

## La consolidación de la generación de conocimiento y difusión de los sistemas silvopastoriles en Uruguay.

Carolina Viñoles Gil, Jean K. Fedrigo, Valentina Benítez, Rodrigo Santa Cruz

### RESUMEN

La adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) en Uruguay ha tenido un fuerte impulso en los últimos años. La generación de conocimiento en situaciones planificadas para explotar las sinergias entre los distintos componentes empieza a consolidarse y los primeros resultados permiten ubicar a Uruguay en un punto de destaque en la temática. La creación de redes interinstitucionales estratégicas para diseñar experimentos de largo plazo, permitirá una mejor comprensión de las interacciones bióticas y abióticas de los SSP.

### INTRODUCCIÓN

En el presente, es incorrecto referirse a que el conocimiento generado en sistemas silvopastoriles (SSP) en Uruguay se ha generado en situaciones que no fueron planificadas para explotar las sinergias entre sus componentes. También es parte del pasado la ausencia de predios demostrativos o plataformas de investigación, docencia y extensión. Estas limitantes, identificadas en el trabajo publicado en 2018 “Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay” (Fedrigo et al. 2018), fueron resueltas y forman parte de los avances realizados por nuestro equipo de investigación. Hoy tenemos a disposición una clara caracterización y cuantificación de los sistemas silvopastoriles en Uruguay (Sancho et al. 2021), y la investigación articulada por instituciones públicas y productores avanza en la generación de conocimiento y conformación de redes productivas.

Dentro de los recientes logros en la temática, destacamos el trabajo ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, el Ministerio del Ambiente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Global Environmental Facility (ver Capítulo 1), que nos permitió identificar productores y conocer las características de los SSP existentes en Uruguay. Los SSP comienzan tímidamente a instalarse en la década de los 90, los cuales son definidos como la “integración deliberada y a largo plazo de árboles, ganado y pasturas, que interactúan en forma armónica, propendiendo a la sinergia de sus componentes, con el objetivo de maximizar la producción del sistema, en forma

sostenible” (Sancho et al. 2021). En un sistema integrado, no se busca maximizar la producción de madera ni de carne de manera aislada, pero ambas se trabajan en un punto óptimo, donde en conjunto aportan mayor productividad al sistema. A partir de esa definición, se diagnosticó la existencia de 3 zonas donde existen SSP en Uruguay: la zona sur-sureste (5.066,25 ha), la zona centro-sur (976,34 ha) y la zona norte (349,98 ha), totalizando 6.393,57 ha (Figura 1). Las especies del género *Eucalyptus* son variadas, predominando el *Eucalyptus globulus* en la zona sur-sureste y *Eucalyptus grandis* en la zona norte. Esta área comprende 39 casos que ocupan el 0,4% de la superficie productiva del país (Sancho et al. 2021).

Detectamos además que desde la realización del último Seminario en SSP en el año 2019, la investigación nacional ha avanzado en la comprensión de los procesos fundamentales para la implementación adecuada de estos sistemas. Tenemos como objetivo principal en este capítulo destacar esos avances y las oportunidades generadas en el ámbito de difusión y enseñanza.

## PLATAFORMAS EXPERIMENTALES Y CONOCIMIENTO GENERADO

Para levantar las restricciones para la adopción de SSP (Fedrigo et al. 2018), la instalación de plataformas experimentales en predios comerciales permitió avanzar en la generación de conocimiento básico y difusión de los mismos. De esta manera, fueron conducidos experimentos en tres predios (Quebrachal, Lomas Bien y Abuelita) (cuadro 1), que presentan diseños de plantación distintos y fueron incorporados en nuestra red experimental para generar conocimiento en el corto y mediano plazo. Adicionalmente, para estudiar las interacciones de largo plazo entre los componentes bióticos y abióticos del sistema, fue diseñada la plataforma “Mi Capricho”. Esta es la primera plataforma de Investigación, Docencia y Extensión en SSP de Uruguay creada por un equipo interdisciplinario para la realización de estudios detallados desde la plantación hasta la cosecha final de los árboles. En esta plataforma confluyen los aportes de las ciencias de la naturaleza (conservación de suelos, producción y manejo forestal, producción forrajera, producción, reproducción y bienestar animal, bioestadística, biodiversidad y sistemas ambientales), tecnológicas (eficiencia de los procesos y optimización), y sociales (beneficios por rubro, relevo generacional). Los tratamientos y sus repeticiones estadísticas fueron establecidos en octubre de 2020, y se están obteniendo los primeros datos que permitirán crear oportunidades de intensificación sostenibles que consideren aspectos económicos, sociales y ambientales. La investigación ya no puede estar ajena a las relaciones comerciales complejas y a los cambios ambientales mundiales, y nuestra filosofía de trabajo busca contemplar dichos aspectos.

