Cabildo, donde se implantó un sistema silvopastoril con algarrobos.	23
Figura 4. Variaciones de temperatura periodo (2015-2022) en el sitio 1. Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la estación agrometeorológica de E.E.A. INTA H. Ascasubi.	24
Figura 5. Días con heladas para la serie de años 2015-2022, registradas a 1.50 m.s.n.s, en el sitio 1.....	25
Figura 6. Precipitaciones mensuales medias registradas en el periodo 2015 al 2022 y medias mensuales históricas, en el sitio 1.	25
Figura 7. Suelo de estructura arcillosa fina, con tendencia a la compactación, característico de la zona de influencia, en el sitio de estudio 2.....	27
Figura 8. Precipitaciones para la región de Cabildo (periodo 1976-2022)	27
Figura 9. Imagen a la izquierda de un ejemplar 129-60. En el centro un ejemplar híbrido español(HE). Y en el lado derecho un ejemplar del clon R22	29
Figura 10. Hoyadora hidráulica y la plantación en el sitio de estudio 1.	30
Figura 11. Rastra de disco, utilizada para la labor de preparación del sitio 2 de plantación.....	31
Figura 12. Línea preparada para la plantación en el sitio 2.....	32
Figura 13. Medición, estaqueado y realización de pozo, en el sitio 2 de plantación.	32
Figura 14. Colocación de media sombra para protección en el sitio 2.	33
Figura 15. Distribución y acople de mangueras y disposición de goteros en el sitio 2.....	34
Figura 16. Estimación de altura total con clinómetro en el sitio de plantación 1.....	35
Figura 17. Medición de diámetros con forcípula en el sitio de plantación 1.	35
Figura 18. Medición de altura de los algarrobos en el sitio de plantación 2	36

Figura 19. Medición de los diámetros a la altura del cuello (DAC) de los algarrobos en el sitio de plantación 2.	36
Figura 20. Altura (m) de los clones 129/60, R22 y HE, evaluados en el sitio 1 durante el periodo 2017-2023	38
Figura 21. Diámetro (cm) de los clones 129/60, R22 y HE evaluados en el sitio 1 durante el período 2017-2023	39
Figura 22. Altura (cm) de los algarrobos creciendo en 4 hileras en el sitio 2 durante el período 2017-2023..	40
Figura 23. Supervivencia de los algarrobos creciendo en 4 hileras en el sitio 2 durante el período 2017-2023	41

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema silvopastoril (SSP) se lo puede definir como un conjunto de elementos (Poáceas forrajeras, Fabáceas y animales) que se relacionan entre sí con el fin de lograr un uso sostenible de los suelos. Los (SSP) combinan en el mismo espacio plantas forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras con arbustos y árboles el cual serán utilizados para la alimentación animal y otros usos complementarios (Marenco, 2021).

Los (SSP) surgen como una opción de producción para ser usada por los pequeños y medianos productores en un ámbito de sustentabilidad económica, social y ambiental (Pantiu, *et al.*,2010). En cuanto a la sustentabilidad perdura en el tiempo y mejora la conservación de los recursos naturales (suelo, agua, clima) conformando un ambiente renovado para la sociedad.

Asimismo, los SSP a través del uso del árbol como componente productivo representan una alternativa que permite mejorar los sistemas de producción ganadera en los diferentes agroecosistemas, por mitigación de los efectos negativos ambientales presentes en los sistemas tradicionales, mejorando de esa manera el bienestar de los animales e incrementado la productividad animal (Poy, 2021).

En otras palabras, los SSP son una forma sostenible de uso del suelo que puede proporcionar múltiples beneficios, tanto económicos como ambientales, y que puede adaptarse a diferentes contextos y sistemas productivos.

El objetivo principal de los SSP según Marenco, (2021), es maximizar la producción de componentes vegetales y animales, minimizando el uso de recursos externos para preservar y enriquecer gradualmente los recursos naturales sin afectar negativamente el medio ambiente.

Los SSP son una opción para restablecer los procesos de degradación de los pastizales (Alonso, 2011) al aumentar la protección física del suelo y recuperar la fertilidad con el agregado de Fabáceas que aportan nitrógeno en el suelo y raíces de árboles que aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes.

La incorporación de árboles genera sombra y reduce los efectos de las altas temperaturas, lo que produce un mejor ambiente para la producción y reproducción de los bovinos (Poy, 2021).

Las hojas que quedan en el suelo también pueden bajar la temperatura y los procesos de degradación del mismo, además de favorecer su drenaje (Poy, 2021).

La disminución en la velocidad de descenso de las gotas de lluvia hacia el suelo, debido a la amortiguación provocada por las hojas de las capas superiores, favorece a la infiltración del agua en el lugar de escurrimiento, además de disminuir los riesgos de erosión (Poy, 2021).

1.1 Sistemas silvopastoriles en el mundo

Estos sistemas están tomando cada vez más relevancia a nivel mundial como sistemas resilientes y paliativos ambientales para mitigar los gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas ganaderos.

En el sureste de Estados Unidos, por ejemplo, los agricultores y productores forestales tienen grandes extensiones de tierras forestales y de pasturas, que deben tener pastos en la época estival y también invernal por las variaciones de temperatura de la zona (Poy, 2021). En estos casos la ganadería se integra a bosques cultivados y bosques nativos con manejo sostenible.

En Uruguay los productores se dedican mayoritariamente a la ganadería. Se produce pradera, la cual será utilizada para la ganadería extensiva, con un menor número de ovinos. El 70% de las tierras cuenta con pastizales nativos (Poy, 2021). Las plantaciones de eucaliptos en la parte occidental de ese país permiten integrar la ganadería en esos bosques cultivados.

En el NO del estado brasileño de Minas Gerais la Compañía Minera de Metales (CMM) tiene el sistema agrosilvopastoril más grande de Brasil en la región del Cerrado, y cubre aproximadamente 1.500 ha. Este sistema es uno de los más intensamente manejados en el mundo y es un ejemplo de mejores prácticas en SSP. CMM planta clones

de híbridos de *Eucalyptus* para la producción de carbón y madera en callejones con un espaciamiento de 10 m x 4 m (250 plantas por ha), en asociación con cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el primer año y soja (*Glycine max*) en el segundo año y, pastos perennes para pastoreo y engorde de ganado para el tercer año hasta el undécimo año (fin del turno de los árboles). La capacidad de carga del sistema es de 1 animal/ha durante otoño-invierno y de 2 animales/ha en primavera-verano (Cubbage *et al.*, 2012).

Cada dos años, los terneros engordados se venden y se sustituyen por nuevos novillos, iniciando así un nuevo ciclo de engorde. El sistema ayuda a compensar los costos iniciales del establecimiento y el mantenimiento de la plantación, proporciona ingresos anuales a medida que madura el rodal hasta llegar al año de corte. Este sistema agroforestal diversificado reduce el riesgo de inversión y aporta excelentes rendimientos.

Otro lugar donde se utilizan SSP es en Manahui, (Ecuador), donde la viabilidad económica y financiera de estos sistemas para la producción de biocombustible es una inversión en desarrollo sostenible. La producción de biocombustible es más rentable en los SSP sin competir por las tierras cultivables para la producción de alimentos y sin afectar la seguridad alimentaria (Molina, 2021).

En la Estación Agrícola Cotové de la Universidad Nacional de Colombia, se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la composición del forraje y la producción de biomasa de un SSP intensivos a base de *Leucaena leucocephala* asociada a pasturas mejoradas. Se concluyó que SSP intensivos proporcionan más forraje de mejor calidad que los sistemas convencionales y, a pesar de las variaciones en la disponibilidad de biomasa a lo largo del año, la oferta de forraje es suficiente para satisfacer las necesidades de los rumiantes (Molina, 2021).

1.2. Sistemas silvopastoriles en Argentina

Los SSP se han expandido en Argentina en los últimos 15 años, principalmente con bosques cultivados en las provincias de Misiones, Corrientes, Neuquén y el Delta de

Buenos Aires sobre el río Paraná, mientras que la implementación de estos sistemas en los bosques nativos se concentra en la región de la Patagonia y el Chaco. Los sistemas de pastoreo difieren entre regiones debido a su grado de intensificación, que van desde sistemas extensivos (caracterizados por grandes áreas y bajo aporte de mano de obra y capital) hasta sistemas intensivos, principalmente una combinación de recursos y tecnologías para aumentar la eficiencia del pastoreo, en cuanto a calidad y cantidad de alimento disponible para los animales (Poy, 2021).

En el bajo Delta del Río Paraná (350.000 ha) se han desarrollado importantes actividades forestales y ganaderas. En los últimos 20 años, la introducción de ganado bovino en los bosques de salicáceas ha dado lugar al establecimiento de SSP en esa región (Rossi *et al.*, 2015). Este modelo cambia el modelo forestal tradicional de producir solo rollizos con destino papeler-celulósico en plantaciones de alta densidad. El nuevo sistema se basa en una baja densidad de plantas (5x5 m a 6x6 m) y tiene como objetivo producir madera de Salicáceas de alta calidad para aserrado o debobinado, y solo el resto se utiliza para la producción de pasta de papel. En el mismo pastorean bovinos de fenotipo británico, principalmente “Angus negro”. Esta ganadería se destina a la cría y venta de terneros (Rossi *et al.*, 2015).

En las provincias de Corrientes y Misiones, de tradición ganadera y forestal respectivamente, el SSP fue adoptado inicialmente por empresas forestales que combinan la forestación con la ganadería en forma limitada en tiempo y espacio. El SSP era manejado, en un principio, solo un 25% del turno forestal. Más adelante, la plantación de especies forestales por productores ganaderos contribuye a la integración de estas dos actividades hasta finalizar el turno forestal, con recomendaciones para ajustar el SSP, al fin de mantener bajo el número de árboles por hectárea y obtener recursos madereros y forrajeros de mayor calidad, y carga animal acorde con la luz incidente (Colcombet *et al.*, 2015). Las mayores áreas boscosas concentran especies de rápido crecimiento del género *Pinus*, *Eucalyptus* y en menor medida otras especies latifoliadas como *Paulownia sp.*, *Melia sp.*, *Toona ciliata* y *Cordia trichotoma*. En Corrientes el desarrollo de los SSP, se ha asociado al pino híbrido (*P. elliotti* x *P. caribaea* var. *Hondurensis*) con pasturas cultivadas (principalmente *Brachiaria spp*) y pastizales naturales, y es una de las provincias con mayores bosques cultivados del país con 6 millones de hectáreas de pastizales con ganadería. Posteriormente, los ganaderos adoptaron los SSP como una

alternativa para diversificar y mejorar la rentabilidad de los sistemas tradicionales. Hoy en día, aproximadamente 30.000 hectáreas de tierra bajo el SSP en la provincia se encuentran bajo sistemas ganaderos de cría y/o recría y, en algunos casos, de ciclo completo. El desempeño productivo en términos de ganancia de peso y reproductivos observado en los SSP es mayor a los sistemas ganaderos tradicionales para engorde de novillos (Heguy, *et al.*, 2022). En la provincia de Misiones, el 20% de la superficie total forestal pertenece a los SSP, de los cuales los productores familiares conforman el 15%, unas 50.000 hectáreas. Los productores familiares lo utilizan por varias ventajas, como reducir el estrés por calor en los animales debido a los efectos de la sombra y obtener rollizos de madera de gran tamaño. También porque observaron un aumento en la productividad forrajera y en la concentración de proteína de los pastos, así como una reducción en el riesgo de incendios por el pastoreo, y menores incidencias de heladas y sequías sobre la pastura o pastizal (Heguy, *et al.*, 2022).