**Cuadro 1.** ▼

Plataformas experimentales en SSP con participación del PDU Agroforestal en el Noreste y Sur del país, donde se detalla el propietario, la especie arbórea utilizada, la ubicación, el tipo de suelo y el marco de plantación utilizado.

Detalles del sistema	Plataforma Experimental			
	Quebrachal	Lomas bien	Abuelita	Mi Capricho
<i>Propietario</i>	Lumin	Martín Pérez del Castillo	José Luis Dutra da Silveira	Viterbo Gamarra
<i>Fecha de plantación</i>	2/12/2008	2012	16-20/10/2015	21/10/2020
<i>Especie</i>	<i>E. grandis x E. camaldulensis</i>	<i>E. dunni</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. grandis</i>
<i>Paraje</i>	Quebrachal	Cerro Colorado	Batoví	Puntas de Sauce
<i>Departamento</i>	Cerro largo	Florida	Tacuarembó	Cerro Largo
<i>Tipo de suelo</i>	2.14	5.02b	7.2, 7.32	8, 6.15
<i>Nº de filas</i>	1	2	2	2 y 4
<i>Diseño de plantación</i>	3.4+7 y 3.4+20	4x2+15	4x4+20	5x5+20
<i>Densidad (árboles/ha)</i>	420 y 163	294	250	160 y 240
<i>Orientación</i>	E-W y N-S	NE - SO	E-W	N-S

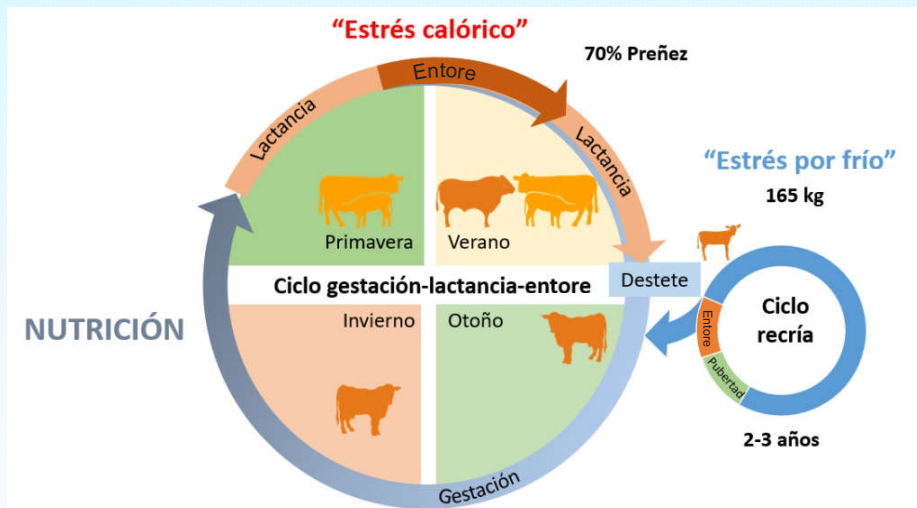
### Componente forrajero y microclima

En cuanto al componente forrajero y aspectos microclimáticos, a través del proyecto “Tecnologías para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en Uruguay: evaluación de forrajeras en condiciones de sotobosque” establecido en los predios Quebrachal y Lomas bien, se han demostrado importantes interacciones entre la orientación de las filas de los árboles y la sombra generada. Verificamos que la radiación solar acumulada en el control (sin la interferencia de árboles) es mayor que en los SSP, y cuando la fila de plantación tiene orientación N-S ocurre mayor radiación acumulada que en una orientación E-O, a excepción de los meses de octubre a enero. Esto afecta la temperatura del suelo, que es mayor en el control respecto a los SSP (Hernández et al. datos no publicados).