Alrededor del 70% del bosque patagónico de ñire (*Nothofagus antarctica*) se utiliza para uso silvopastoril (Peri, 2012). El ganado es el único ingreso anual para los SSP manejados de forma sostenible después del raleo del monte, donde parte del material forestal cosechado se vende como postes y leña (Peri, *et al.*, 2006). La producción ganadera se mantiene en el pastizal nativo constituido en varias zonas por especies naturalizadas de alto valor forrajero como *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Trifolium pratense* (trébol rojo) y *Trifolium repens* (trébol blanco). La propuesta silvícola en SSP tiene en cuenta la intensidad de raleo según la calidad del sitio (o régimen hídrico) y aspectos relacionados con la continuidad del estrato arbóreo. Los beneficios que obtienen los productores en bosques de ñire en el SSP incluyen la protección del ganado contra los fuertes vientos o las bajas temperaturas (principalmente durante la temporada de parto), además de forraje de alta calidad.

La región del Parque Chaqueño es el área forestal más grande del país con poco manejo y planificación, tanto del monte como de la ganadería, la cual se alimenta en el bosque nativo (Heguy, 2022). La conversión de bosques secundarios no productivos, a SSP se realiza mediante el rolado selectivo de baja intensidad (RBI), debido a que es una alternativa que cumple con la ley 26.331 (Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos) (Silberman *et al.*, 2019). Esta práctica consiste en triturar el arbustal a través de cilindros metálicos, dejando los árboles y restos

de residuos en el suelo. El rolado y siembra de la especie *Panicum maximum* Jacq aumenta la oferta forrajera de un 300 a 600% (Silberman, 2016), con rendimientos estimulados de 3.500 a 11.500 kg MS/ha. Al mismo tiempo que, no afecta significativamente la cobertura arbórea de las especies dominantes del Parque Chaqueño.

En la región Chaqueña, cuando se desmontan tierras para la agricultura o ganadería y se reemplazan los bosques cultivados y plantas herbáceas anuales, se alteran las propiedades funcionales de los ecosistemas, lo que genera impacto en los servicios ecosistémicos relacionados con la dinámica de la ganancia de carbono (Silberman *et al.*, 2015). Por lo tanto, se consideró que las intervenciones mediante el uso del RBI preservan el estrato herbáceo y tiene un impacto mínimo en la dinámica del carbono orgánico del suelo (COS).

1.3. Ventajas de los SSP

Como se definió al principio de esta tesis, los SSP son sistemas sostenibles de uso del suelo, por lo tanto, pueden agruparse ventajas en la aplicación de los mismos, en las 3 dimensiones de la sustentabilidad:

a) Sustentabilidad ambiental: se ha visto que lo SSP pueden generar un microclima: en el verano, la sombra de los árboles reduce el stress generado por el calor en los animales, disminuye la pérdida de palatabilidad y turgencia sobre las especies herbáceas permitiendo el consumo de las mismas por parte del ganado, aumentando la ganancia de peso corporal, la producción y la calidad de carne. En el invierno, los árboles protegen contra las heladas; a los animales y a los pastos, controlan las malezas intolerantes a la sombra y ayuda a disminuir el riesgo de incendio por pastoreo de la biomasa de pastos que crece debajo de los árboles. Este sistema comparado con otros sistemas productivos, brinda un elevado grado de cobertura del suelo y por lo tanto disminuye la erosión del suelo (Luccerini *et al.*, 2016).

b) Sustentabilidad social: los SSP permiten el desarrollo de varias oportunidades de empleo en una misma zona rural. Además, el trabajo ha cambiado con el tiempo, inicialmente marginal y “golondrina”, hasta convertirse en calificado y crear un sentido de pertenencia en el lugar.

Las actividades realizadas por las empresas forestales más grande de la región están sujetas al proceso de certificación forestal (FSC – CerFoAr), lo que ha tenido un impacto positivo en las condiciones laborales de las personas. Rápidamente se extendió a otras empresas vecinas y a otras actividades como la ganadería y la yerba mate. (Sharry, *et al.*, 2022).

Los SSP tienden a incrementar el empleo no solo en cantidad como en calidad. Esto último, por el aumento de la industria forestal en todo el mundo de manufacturar sus productos en el lugar y por la demanda de personal calificado. También, al volverse “ganaderas” las tierras forestales necesitan más personal calificado para las actividades agropecuarias (Luccerini *et al.*, 2016).

c) Sustentabilidad económica: los SSP al ser sistemas diversificados permiten producir varios bienes en diferentes momentos. Los árboles proporcionan ingresos estables a largo plazo, mientras que la carne proporciona ingresos a corto plazo, lo que permite amortizar en menos tiempo los costos de implantación de la producción forestal, especialmente para los pequeños y medianos productores. Varios estudios han demostrado que los SSP bien manejados son económicamente más atractivos, y generan más ingresos que los sistemas ganaderos tradicionales (Ramos, 2022). En otro sentido, al permitir combinar dos actividades (forestación y ganadería), mitiga las emisiones de GEI de la ganadería.

Los productores destacan, entre las ventajas percibidas por la implementación de los SSP: el aumento del capital de explotación debido a una mayor diferenciación en la producción en cada parcela, obteniendo productos con diferente maduración y escala de tiempo, y también la disminución del riesgo al mercado.

Además, los SSP asimismo de ofrecer todas las ventajas mencionadas, en Argentina estos sistemas son subsidiados por la Ley N° 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados, en actividades como la plantación, poda, raleo y manejo del rebrote forestal. Asimismo, existen beneficios fiscales para proyectos industriales forestales (Luccerini *et al.*, 2016).

Según Iraola *et al.* (2015) los modelos forestales, incluido los SSP y agrosilvopastoriles, a menudo mantienen una mayor diversidad de especies y, por lo

tanto, una mayor diversidad funcional; además de brindar diversos servicios ecosistémicos.

1.4. Oportunidad de mercado

En el mundo, existe una fuerte carencia de madera con destino a la industria del mueble, debido a un aumento en la demanda y limitación al comercio de la madera que proviene de los bosques nativos. En Argentina, históricamente los precios de los rollizos de varias categorías fueron inferiores a los de Chile y Brasil, abriendo posibilidades para la comercialización internacional de este rubro forestal (Luccerini, *et al.*, 2016), opinan que, dada la escasez actual de madera en rollo a nivel mundial, abre la posibilidad de ingresar al mercado internacional de madera para muebles con rollizos de diámetro y calidad superiores, posibilitando una situación favorable para que los productores se proyecten hacia modelos silvopastoriles.

Un análisis socioeconómico sobre tres alternativas de producción a nivel empresarial- forestal, SSP o ganadería concluyó que, la introducción de la ganadería redujo muy poco la tasa interna de retorno y aumentó ligeramente los resultados del valor actualizado y potencial de la tierra respecto al manejo forestal puro. Al reducir significativamente la inversión total, los SSP son más abordables, ya que generan flujos de caja positivos a partir del octavo año y emplea mayor mano de obra (Lacorte, y Esquivel, 2009).

Para obtener madera de calidad es necesario realizar en las plantaciones forestales tratamientos silvícolas de poda y raleo. Con el propósito de tener en poco tiempo grandes diámetros y madera libre de nudos con destino a la industria del laminado o madera para muebles de alta calidad.

Por lo tanto, el precio final de la madera gruesa y podada es mayor a la madera fina y con presencia de nudos, y gracias a esto se puede aumentar los ingresos por hectárea y permitir costear el transporte de la madera a largas distancias (Esquivel, y Lacorte, 2009).

1.5. Interacciones entre los recursos forrajeros y los árboles

Entre los factores que determinan los procesos de competencia entre ambos estratos (herbáceo y arbóreo) se encuentran la luz, el agua y los nutrientes disponibles en el suelo. El primer factor influye marcadamente en el crecimiento de las plantas herbáceas por el sombreado de la canopia de los árboles, mientras que los otros factores determinan el comportamiento del árbol, aumentando la mortalidad al establecimiento y posteriormente reduciendo la tasa de crecimiento, si esos factores son escasos (Heguy, *et al.*, 2022). En este sentido, el marco de plantación y el manejo de la densidad del rodal, son dos parámetros utilizados en la regulación de la competencia, principalmente debido a la luz (Heguy, *et al.*, 2022). En algunos casos, el sistema radical de los árboles es muy profundo, y esto reduce la competencia e incrementa el uso de los recursos totales del suelo (Peri, 2005). Por lo tanto, la productividad de un SSP dependerá del balance entre los posibles efectos positivos (procesos de facilitación) y efectos negativos (procesos de competencia) entre los árboles y el pasto en el sistema. Estos efectos varían en intensidad de acuerdo a los ambientes físicos y biológicos, lo que determinará su importancia relativa (Peri, 2005).

El estrato herbáceo debajo del dosel responde a los cambios en la calidad e intensidad de luz mediante mecanismos de adaptación. Estos ajustes incluyen un aumento en el área foliar específica y el índice de área foliar, una mejor distribución del área foliar con la altura, un menor coeficiente de extinción de luz, y una disminución en la tasa respiratoria (Hernández, y Guenni, 2008). El aumento de área foliar específica (AFE), en ambientes sombreados, coincidió con una disminución en el contenido de agua y la densidad de tejidos foliares, y juntamente se produjo un aumento en el grosor de las hojas y el mesófilo (Heguy, *et al.*, 2022). Así, a medida que aumenta el AFE, el mesófilo se digiere fácilmente, mientras que otros tejidos se degradan más lentamente, y la sombra mejora la calidad del forraje, por aumento del contenido de proteína bruta (PB).

1.6. Propuesta de modelos silvopastoriles para el SO bonaerense

En este trabajo de tesis se proponen dos modelos, uno para cada tipo de ambiente a intervenir en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

En los partidos de Villarino y Patagones, ubicados en el extremo sur de la provincia de Buenos Aires, se encuentra el Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC), donde se ha desarrollado una importante zona de regadío para la producción agropecuaria. Este valle se extiende desde el Meridiano V, límite oeste de la Provincia de Buenos Aires, hasta el litoral marítimo del Océano Atlántico al este. Comprende parte de los Partidos de Villarino y Patagones, sobre las márgenes izquierda y derecha, respectivamente, del Río Colorado, abarcando una superficie de 535.000 ha, de las cuales 137.145 ha tienen concesión de riego (Cordisco, *et al.*, 2019).