Estos cambios microclimáticos tienen repercusión sobre la productividad de las diferentes especies forrajeras cultivadas en el sotobosque. La evaluación de las forrajeras Pasto ovilla (*Dactyloctenium aegyptium*), Festuca alta (*Festuca arundinacea*) y Capin lanudo (*Holcus lanatus*), permite concluir que, para pasturas de primer año, el Capin lanudo presenta mayor productividad tanto a sol pleno como en el sotobosque forestal y las especies Festuca alta y Pasto ovilla no presentan diferencias entre ellas (Coore et al. 2021). Vale destacar que el Capin lanudo se trata de una especie de ciclo más corto, y por eso su producción se concentra en los dos primeros años; al contrario de Festuca alta y Pasto ovilla que son especies perennes. Un aspecto importante a considerar en la utilización de especies perennes de ciclo invernal en climas subtropicales es su persistencia en los meses de verano. Estos estudios permitieron describir que el Pasto ovilla es más persistente que las otras dos especies en el primer verano, porque presenta menor mortalidad y mayor aparición de macollos durante los meses de enero y febrero, principalmente cuando las filas de árboles tienen orientación N-S. Eso asegura una mayor densidad poblacional de macollos al otoño, lo que permite un buen desarrollo en los meses de invierno y primavera subsecuentes. Otra especie que se destacó en las evaluaciones realizadas en nuestros experimentos fue la cebadilla (*Bromus auleticus*), que presentó niveles de productividad y persistencia superiores a las demás a partir del segundo año de siembra. Por tratarse de una especie con un establecimiento relativamente más lento que las anteriormente mencionadas, sus resultados no fueron incluidos en los primeros trabajos académicos realizados, pero se está verificando que la misma presenta un potencial muy interesante para la composición de sotobosques silvopastoriles.

### Componente Animal

Los sistemas criadores se desarrollan sobre campo natural. Esto determina que durante el ciclo gestación-lactancia, las vacas estén sometidas a fluctuaciones en la disponibilidad y calidad de forraje (Figura 1). Otro aspecto relevante es que para que los mayores requerimientos de las vacas coincidan con la mayor oferta de forraje, los partos deben ocurrir a fines de invierno y primavera (Soca and Orcasberro 1992). Para ello, el entore debe realizarse a fines de primavera y verano, cuando ocurren períodos de estrés calórico (Figura 1) que afectan la eficiencia reproductiva de las vacas (Wolfenson and Roth 2019). El estrés calórico no solamente afecta la producción primaria del campo natural, sino que tiene efectos directos sobre el bienestar y producción animal (Nardone et al. 2010). La tasa de crecimiento de los terneros al pie de la madre se ve comprometida en el período estival, sobre todo a partir de los 3 meses de edad de los terneros, cuando aumentan sus requerimientos que no pueden ser cubiertos por la leche materna (Viñoles et al. 2013). Esto determina que los pesos al destete de los terneros sean bajos, asociados a largos períodos de recría de las terneras, que reciben su primer servicio con 2 o 3 años de edad. Otro aspecto relevante es que, en el primer invierno de vida de las terneras, los animales están sometidos a estrés nutricional y por frío (Figura 1). Por lo tanto, la suplementación en su primer invierno de vida y el uso de árboles en el sistema, permitirían mejorar el bienestar y la productividad de éstos animales (Viñoles et al. 2009; Fedrigo et al. 2019).