Existe, por lo tanto, una importante superficie no regada (secano) en el VBRC que se destina a pasturas para los sistemas ganadería bovina de cría y recría, potencial para ser forestadas con técnicas de plantación a raíz profunda con salicáceas, por la presencia de napas freáticas cercanas (1,5 a 3 m de profundidad) (Caro *et al.*, 2017).

No existen antecedentes en la zona de esta tecnología, habiéndose utilizado hasta ahora la plantación superficial bajo riego en cortinas y macizos. No obstante, la concreción de experiencias exitosas de plantación de álamos a raíz profunda en otras regiones del mundo (García Caballero, 2011), similares a las condiciones del VBRC, abre una posibilidad para introducir la actividad forestal en los sistemas pecuarios que se practican en este valle bajo la modalidad de SSP.

La forestación a raíz profunda es una técnica silvícola que se basa en la implantación del sistema radicular de los árboles a una profundidad tal que no pierdan contacto con la napa. La utilización de esa técnica permitiría incorporar miles de hectáreas a la forestación sin competir con los cultivos predominantes, ni por tierras con riego superficial y que, además, genere un flujo de caja anual que permita realizar las prácticas silvícolas apropiadas para producir madera de calidad.

De este modo, se plantea la generación de macizos forestales a baja densidad que permitan el crecimiento de pasturas bajo el dosel arbóreo mediante la plantación de guías de álamos que puedan acceder a la napa freática. De esta manera, se busca establecer SSP que no compitan por el agua de riego con los cultivos tradicionales. Del mismo modo esta práctica puede ser utilizada para establecer cortinas forestales que protejan los suelos de la erosión eólica, generando beneficios ambientales y resguardo del ganado.

Por otro lado, para los partidos del sudoeste bonaerense que no están comprendidos en la zona del VBRC (Bahía Blanca, Coronel Dorrego, Coronel Rosales, Coronel Pringles, Puan, Saavedra y Tornquist), donde los niveles freáticos se encuentran a mayores profundidades y los suelos presentan severas limitantes por halomorfismo, escasa profundidad efectiva por presencia de calcáreo, entre otras, se plantea la incorporación de árboles leguminosos multipropósitos en los sistemas ganaderos.

Los árboles multipropósitos son aquellos que además de productos forestales madereros (PFM), proporcionan otros beneficios como alimento para el ganado a través de sus hojas y frutos, fijación de nitrógeno, polen para mieles, etc. Entre las especies arbóreas multipropósito se menciona al género *Prosopis*, siendo una especie interesante para cultivar en ambientes semiáridos templados (Izaguirre Flores y Martínez Tinajero, 2008).

1.7. Las especies estudiadas en los sistemas silvopastoriles propuestos

Los SSP presentan características particulares de acuerdo al tipo de formación forestal (nativa o exótica), a la región de que se trate y al estrato de productores que lo implemente. En este sentido, los sistemas mixtos ganadero-agrícola, son los más característicos de la región Sur Bonaerense bajo estudio. La Agencia de Extensión Rural (AER) Bahía Blanca dependiente de la E.E.A. INTA Bordenave, lleva años trabajando en la implementación y difusión de sistemas ganaderos pastoriles bajo pasturas megatérmicas perennes adaptadas a la región semiárida como recurso base de la cadena forrajera (Lauric, *et al.*, 2020).

Algunas de las especies estudiadas en este trabajo de tesis se agrupan en la familia Salicaceae. Dicha familia botánica se encuentra dentro de la división Espermatófitas, Clase Dicotiledónea, Subclase Arquiclamídeas y Orden Salicales, a la que pertenecen los álamos (género *Populus*) y los sauces (género *Salix*). Se han descrito alrededor de 40 especies de *Populus* y alrededor de 300 especies de *Salix* en la mayor parte del mundo. Los centros de distribución naturales actuales son las regiones templadas del hemisferio norte (de la Cerda Lemus, 2000).

Los álamos son especies dioicas, es decir, presentan plantas masculinas y femeninas. Generalmente sus hojas son alternas y caducas. Sus flores son desnudas o casi desnudas, unisexuales, extendidas en amentos. Los frutos con formas de cápsulas dehiscentes, contienen numerosas semillas cubierta de vilano blanco, que les confiere aspecto algodonoso y les permite diseminarse a largas distancias en forma anemófila.

Los álamos requieren un suelo fértil, profundo, con buena aireación y fertilidad. Son especies de rápido crecimiento. En muchos lugares se utilizan como cortinas rompevientos para cultivos agrícolas, pero también se puede plantar en macizo para obtener madera de calidad. Su madera es blanca, suave y fácil de trabajar. Tiene muchos usos, entre ellos carpintería, fabricación de muebles, cajoneras, embalajes, industria del lápiz, celulosa, aglomerado, contrachapado, cartón y fósforo. La madera del álamo tiene un valor superior a la del sauce por su mayor aptitud industrial, tanto para aserrío como para debobinado (Amico, 2006).

Otra especie incluida en este estudio pertenece a la familia botánica de las Fabáceas y se agrupa en la subfamilia Mimosoideas, su género es *Netulma* y su especie *Netulma chilensis* Molina C.E. Hughes & G.P. Lewis. Hughes & G.P. Lewis (Syn. *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) (Figura 1). Se caracteriza por la presencia de espinas en sus ramas, y su porte arbóreo cuyo diámetro de tallo puede alcanzar más de 1 m y alcanzar una altura de más de 10 m. Tiene hojas compuestas, bipinadas; las flores están reunidas en racimos espiciformes cilíndricos, y los frutos suelen ser carnosos, indehiscentes, espiralados y contienen muchas semillas.

El género incluye 44 especies unidas en 5 grupos naturales. De ellas, 40 especies son nativas del continente americano, mientras que las 4 especies restantes se distribuyen naturalmente en África y el suroeste de Asia. Con 28 especies, Argentina es el país con mayor número de miembros del género *Prosopis*. 13 de las cuales son endémicas.

Es conocida la importancia actual y potencial de los “algarrobos” (*Netulma* spp.) como especie que provee madera de alta calidad, como componente estructural de sistemas de producción sostenibles en grandes regiones marginales del país y como proveedor de estabilidad de regiones áridas y semiáridas, impidiendo o revirtiendo procesos de desertificación. La importancia de los algarrobos habita en sus notables características: plantas pioneras con un alto potencial de propagación y colonización;

adaptación a condiciones climáticas áridas y semiáridas, así como suelos salinos y degradados; capacidad de fijar nitrógeno atmosférico del aire en simbiosis con bacterias; cierta independencia de las precipitaciones, evitando la competencia por el agua con especies herbáceas, mejora el balance hídrico del sistema y suministra nutrientes adicionales hacia las capas más profundas del suelo; produce leña y carbón de alta calidad, madera de maravillosas características físicas y mecánicas, frutos con alto contenido proteico y energético que pueden ser utilizados como alimento animal o incluso humano, y otros subproductos como postes, varillas, néctar, gomas, etc. (Caro,2005).

El “algarrobo de Chile” (*Prosopis chilensis* (Mol). Stuntz) es una especie, que se desarrolla exitosamente en condiciones naturales o cultivadas, en ambientes donde las precipitaciones anuales rondan los 500 mm. Prospera en distintos tipos de suelos, especialmente en los francos arenosos. Esta especie se introdujo en el campo experimental del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur en el año 1978 a partir de semillas traídas desde Cruz del Eje (Córdoba, Argentina) por el Ing. Agr. Valentín Lauric, como una línea de investigación para SSP en la región del sudoeste bonaerense, debido a su potencialidad, promovida desde la cátedra de Dasonomía del Departamento de la Universidad Nacional del Sur. Por lo tanto, la incorporación de SSP pretende aumentar la productividad de forma sostenible mediante la introducción de especies arbóreas multipropósito en sistemas de pastoreo ganadero, basado en pasturas gramíneas perennes monofíticas de baja calidad. Esto permitiría interacciones participativas para la producción de carne, madera y productos apícolas, sumado a otros beneficios ambientales (Lauric, *et al.*, 2020).



Figura 1. Ejemplares de algarrobo de Chile (*Prosopis chilensis* (Mol). Stuntz) creciendo en el campo experimental de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Ejemplar adulto (imagen izquierda) y ejemplar juvenil (imagen derecha).

2.Objetivos

2.1. Objetivo general

- Evaluar estrategias de cultivo e implantación de especies leñosas para ser usadas en SSP.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar técnicas de implantación de álamos a raíz profunda.
- Evaluar la supervivencia y crecimiento inicial de clones de álamos creciendo a raíz profunda en el sur de la provincia de Buenos Aires.
- Evaluar el establecimiento en el SO bonaerense de brinzales de *Netulma chilensis* (algarrobo de Chile), implantados en seco en un modelo silvopastoril, con crecimiento en vivero de uno y dos años.

3. Materiales y métodos

3.1. Ubicación del área de estudio

3.1.1 Sitio 1

Una de las parcelas experimentales se encuentra localizada en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) INTA de Hilario Ascasubi, partido de Villarino, provincia de Buenos Aires ($39^{\circ}23'36.59''S$ $62^{\circ}37'27.79''O$), a 106 km de la ciudad de Bahía Blanca (Argentina), por ruta nacional N°3 (Figura 2).

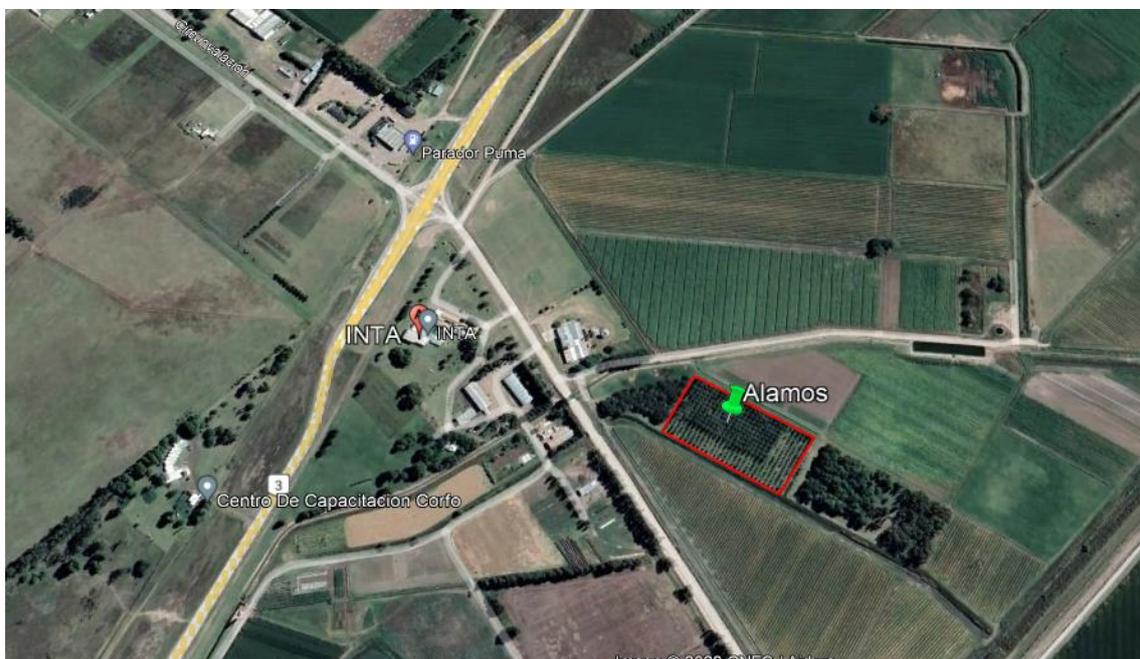


Figura 2. Imagen satelital de la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) INTA de Hilario Ascasubi, partido de (sitio 1), donde se encuentra implantada una parcela experimental con diferentes clones de álamos.

3.1.2. Sitio 2

La otra parcela experimental se localiza en un campo ganadero propiedad del Señor Mario Perrone, próximo a la localidad de Cabildo, partido de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires ($38^{\circ} 33'59.8'' S$ $61^{\circ}52'21.5'' O$), distante a 54 km de Bahía Blanca, por ruta provincial N° 51 (Figura 3).

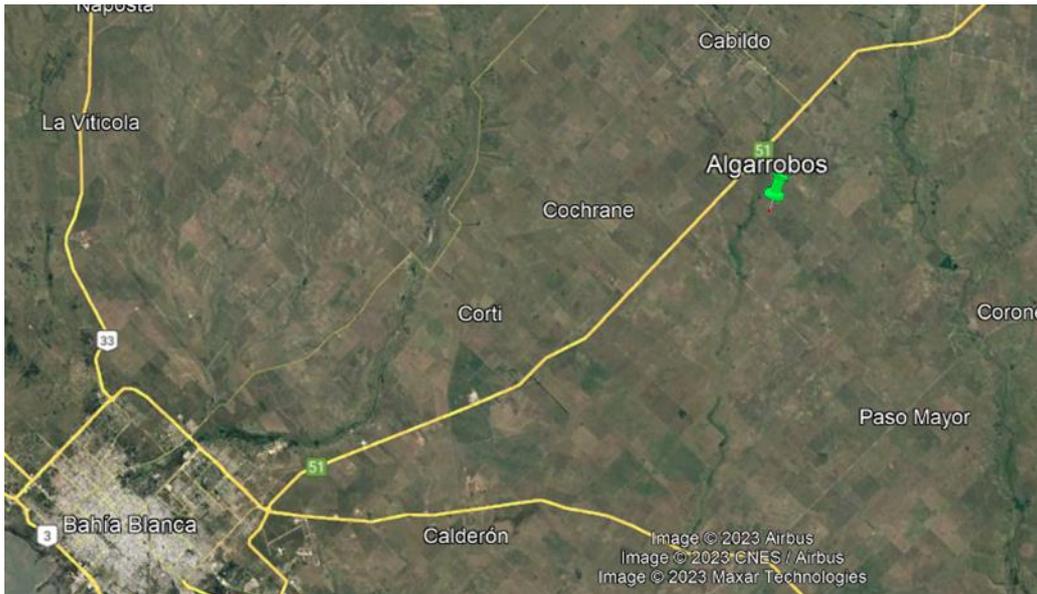


Figura 3. Imagen satelital del sitio 2 localizado en la localidad de Cabildo, donde se implantó un sistema silvopastoril con algarrobos.

3.2. Características edafoclimáticas

3.2.1. Sitio 1

El partido de Villarino se encuentra en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, la cabecera está en la ciudad de Médanos. Limita con el Océano Atlántico al este, la provincia de La Pampa al oeste, la región de la Patagonia al sur, y al Norte con Bahía Blanca y Puan (Fernández, 2019). La región fitogeográfica pertenece a la provincia del Espinal distrito del Caldén (Sánchez, *et al.*, 1998).

En cuanto a la descripción edáfica, el suelo de este sitio es predominantemente Haplustol, relativamente profundo, con el nivel freático variando de 1,50 a 2,50 m de profundidad. Sus principales características son: textura gruesa (franco arenosa), con escaso desarrollo y diferenciación de horizontes, susceptible a la erosión eólica e hídrica, poco desarrollo de estructura, baja capacidad de retención de agua, bajo contenido de materia orgánica (entre 0.5 y 2,5%), baja disponibilidad de nitrógeno (<0,1%), contenido de fósforo disponible muy variable (5-30 ppm Bray & Kurtz) y presencia de carbonato de calcio (calcáreo).

Esta área presenta un clima templado de transición (condiciones subhúmedas), con estaciones térmicas bien diferenciadas: veranos e inviernos rigurosos y primaveras y otoños intermedios. Según el sistema de clasificación climática de Thornthwaite, el clima se caracteriza como semiárido.

De acuerdo a datos obtenidos de la estación agrometeorológica de la E.E.A. INTA H. Ascasubi, para la serie 2015-2022, la temperatura media anual es de 15,3 °C, la máxima media anual es de 21,8 °C (con un valor máximo absoluto de 42,5 °C para el mes de enero), y la temperatura media mínima es de 7,7 °C (con un valor absoluto mínimo de -7,4 °C en el mes de junio). (Figura 4).

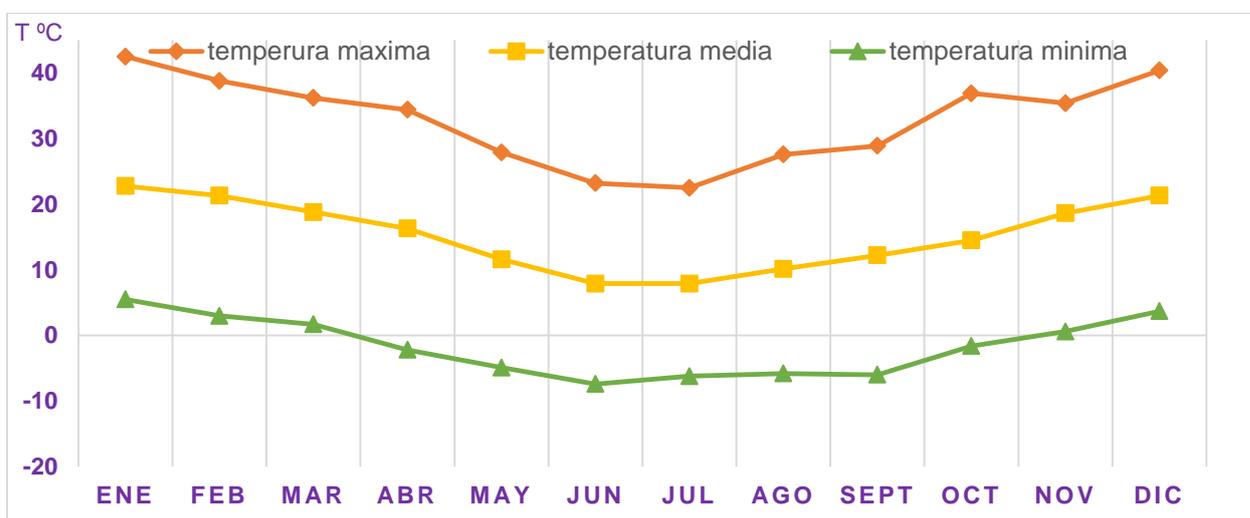


Figura 4. Variaciones de temperatura periodo (2015-2022) en el sitio de estudio 1. Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de la estación agrometeorológica de E.E.A. INTA H. Ascasubi.

La mayor cantidad de días con heladas para el período de estudio (años 2015 a 2022) se registró en el mes de julio con 9 días y los menores días estuvieron en los meses de abril (Figura 5).

La precipitación media anual histórica para la localidad de Hilario Ascasubi es de 494 mm, En base a las precipitaciones, el mes con mayores precipitaciones medias registradas en el período 2015-2022 fue noviembre con 59,6 mm y el mes con menores registros de lluvias fue junio con 10,7 mm (Figura 6).

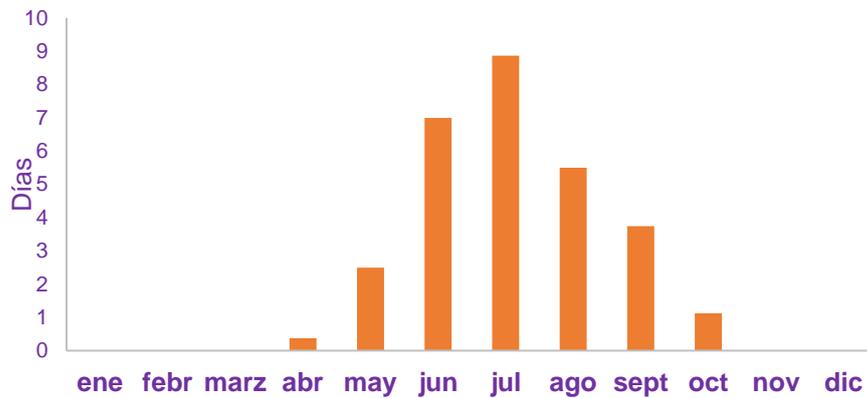


Figura 5. Días con heladas para la serie de años 2015-2022, registradas a 1.50 m.s.n.s., en el sitio de estudio 1.

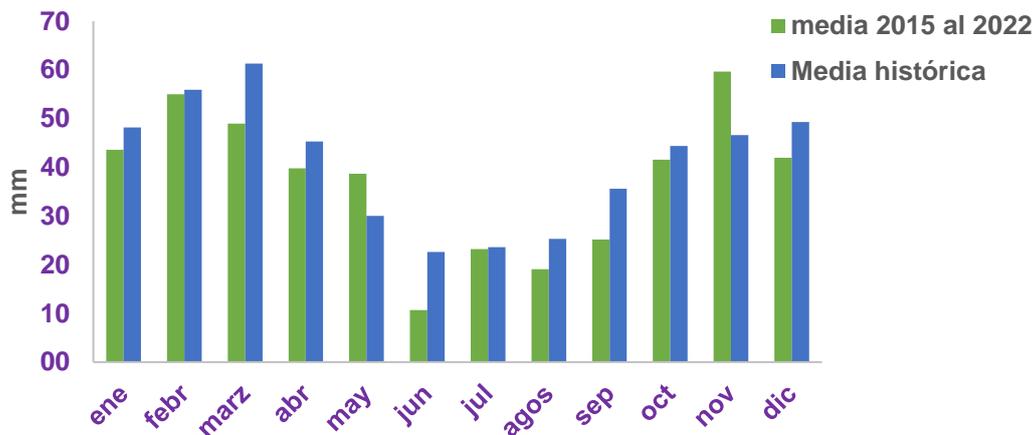


Figura 6. Precipitaciones mensuales medias registradas en el periodo 2015 al 2022 y medias mensuales históricas, en el sitio de estudio 1.