**Figura 1.** Ciclo de gestación-lactancia-entore y recría en sistemas criadores pastoriles.

La figura 1 indica que los ciclos de gestación-lactación-entore y recría en sistemas criadores pastoriles, en coincidencia con las estaciones del año. La definición de la fecha y duración del entore (fines de primavera-verano) y el destete al inicio de otoño son clave, para permitir la recuperación de las reservas corporales de la vaca, una pérdida controlada durante el invierno y retener reservas hasta la primavera (parto), para iniciar la lactancia y reiniciar los ciclos estrales al inicio del entore. El peso al destete de las terneras y su ganancia en el ciclo de cría, determinan la edad a la pubertad, el momento en que ingresan al rodeo de cría y su longevidad. A pesar de que el pastoreo en montes densos difiere sustancialmente de un SSP, presenta algunas ventajas para la recría de hembras. Las tasas de ganancia de peso de vaquillonas pastoreando montes de pino (densidad inicial de 1000 árboles/ha) en verano y otoño son mayores, y las pérdidas en su segundo invierno de vida son menores que en vaquillonas pastoreando en áreas sin árboles (Fedrigo et al. 2019). Además, ocurren cambios en el patrón de pastoreo de las vaquillonas asociados a cambios en la calidad del forraje y microclima, que explican las mayores tasas de ganancia de peso de las que pastorean áreas forestadas respecto a las que pastorean áreas no forestadas (Fedrigo et al. 2019).

En el componente animal también hemos comenzado a evaluar la productividad de las vacas de cría durante el entore (Plataforma Abuelita). El experimento comenzó en noviembre de 2020 y se extendió hasta marzo de 2021. En el mismo, utilizamos vacas cruza Braford, y evaluamos el pastoreo en SSP comparado con un Sistema Pastoril sin árboles (SP), con una asignación de 3,5 kg MS/kg peso vivo. Se asoció además el tratamiento de destete temporario (DT) durante 14 días, en la fecha esperada de ocurrencia de la primera ola de calor del verano. Se tomaron registros de peso vivo de vacas y terneros, condición corporal de las vacas, preñez, variables microclimáticas y temperatura vaginal de las vacas. Los resultados preliminares permiten detectar aumentos en la tasa de ganancia de peso de los terneros hacia el final del verano, que se asocian con una diferencia de 10 kg de peso vivo al finalizar el experimento (SSP: 132 kg vs SP: 122 kg). En las vacas, se observó un aumento en el peso vivo en los primeros 40 días experimentales, que se reflejaron en diferencias en la condición corporal. El porcentaje de preñez fue bajo en ambos sistemas, pero mientras en el grupo SP-DT solamente se preño un 7% al final del período de servicios, los porcentajes fueron superiores en los demás grupos (56% SSP+DT; 54% SP+DT; 37% SSP-DT; P=0,06). Estos resultados evidencian los efectos positivos del SSP en la productividad animal, y que el DT aplicado alrededor de la ocurrencia de la primera ola de calor del verano, permite atenuar los efectos negativos del estrés calórico sobre la eficiencia reproductiva de las vacas.

## Componente Arbóreo

La definición del componente arbóreo y su diseño de plantación son aspectos fundamentales al plantear los objetivos productivos del sistema. En este sentido, nuestro equipo de trabajo definió inicialmente trabajar con especies del género *Eucalyptus*, por la experiencia y conocimiento que se ha adquirido en sus años de introducción al Uruguay (Fedrigo et al. 2018). En cuanto a los aspectos del árbol que afectan a la productividad del sistema, será motivo de la tesis Doctoral de Valentina Benítez. Esta tesis consta de tres capítulos: 1) Modelación del crecimiento arbóreo en SSP de *E. grandis*; 2) Caracterización de la dinámica de copa en plantaciones de *E. grandis* de distintas edades, densidades y disposiciones espaciales, mediante variables morfométricas, índice de área foliar, y radiación fotosintéticamente activa; 3) Adaptación del software SiS ILPF de EMBRAPA para las condiciones del noreste de Uruguay. Los resultados obtenidos en este trabajo permitirán realizar estimaciones sobre producción y crecimiento de los árboles en SSP, como así también obtener patrones de luz en diferentes diseños de plantación. Estos aspectos son fundamentales para la elaboración de planes de manejo y contribuyen a la toma de decisiones sobre manejos silviculturales.