El clima de la región es cálido, con diferentes estaciones térmicas: severa en verano e invierno y templada en primavera y otoño. Dominan los vientos del noroeste generados por el anticiclón del Atlántico. En verano, este viento crea polvo en suspensión, baja la humedad relativa y aumenta el poder erosivo (Ferrelli, *et al.*, 2012). La velocidad del viento media anual varía de 11,8 a 14,6 km/h (vientos leves), con ráfagas de 50 km/h, por lo tanto, se trata de una zona ventosa dominado por suelos de textura gruesa, siendo

susceptible a la erosión eólica, que se ve agravada por la pérdida de cobertura vegetal durante los periodos secos (Zubiaga, *et al.*, 2023).

3.2.2. Sitio 2

El partido de Bahía Blanca se encuentra en el Sudoeste Bonaerense en la Región Fitogeográfica Neotropical, Dominio Chaqueño, en el ecotono entre la Provincia Pampeana (Distrito Austral) y la provincia del Espinal (Distrito del Caldén) (Pardiñas y Deschamps, 1996).

El suelo de este sitio corresponde a un Haplustol tapto árgico, de textura fina, mixta, térmica. Es un suelo originado a partir de limos, se encuentra dentro de un paisaje de tendido alto y relieve sub-normal en posición de loma, con pendientes de 0 a 1%. No tiene buen drenaje y es de permeabilidad lenta. Su limitante para el uso es climática. Está restringido en un 70% físico-químico en uso agrícola (clase IV o superior), tiene un IP del 34% (índice de productividad,) y presenta graves problemas de erosión (Lauric, *et al.*, 2020). Se trata de una zona con profundidades variables, desde afloramiento de tosca (carbonato de calcio) hasta más de un metro de profundidad. Las características edafoclimáticas generan incertidumbre en la previsión y planificación de los sistemas productivos, al punto que no existen recursos estables ante estas situaciones. A partir del 2009, después de varios periodos de sequía, exigió rever el sistema productivo de la región para mejorar la eficiencia, reducir el riesgo y aumentar la productividad dentro de la sostenibilidad económica, social y ambiental, permitiendo a los productores conservar un sistema de mayor adaptación frente a los riesgos (Lauric, *et al.*, 2020). Se tomaron muestras de suelo (Figura 7) para determinar las condiciones del mismo y su calidad en el laboratorio (Anexo 7.2).



Figura 7. Suelo de estructura arcillosa fina, con tendencia a la compactación, característico de la zona de influencia, en el sitio de estudio 2.

El clima según los índices de Thornthwaite es subhúmedo- húmedo, mesotermal. La temperatura media anual ronda los 15.1 °C. El valor más alto se registra en enero con una temperatura promedio de 23.3 °C. La temperatura más baja se registra en julio con 7.3 °C (Lauric *et al.*, 2020).

La velocidad promedio del viento tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La época más ventosa del año dura 3,8 meses, del 16 de noviembre al 11 de marzo, con velocidades promedio del viento de más de 18,7 km/h. El mes más ventoso del año es enero, con vientos a una velocidad promedio de 19,7 km/h. El mes más calmo del año es mayo, con vientos a una velocidad promedio de 17,7 km/h.

En la Figura 8 se pueden observar datos de precipitaciones para la serie de años 1976-2022 en Cabildo.



Figura 8. Precipitaciones para la región de Cabildo (periodo 1976-2022).

Para la serie de años en el año 1995 se produjeron las menores precipitaciones (420 mm anuales) y las máximas se registraron en el año 2001, con 1120 mm. El valor medio de precipitaciones anuales es de alrededor de 600 mm (1976-2022). Las lluvias se concentran en otoño y primavera y disminuye a finales de otoño e invierno. La escasez de agua también es evidente durante las estaciones cálidas, ya que la evaporación supera ampliamente las precipitaciones (Datos cedidos por la Coop Sombra de toro, de Cabildo).

3.3. Material vegetal

3.3.1. Sitio 1

Para la implantación de este ensayo se utilizaron los siguientes clones de álamos:

- *Populus deltoides* ‘Australiano 129-60’
- *Populus x canescens* (híbrido español)
- *Populus x canadensis* ‘Ragonese 22 INTA’

El clon 129-60 es un material australiano (procedencia Canberra, Australia) e introducido al país por INTA desde Estados Unidos. Es un clon muy resistente a la sequía (Marlats, *et al.*, 2000). Predomina la elección de los productores por su estabilidad productiva a campo, capacidad de aclimatación en diferentes sitios de plantación. (Alvarez, 2018). Su corteza es de color marrón (Figura 9).

El híbrido español (HE), *Populus x canescens*, se extiende naturalmente por el centro, este y sureste de Europa. Sus hojas juveniles son lobuladas y pilosas en el envés, pilosidad que se explaya a los ramillos y yemas, y su corteza es de color blanca, es muy característico de éste híbrido. Los suelos en los que se desarrolla se caracterizan por elevado pH (oscilando entre 7,2 y 8,2) y textura franca o franco- arcillosas (del Peso, *et al.*, 1997).

El clon *Populus x canadensis* (Ragonese 22 INTA) se obtuvo en el INTA. Presentan muchas ramas en sus guías y su forma cormométrica es más circular, que el clon 129-60. Su corteza es de color marrón y sus hojas son las primeras en virar a colores otoñales y es de caída de hojas más tardía (Cortizo, 2009).



Figura 9. Imagen a la izquierda de un ejemplar 129-60. En el centro un ejemplar híbrido español. Y en el lado derecho un ejemplar del clon R22.

Como material de plantación se utilizaron guías de 4-5 m de longitud para los clones 129-60 y R22, traídas desde INTA Delta y en ese caso del HE se utilizaron barbados 1T-2R provenientes del vivero provincial de la dirección de Bosques de Río Negro. Estos últimos tenían una altura total de alrededor de 2,20-2,60 m.

3.3.2. Sitio 2

Para la implantación de este sitio se utilizaron brinzales de algarrobo de un año y de dos años de crianza en vivero. Los plantines fueron criados en maceta de 1 L de capacidad, con suelo y compost en partes iguales.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Sitio 1

En el mes de agosto de 2015, se realizó la plantación en una parcela de la E.E.A. INTA Hilario Ascasubi, en un diseño en bloques totalmente aleatorizados (anexo 6.3) y con un marco de plantación en cuadrado de 6x 6m de espaciamiento entre plantas. El ahoyado se efectuó con una hoyadora hidráulica a una profundidad de 1.60 m aproximadamente, suficiente para alcanzar el nivel freático (Figura 10). El cultivo antecesor era rastrojo de maíz.



Figura 10. Hoyadora hidráulica y la plantación en el sitio de estudio 1.

La superficie de la parcela es de 3.888 m² (108 m x 36 m). Para evitar el efecto borde, se plantaron dos hileras perimetrales a la parcela con los mismos clones y el mismo espaciamiento. Se utilizaron 36 plantas por clon (12 para cada bloque) y en total se ubicaron 108 plantas. Como cultivo consociado en el modelo silvopastoril se implantó una pradera de avena-vicia.

Durante los dos primeros años post-plantación se practicó poda de formación (escamondo) a los clones, con el objetivo de ir formando fuste con madera libre de nudos y elevar la altura de las copas.

3.4.2. Sitio 2

En el mes de septiembre de 2017, se implantó un módulo silvopastoril en el campo del Señor Mario Perrone (Cabildo) con brinzales de “algarrobo de Chile” (*Netulma chilensis*) sobre una pastura de agropiro (*Thinopyrum ponticum*) sembrada en 2015 a una densidad de 30 kg/ha con un objetivo de obtener 30 a 40 plantas por m². Ésta es pastoreada por ganado bovino en diferentes momentos del año.

La preparación de la cama de plantación se inició en junio con la primera pasada de rastra (4,2 m de ancho x 0.20 cm de prof.) y 15 días antes de la fecha de plantación se realizó otra pasada de rastra. (Figuras 11 y 12) La labor de labranza solo se realizó en las líneas de plantación. Con estas labores se buscó generar un terreno menos compactado, eliminar malezas y acumular agua en el perfil.

Se plantaron 4 hileras de árboles con una distancia de 40 m entre ellas y 3 m entre planta dentro de cada hilera. El total se ubicaron 34 brinzales de algarrobos en cada hilera. La primera hilera se plantó con algarrobos de dos años de crianza de vivero y las restantes con plantas de un año. La cantidad total de plantas fue de 136 y la superficie de la parcela de 1,44 ha. Los brinzales eran provenientes del vivero municipal Gunther Lorentz, ubicado en Bosque Encantado (Pehuén Co, Partido de Coronel Rosales).

En el centro de cada línea labrada se midieron las distancias de plantación y se señalaron los lugares con estacas, se cavaron los pozos manualmente a pala y se procedió a la plantación de los plantines en los mismos (Figura13).

Para proteger a los árboles del ramoneo por bovinos, se procedió a instalar alambrado eléctrico perimetral en la parcela. Y para controlar el daño por liebres se procedió a proteger individualmente a cada ejemplar de algarrobo con una malla plástica (media sombra), hasta una altura de 0,60 m.



Figura 11. Rastra de disco, utilizada para la labor de preparación del sitio 2 de plantación.



Figura 12. Línea preparada para la plantación en el sitio 2.



Figura 13. Medición, estaqueado y realización de pozo, en el sitio 2 de plantación.

Una vez realizada la plantación, se comenzó a tutorar con varillas y proteger las plantas de los herbívoros (liebres, hormigas, etc.) utilizando una media sombra alrededor de los tallos (Figura 14). Finalizada esta tarea se inició la instalación del sistema de riego por goteo y red de mangueras de distribución. En el cabezal se instaló una bomba solar

de 1.5 HP, con filtro y manómetro, y una batería adecuada para este tipo de energía. Este sistema de distribución contó con mangueras de 3/4" para los ramales principales y mangueras de 1/2" para las hileras. En cada planta se colocaron 2 goteros autocompensantes de 4 L/h distanciados 25 cm del eje de la planta hacia ambos lados (Figura 15). La frecuencia de riego, fue de una vez por semana.

También se les practicó poda de formación a las plantas en el momento de la plantación.



Figura 14. Colocación de media sombra para protección en el sitio 2.



Figura 15. Distribución y acople de mangueras y disposición de goteros en el sitio 2.

3.5. Variables medidas

3.5.1. Sitio 1

En la parcela de álamos se evaluó supervivencia en el primer año post-plantación y anualmente durante el periodo de años 2015-2023 se procedió a medir diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total de los ejemplares.