## Difusión

En cuanto a la falta de conocimiento de los productores sobre el funcionamiento de los SSP detectada previamente (Fedrigo et al. 2018), hemos logrado importantes avances. Se han generado instancias de discusión sobre metodologías a utilizar para el laboreo del suelo, que dieron origen a alternativas de laboreo no convencionales. Se desarrolló una metodología ("Sistema Gamarra") con un mínimo laboreo, realizando cruces con cincel a 40 cm de profundidad. Dada la orientación de las filas N-S, el objetivo de este laboreo fue evitar la ocurrencia de erosión y mantener la cobertura del campo natural. Este sistema ha sido incorporado por otro productor silvopastoril referente (Sr. José Luis Dutra da Silveira). Además, se realizó control de malezas con un herbicida de amplio espectro de forma localizada y control de hormigas sistemático con cebo granulado. Después de la plantación se realizó la reposición (21% en total, principalmente por ataques de liebre y falta de agua) de los individuos dañados o con defectos y se realizaron controles de malezas con herbicidas selectivos y control de hormigas para asegurar las mejores condiciones para favorecer el crecimiento de los árboles. Todos estos cuidados pre y pos plantación dieron como resultado un establecimiento del 95% de los árboles plantados.

Las acciones que hemos tomado para divulgar los SSP han sido muy variadas, e incluyen: 1) la organización bienal del presente Seminario en Sistemas Silvopastoriles (desde 2017); 2) exposición semanal en el espacio radial "La hora del campo" de la radio La Voz de Melo; 3) participación en el Seminario internacional de SSP en América Latina y el Caribe: investigación y experiencia; 4) participación en el ciclo de charlas: Silvopastoreo (IPA); 5) organización del primer curso de posgrado en sistemas silvopastoriles (ofrecido en las Facultades de Agronomía y Veterinaria); 6) fortalecimiento de la oferta de enseñanza a nivel terciario en Cerro Largo por medio de la propuesta de creación de la carrera "Tecnólogo en Sistemas Integrados de Producción Agropecuaria" (TESIPA); 7) conformación de un equipo para crear la Sociedad Uruguaya de Silvopastoreo (SUSILVO). Consideramos que el esfuerzo realizado en conjunto con otras Instituciones de enseñanza, investigación y extensión ha sido muy efectivo, y generado interés por parte de diferentes actores de nuestra sociedad.

# CONCLUSIONES

1. Uruguay ha avanzado en la generación de conocimiento, en microclima, selección de especies forrajeras tolerantes al sombreado y respuesta animal, pero falta evaluar las interacciones de los componentes del sistema durante todo el turno forestal.
2. El abordaje multidisciplinario e interinstitucional es necesario para evaluar aspectos sociales, de sustentabilidad ambiental (biodiversidad, ciclos biológicos, balance de carbono, calidad del agua) y económicos.
3. Es fundamental divulgar el conocimiento generado a productores y sus familias, con énfasis en las nuevas generaciones y formar recursos humanos específicamente en ésta temática.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Coore N, Lima GS de, Sotelo F (2021) Evaluación de gramíneas forrajeras en sotobosque de Eucalyptus sp. en distintos marcos de plantación. Universidad de la Republica
- ▶ Fedrigo JK, Benítez V, Santa Cruz R, et al (2018) Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. Vet 54:20-30. <https://doi.org/10.29155/vet.54.209.4>
- ▶ Fedrigo JK, Santa Cruz R, Benítez V, et al (2019) Dynamics of forage mass, air temperature and animal performance in a silvopastoral system of Uruguay. Agrofor Syst 93:2197-2204. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0335-2>
- ▶ Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, et al (2010) Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livest Sci 130:57-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
- ▶ Sancho L, Arocena I, Ordeig L (2021) Definición , caracterización y cuantificación del área bajo sistemas silvopastoriles, para el seguimiento de las contribuciones establecidas en la Contribución Determinada a nivel Nacional de Uruguay
- ▶ Soca P, Orcasberro R (1992) Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación de destete temporario. Jorn Prod Anim Paysandú Evaluación Física y Económica Altern Tecnológicas para la cría en predios Ganad 54-56
- ▶ Viñoles C, Banchemo G, Quintans G, et al (2009) Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. Agrociencia 13:59-79
- ▶ Viñoles C, Jaurena M, De Barbieri I, et al (2013) Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. New Zeal J Agric Res 56:279-287
- ▶ Wolfenson D, Roth Z (2019) Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. Anim Front 9:32-38. <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>