La altura de los álamos se hizo con el clinómetro (Figura16) y los diámetros se midieron con la forcípula (Figura 17).

3.5.2. Sitio 2

En esta parcela se evaluó supervivencia y se registraron mediciones de diámetros a la altura del cuello (DAC) de los brinzales y altura total de los mismos.

La altura se midió con cinta métrica (Figura 18) y los DAC con un calibre Vernier (Figura 19). También se practicó poda de formación en el momento de la plantación.



Figura 16. Estimación de altura total con clinómetro en el sitio de plantación 1.



Figura 17. Medición de diámetros con forcípula en el sitio de plantación 1.



Figura 18. Medición de altura de los algarrobos en el sitio de plantación 2.



Figura 19. Medición de los diámetros a la altura del cuello (DAC) de los algarrobos en el sitio de plantación 2.

4. Resultados y Discusión

4.1. Sitio 1

En la Figura 20 se pueden observar las variaciones en los incrementos anuales de altura (m) para los tres clones ensayados (129/60, R22 y HE), durante el período de años 2017-2023.

El clon 129/60 en los años iniciales (2017, 2018 y 2019) mostró un crecimiento anual en altura significativamente inferior ($p < 0,005$) a los otros clones. En tanto, los clones R22 e HE en el año 2019 manifestaron sus mayores crecimientos en altura, superando los 2 m de crecimiento anual (2,51 m y 2,07 m, respectivamente). Para los tres clones, los menores incrementos se registraron durante los primeros cuatro años post-plantación. Esto puede deberse a que, en estos estadios iniciales, las plantas debieron desarrollar su sistema radical, lo cual afectó el destino de fotoasimilados para el crecimiento longitudinal del fuste. A partir del año 2019 los clones tuvieron un comportamiento similar, manteniendo tasas de crecimiento constantes en los siguientes años analizados.

En el año 2017 y 2018, el 129/60 fue el clon que tuvo los menores incrementos en altura (0,99 y 0,90 m, respectivamente), mientras tanto el R22 mostró un incremento de 1,18 m en el año 2018 superando a los otros clones, y el HE por su parte, superó en incremento en altura a los otros clones en el año 2017. Estas variaciones pueden explicarse porque, tanto el 129/60 y el R22, se implantaron a partir de guías sin formación de rizogénesis, en tanto, el HE se implantó con guías enraizadas (barbados), por lo cual los primeros clones debieron gastar energía y reservas para la formación de raíces en las primeras estaciones de crecimiento. La precoz repuesta de crecimiento mostrada por el R22 reafirma los mayores rendimientos volumétricos que caracterizan a este clon.

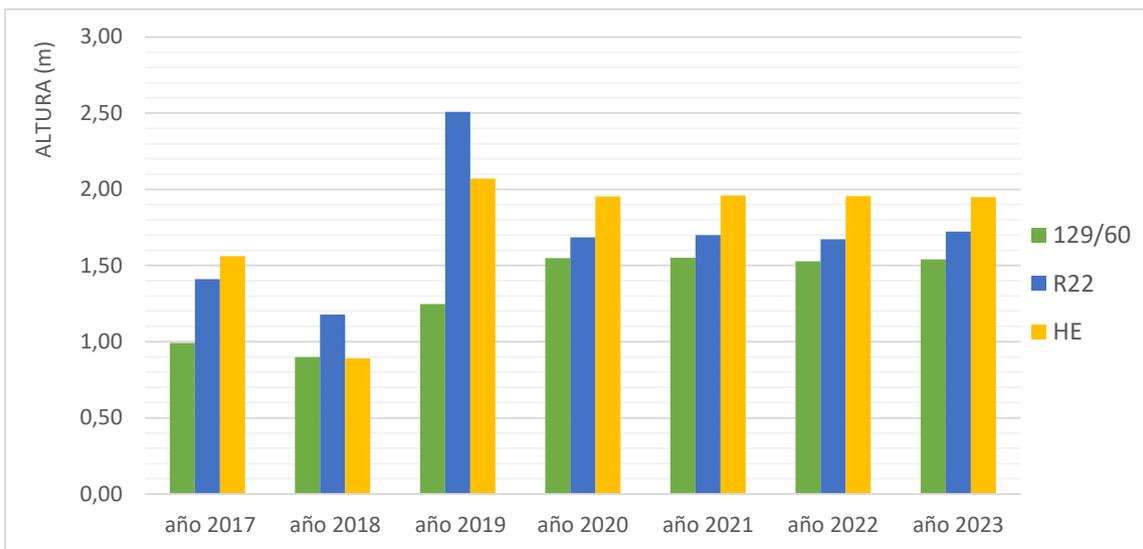


Figura 20. Altura (m) de los clones 129/60, R22 y HE, evaluados en el sitio 1 durante el período 2017-2023.

En cuanto a los incrementos en diámetro, los clones mostraron un comportamiento similar a lo visto para los crecimientos en altura. En el año 2017 el clon 129/60 manifestó significativamente un menor ($p < 0,05$) incremento diametral (0,96 cm), con respecto a los otros clones. Este crecimiento diferencial puede atribuirse a que este clon es más recalcitrante al enraizado. Como se comentó anteriormente, el R22 es un clon de mayor vigor inicial que se evidencia por su crecimiento en DAP como se puede notar en el año 2018 (Figura 21), donde registró significativamente el mayor ($p < 0,05$) de los incrementos (3,03 cm) en comparación con los otros clones.

El mayor incremento anual en DAP (3,25 cm) se obtuvo para el HE en el año 2019, diferenciándose estadísticamente ($p < 0,05$) con respecto a los otros clones y para la toda serie de años analizada. A partir de ese año, los incrementos diametrales se mantuvieron constantes para los diferentes clones en los años subsiguientes, manifestándose a lo largo del tiempo un menor incremento anual en DAP para el clon 129/60 y el mayor incremento para el HE (Figura 21).

En la evaluación de supervivencia de los clones, se cuantificó un 100% de supervivencia para los clones R22 y HE. En el clon 129/60 se observó un ejemplar muerto (supervivencia de 99,97%), el cual fue reemplazado por otro del mismo clon, pero no fue considerado para las mediciones dasométricas de esta tesis.

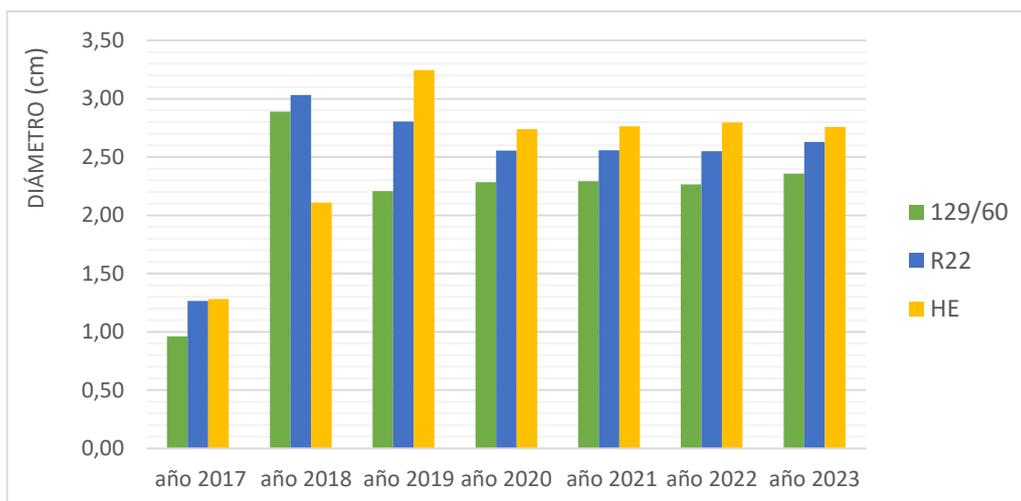


Figura 21. Diámetro (cm) de los clones 129/60, R22 y HE evaluados en el sitio 1 durante el período 2017-2023.

4.2. Sitio 2

En relación a la altura, la primera hilera (hilera 1) de plantas tuvo una altura inicial marcadamente superior a las otras filas de plantas, puesto que, se trataba de plantas de dos años de crecimiento en vivero, mientras que las otras hileras estaban implantadas con plantas de un año (Figura 22).

Las plantas de dos años (hilera 1), al segundo año post-plantación (año 2018), mostraron una menor altura con respecto al año anterior, producto de herbivoría causada por *Lagomorfos* (liebre europea, Figura 22). Las plantas que crecían en las hileras 2, 3 y 4, al ser de menor altura, se encontraban mejor protegidas del ataque por liebres, pero a partir del segundo año post-plantación se observó una gran mortandad de las mismas debido a diversas causas (competencia con herbáceas, depredación por liebres y problemas de drenaje del suelo).

El crecimiento en altura de las plantas durante el primer año no tuvo los aumentos esperados al segundo año (Figura 22), por las condiciones de ambiente y suelo, ya mencionadas.

Durante los años de cuarentena por la pandemia COVID-19 no se realizaron salidas al campo para continuar con las mediciones de este ensayo. En 2023 solamente se contabilizó la altura de las plantas que crecían en la hilera 1 (Figura 22) dado que,

como se observa en la Figura 22, la mortandad de las plantas en las demás hileras alcanzó al 100%.

En el lapso de tiempo de 5 años (2018-2023) la altura media de las plantas tuvo un ínfimo incremento (menor a 10 cm) atribuido a las condiciones físico-químicas del suelo, las cuales limitan sustancialmente la exploración radical.

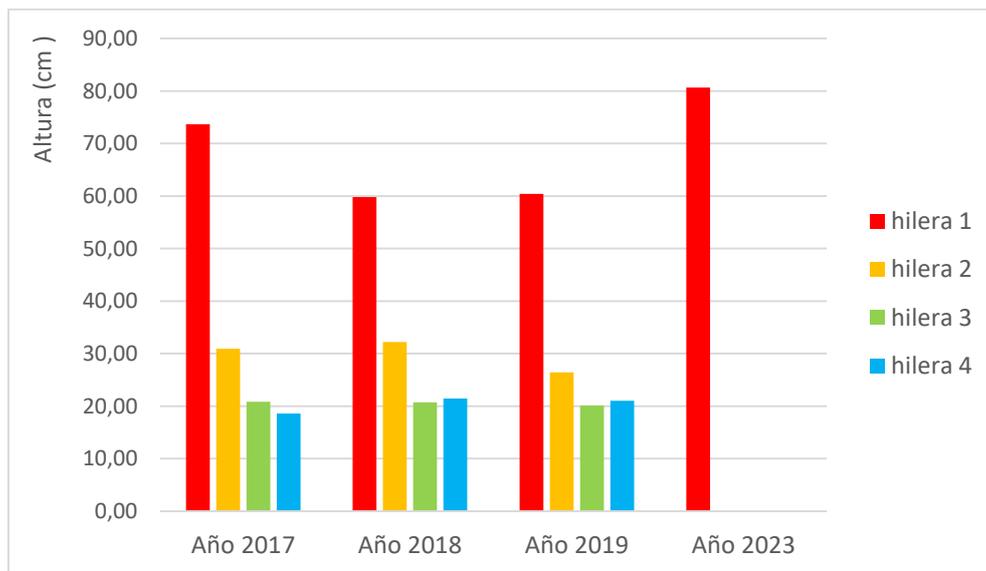


Figura 22. Altura (cm) de algarrobos creciendo en 4 hileras en el sitio 2 durante el período 2017-2023.

En la supervivencia, la hilera 1 implantada con ejemplares de dos años de crianza en vivero se observó una constancia en el tiempo positiva. Lo contrario se evidenció con plantas de menor tamaño (un año de vivero), con tendencia descendentes en niveles de supervivencia (Figura 23).

Se registraron muchas muertes de plántulas y la supervivencia cayó por debajo del 50% en estas plantas de menor crecimiento. Esto correspondió a que el suelo tiene un mayor porcentaje de textura fina con altos contenidos de limo (ver anexo 6.2). Las raíces no podían explorar el suelo con facilidad, debido a la compactación de la zona de influencia.

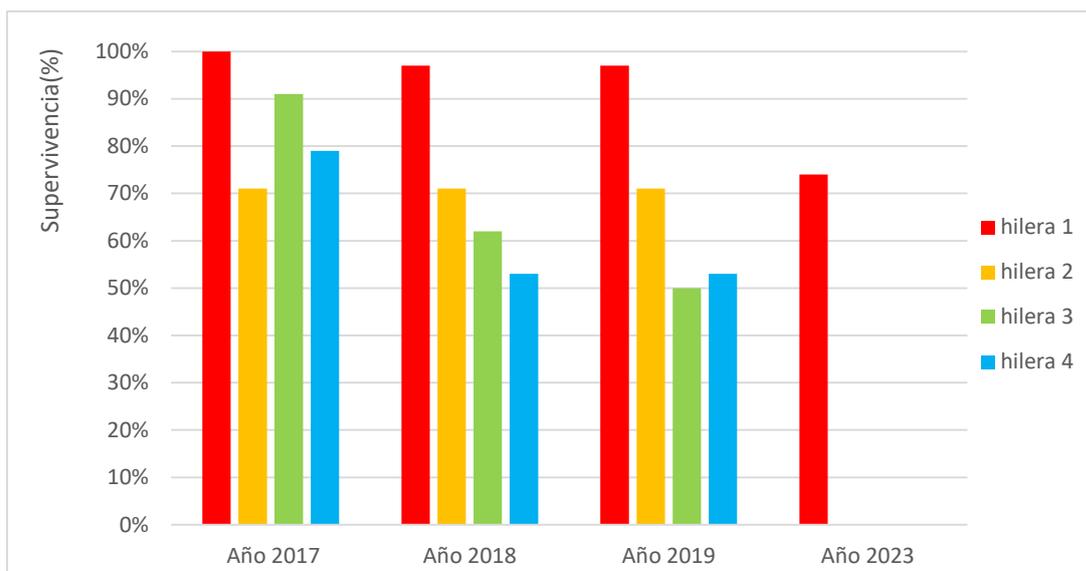


Figura 23. Supervivencia de algarrobos creciendo en 4 hileras en el sitio 2 durante el período 2017-2023.

Las mediciones de diámetro a la altura del cuello (DAC) se realizaron en 2023, sobre las plantas supervivientes de la hilera 1. El diámetro medio fue de 1,77 cm, con un rango variable entre 3,6 cm y 0,6 cm.

5. Conclusiones

Los clones de álamos ensayados bajo el sistema de plantación a raíz profunda han demostrado adaptarse a las condiciones de suelo y clima en el área donde se llevaron a cabo los ensayos. Y la alta supervivencia observada nos garantiza que los clones pueden prosperar exitosamente en estos ambientes semiáridos.

El clon R22 ha experimentado incrementos notables en altura y diámetro comparables con otras zonas forestales de Argentina, siendo un dato relevante y positivo en el contexto de la evaluación de su crecimiento en seco para el sur de la provincia de Buenos Aires.

Estos datos contribuyen al conocimiento sobre el comportamiento de distintos clones de álamos en la región semiárida bonaerense y pueden ayudar a maximizar su incorporación en los SSP en la región de estudio.

Por otra parte, en el planteo de SSP con algarrobos en la región semiárida del SO bonaerense debería considerarse el uso de brinzales con mayor tiempo de crianza en vivero, para lograr mayor éxito en la implantación de los árboles. Plantines de más de dos años demuestran mayor supervivencia en comparación con ejemplares más jóvenes. Este hecho puede tener importantes implicaciones al momento de decidir invertir en plantines más grandes, para asegurar éxitos en la plantación.

Si bien, los algarrobos han demostrado ser valiosos en la región semiárida bonaerense debido a su capacidad para sobrevivir en condiciones adversas, también, debería seleccionarse cuidadosamente las características de los suelos en donde implantar a los mismos, dado que las condiciones de suelo en los que fue evaluada esta especie, no son las más adecuadas.

La introducción de la actividad forestal dentro del sistema ganadero en el sudoeste bonaerense puede considerarse un cambio significativo en la estrategia de manejo tradicional de los recursos. Debe llevarse a cabo de manera equilibrada para evitar conflictos con las actividades agrícolas y ganaderas, y puede representar un cambio positivo y lograr beneficios para la economía rural y el medio ambiente, logrando mitigar las emisiones de GEI ocasionadas por la ganadería.

6. Bibliografía

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115. (108). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001>. (Consultado el 30/5/2023).
- Alvarez, J. A. (2018). Estabilidad productiva y plasticidad fenotípica de *Populus* spp. en relación con el contenido de agua y sales en el suelo en el Delta del Paraná, Argentina. (1-149). Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2018alvarezjavieralejandrod.pdf>. (Consultado el 6/9/2023).
- Amico, I. L. (2006). Viverización y cultivo de álamos y sauces en el noroeste del Chubut. E.E.A. INTA Esquel. 48 p. (1-52), (5-6). Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11957>. (Consultado el 5/9/2023).
- Caro, L.A. (2005). Tecnología de la multiplicación de *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz para la región semiárida pampeana. Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Sur. 196 p. (Consultado el 6/9/2023).
- Caro L., García J.D., Iurman D., Espósito M. y Sánchez R. (2017). Implantación de clones de álamos a raíz profunda en sitios de secano del valle bonaerense del río Colorado (Argentina). En *Actas de las Jornadas de Salicáceas 2017 – V Congreso Internacional de Salicáceas*. Talca, Chile. pp: 152-154.
- Colcombet, L., Esquivel, J. I., Fassola, H. E., Goldfarb, M. C., Lacorte, S. M., Pachas, N., & Winck, R. A. (2015). De Misiones y Corrientes, Argentina. Sistemas agroforestales, 103. Los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina, 105. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Florencia_Montagnini/publication/324416322_Sistemas_Agroforestales_Funciones_productivas_socioeconomicas_y_ambientales/links/5e987608a6fdcca7891e7a4b/Sistemas-Agroforestales-Funciones-productivas-socioeconomicas-y-ambientales.pdf#page=110. (Consultado el 1/8/2023).
- Cordisco, M., De Uribe Echevarría, A., Maccagno, R., Scoponi, L., Nori, M., y Piñeiro, V. A. (2019). Riego por gravedad en el valle inferior del río Colorado (BA): Análisis económico para una gestión eficiente del agua a escala predial. *L Reunión Anual AAEA* (Buenos Aires, Argentina, 30/Octubre - 1/noviembre de 2019). Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5126> (Consultado el 20/10/2023).
- Cortizo, S. (2009). *Identificación clonal. Importancia en la certificación de viveros de Salicáceas* (Apuntes Aula Virtual FCAYF-Universidad Nacional de La Plata 8p). Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/44809/mod_folder/content/0/Cortizo_identificaci%C3%B3n_clonal_de_salic%C3%A1ceas._Jornadas_Salicaceas_2009%5B1%5D.pdf?forcedownload=1 (Consultado el 6/9/2023).

- Cubbage, F., Balmelli, G., Bussoni, A., Noellemeyer, E., Pachas, AN, Fassola, H. y Hubbard, W. (2012). Comparación de sistemas silvopastoriles y perspectivas en ocho regiones del mundo. *Sistemas Agroforestales*, 86. 303-314. Disponible en: <https://www.academia.edu/download/87734479/s10457-012-9482-z20220619-1-z6zwqi.pdf>. (Consultado el 29/9/2023).
- de la Cerda Lemus, M. E. (2000). Álamos y sauces del estado de Aguascalientes. *Rev. Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (23): 17-24.
- del Peso, C., de Lucas, A. I., Martínez, P., Sierra, R., Y Cuevas, Y. (1997). El álamo cano del Cerrato (*Populus x canescens*). Conservación de sus recursos genéticos en la provincia de Palencia. En *Actas del I Congreso Hispano-Luso. II Congreso Forestal Español. Comunicaciones* (Vol. 2, pp. 177-181). (Consultado el 6/9/2023)
- Esquivel, J., y Lacorte, S. (2009). Sistemas silvopastoriles–Marco conceptual. (1-16). (4-5). Disponible en: https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/SSPi_Marco_conceptual_Esquivel.pdf. (Consultado el 9/8/2023).
- Fernández, R. (2019). Entrenamiento profesional en el área de influencia de la EEA INTA Hilario Ascasubi: manejo ganadero a pasto ya corral. (1-57), (7). Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4699>. (Consultado el 16/8/2023).
- Ferrelli, F., Bohn, V. Y., y Piccolo, M. C. (2012). Variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos secos en el sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física*, 15-28. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/FedericoFerrelli/publication/284626334_Variabilidad_de_la_precipitacion_y_ocurrencia_de_eventos_secos_en_el_sur_de_la_provincia_de_Buenos_Aires/links/56b23afb08ae795dd5c7a999/Variabilidad-de-la-precipitacion-y-ocurrencia-de-eventos-secos-en-el-sur-de-la-provincia-de-Buenos-Aires.pdf. (Consultado el 16/8/2023).
- García Caballero, J.L. (2011). Silvicultura de Salicáceas, plantación de chopos a raíz profunda. En *Actas XI Jornadas Nacionales de Salicáceas* (Conferencia). 18 de marzo de 2011, Neuquén (Argentina). Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/29471538/plantacion-de-chopos-a-raiz-profunda> (consultado el 20/10/2023)
- Heguy, B., Bolaños, V., Fernández, F., Mendicino, L., Sharry, S. E., Stevani, R. A., y Galarco, S. P. (2022). Sistemas silvopastoriles en la Pampa Deprimida, interacciones y efectos sobre los componentes. *Libros de Cátedra*. 381p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/132077/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1 (Consultado el 2/8/2023)
- Hernández, M., & Guenni, O. (2008). Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). *Zootecnia Tropical*, 26(4), (439-453). (440). Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692008000400004 (Consultado el 9/8/2023).

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2022 Cartas de Suelos República Argentina - Provincia de Buenos Aires (Zenodo). Disponible en: <https://zenodo.org/records/6353509> (Consultado el 18/10/2023).
- Iraola, J., Muñoz, E., García, Y., & Hernández, J. L. (2015) Caracterización faunística en un sistema silvopastoril destinado al ganado de engorde Pastos y Forrajes, 38, (4):418-424. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n4/pyf05415.pdf>. (Consultado el 8/8/2023).
- Izaguirre Flores, F. y Martínez Tinajero, J.J. (2008). El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21(1):28-40. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835697.pdf> (Consultado el 20/10/2023).
- Lacorte, S. M., y Esquivel, J. I. (2009). Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. En *Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. pp. 70-82. 14. 15 y 16 de mayo de 2009, Posadas (Argentina). INTAed.
- Lauric, M. A., Torres Carbonell, C., de Leo, G., Tizón, R., Caro, L., Rosetti, V. y Hernández, L. (2020). Estudio de la implantación de un módulo silvopastoril con especies autóctonas dentro de un sistema real de producción basado en pasturas perennes, Bahía Blanca, Semiárido bonaerense, Argentina. *Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação*, 2(2):87-95.
- Luccerini S.A., Subovsky, E., & Borodowski, E. (2016). Sistemas silvopastoriles: una alternativa productiva para nuestro país. *Apuntes Agronómicos*. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires 7(8). (1-8), (4). Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/apuntes/wp-content/uploads/2020/03/sistemas-silvopastoriles-una-alternativa-productiva-para-nuestro-pais.pdf>. (Consultado el 17/7/2023).
- Marengo, A. J. A. (2021). Sistemas Silvopastoriles: una alternativa para la producción ganadera agroecológica y sustentable. *Revista Episteme*, 1:240-249. Disponible en : <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/retm/article/download/1340/1211>. (Consultado el 30/5/2023).
- Marlats, R. M., Marquina, J. L., Bratovich, R. A., & Lanfranco, J. W. (2000). *Populus deltoides* Marsh. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 32. (7-14), (9-10). Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/107381/Documento_completo.pdf?sequence=1. (Consultado el 5/9/2023).
- Molina, S. (2021). *Sistemas silvopastoriles: Posible aplicación en la zona frutícola de Mendoza*. [Tesis de Grado, Universidad, Universidad Juan Agustín Maza, Facultad de Ciencias. Veterinarias y Ambientales, Mendoza], 41p. Disponible en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/xmlui/handle/00261/2917>. (Consultado el 27/7/2023).
- Pantiu, A. J., Capellari, A., y Kurtz, V. D. (2010). Sistemas silvopastoriles del centro y norte de la Provincia de Misiones, Argentina. *Rev. Veterinaria* 69-75. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/download/1873/1623>. (Consultado el 31/5/2023).

- Pardiñas, U. F., y Deschamps, C. (1996). Sigmodontinos (Mammalia, Rodentia) pleistocénicos del sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina): aspectos sistemáticos, paleozoogeográficos y paleoambientales. *Estudios Geológicos*, 52(5-6):367-379. Disponible en: <https://estudiosgeol.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeol/article/download/277/280>. (Consultado el 28/8/2023).
- Peri, P. L. (2012). Implementación, manejo y producción en sistemas silvopastoriles: enfoque de escalas en la aplicación del conocimiento aplicado. *Actas II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles* Santiago del Estero, 9 al 11 de mayo 2012. Ediciones INTA, pp: 8-21. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12327/INTA_CR%20Patagonia%20Sur_EEA%20Santa%20%20Cruz_PERI_P.L_Enfoque%20_escalas%20en%20la%20aplicaci%20n%20conocimiento%20aplicado_SSP.pdf?sequence=1&isAllowed=y(Consultado el 1/8/2023).
- Peri, P. L., Sturzenbaum, M. V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moreto, A., y Mayo, J. P. (2005). Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. In *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Nuevas Tendencias Forestales* (Vol. 10, p. 10). Disponible en: https://www.academia.edu/download/46274347/Productividad_de_sistemas_silvopastorile20160606-30409-1lgiq9s.pdf. (Consultado el 9/8/2023).
- Peri, P. L., Sturzenbaum, M. V., Rivera, E. H., y Milicevic, F. (2006). Respuesta de bovinos en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Actas 4to Congreso Latinoamericano de Agroresfotería para la Producción Pecuaria Sostenible*. Varadero, Cuba.
- Poy, A.A. (2021). *Evaluar la incorporación del sistema silvopastoril para el aprovechamiento de áreas anegadas, en la zona de General Villegas, provincia de Buenos Aires, Argentina*. [Tesis de Grado, Universidad Siglo 21]. Disponible en: <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/22378/TFG%20-%20Agustina%20Poy.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consultado el 23/5/2023).
- Ramos, R. (2022). *Investigación del grado de conocimiento de los productores agropecuarios sobre el Sistema Silvopastoril (SSP) en el norte del departamento de Juárez Celman, provincia de Córdoba, Argentina, año 2021* (Tesis de Grado, Universidad Siglo 21). (1-49), (5). Disponible en: <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/26614/TFG%20-%20Ramos%20Rodrigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consultado el 7/8/2023).
- Rossi, C. A., González, G. L., y De Magistris, A. A. (2015) La ganadería en los Sistemas Silvopastoriles: Caso de estudio en el Bajo Delta del Paraná. V Jornadas y II Congreso Argentino de Ecología de Paisajes Azul, Buenos Aires, Argentina, 1. (1-2), (1) Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Rossi-8/publication/277998859_La_ganaderia_en_los_Sistemas_Silvopastoriles_Caso_de_estudio_en_el_Bajo_Delta_del_Parana/links/5578179c08ae7521586e4ed3/La-ganaderia-en-los-Sistemas-Silvopastoriles-Caso-de-estudio-en-el-Bajo-Delta-del-Parana.pdf. (Consultado el 7/8/2023).

- Sánchez, R., Pezzola, N., y Cepeda, J. (1998). Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA. EEA Hilario Ascasubi. *Boletín de divulgación*, 18, 72. (1-72) Disponible en: <https://docplayer.es/15529542-Caracterizacion-edafoclimatica-del-area-de-influencia-del-inta-e-e-a-hilario-ascasubi.html>. (Consultado el 16/8/2023).
- Sharry, S. E., Stevani, R. A., y Galarco, S. P. (2022). Sistemas agroforestales en Argentina. *Libros de Cátedra*. (1-374), (223). Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/131898/Documento_completo.pdf?sequence=1. (Consultado el 7/8/2023).
- Silberman, J. E. (2016). *Diversidad microbiana y materia orgánica del suelo en sistemas silvopastoriles de la Región chaqueña* (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata), 198p. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/55679/Documento_completo_.pdf?sequence=3 (Consultado el 7/8/2023).
- Silberman, J. E., Anriquez, A. L., Dominguez Nuñez, J. A., Kunst, C. G., & Albanesi, A. S. (2015). La cobertura arbórea en un sistema silvopastoril del Chaco y su contribución diferencial al suelo. *Ciencia del suelo*, 33(1):19-29. Disponible en : <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v33n1/v33n1a03.pdf> (Consultado el 7/8/2023).
- Silberman, J., Albanesi, A., Romero, A., & Grasso, D. (2019). Los sistemas silvopastoriles de la región chaqueña modifican el potencial catabólico de las comunidades microbianas del suelo. *Ciencia del suelo*, 37(1):164-172. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672019000100015&script=sci_arttext (Consultado el 7/8/2023).
- Zubiaga, L., Vanzolini, J., Dunel, L., Storniolo, R., Ombrosi, D., Cantamutto, M., y Galantini, J. (2023). Estructura del rastrojo y agua disponible bajo siembra directa en el semiárido austral pampeano. *Ciencia del Suelo*, 41(1): 56-76. Disponible en: <https://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/article/view/765/350>. (Consultado el 16/8/2023).

7. Anexo

7.1. Análisis de suelo sitio 1

Muestra 2	MO (%)	Nt (%)	pH	Pe (ppm)	Kd (ppm)	CIC (cmol/kg)
0-20	1.61	0.096	6.5	29.4	266.9	6.1
20-50	0.95	0.054	7.6	16.4	234.4	5.6
+ 50	0.46	0.031	8.4	6.2	323.2	4.6

Muestra 2	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0-20	65.6	16.2	18.2
20-50	64.4	21.2	14.4
+ 50	64.9	23.0	12.1

Realizado por LABSPA (Ex Lanais N-15), Laboratorio de Servicios Analíticos de Suelos, Plantas y Ambiente. CERZOS - CONICET - UNS

7.2. Análisis de suelo sitio 2

Muestra		MO	Nt	pH	CE	Pe	N-NO3	Kdisp
		----- % -----			dS/m	----- ppm -----		
Entre árboles	0-5	3.78	0.148	6.8	0.68	19.2	12.3	720.6
	5-10	3.33	0.108	6.7	0.65	13.6	20.2	694.1
	10-20	2.90	0.131	7.0	0.82	9.6	14.4	651.2
	20-50	1.55	0.086	7.4	0.71	3.2	14.2	519.3

Muestra		Arena	Limo	Arcilla
		----- % -----		
Entre árboles	0-5	59.6	21.8	18.6
	5-10	61.2	18.7	20.1
	10-20	47.7	33.0	19.3
	20-50	45.6	41.1	13.3

Realizado por LABSPA (Ex Lanais N-15), laboratorio de servicios analíticos de suelos, plantas y ambiente. CERZOS - CONICET - UNS.

7.3. Diseño en bloques completamente aleatorizados sitio 1

Bloque 1

129/60	129/60	R22	R22	HE	HE
129/60	129/60	R22	R22	HE	HE
R22	R22	HE	HE	129/60	129/60
R22	R22	HE	HE	129/60	129/60
HE	HE	129/60	129/60	R22	R22
HE	HE	129/60	129/60	R22	R22

Bloque 2

HE	HE	129/60	129/60	R22	R22
HE	HE	129/60	129/60	R22	R22
129/60	129/60	R22	R22	HE	HE
129/60	129/60	R22	R22	HE	HE
R22	R22	HE	HE	129/60	129/60
R22	R22	HE	HE	129/60	129/60

Bloque 3

R22	R22	HE	HE	129/60	129/60
R22	R22	HE	HE	129/60	129/60
HE	HE	129/60	129/60	R22	R22
HE	HE	129/60	129/60	R22	R22
129/60	129/60	R22	R22	HE	HE
129/60	129/60	R22	R22	HE	HE