

Sistemas Silvopastoriles en Uruguay

Carolina Viñoles Gil¹, Jean K. Fedrigo¹, Valentina Benítez¹, Rodrigo Santa Cruz¹,

Francisco Báez²

1- Polo Agroforestal, Casa de la Universidad de Cerro Largo,
Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República
2- Instituto Superior de la Carne, Centro Universitario de Tacuarembó,
Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República

Resumen

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen una modalidad de sistemas agroforestales que permiten diversificar el ingreso y preservar el ambiente y el ecosistema. Los mismos se diferencian de plantaciones forestales convencionales porque integran en bajas densidades al componente arbóreo a la producción ganadera, mejorando los servicios brindados por el campo natural. Los SSP comienzan tímidamente a instalarse en Uruguay junto con la expansión forestal de los años 90, retomando impulso en 2005 y consolidándose a partir de 2011. Las mayores limitantes para la difusión y adopción de los SSP identificadas inicialmente están siendo superadas, dando lugar a la creación de plataformas de docencia, investigación y extensión. 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 y su posicionamiento como sistemas ganaderos sostenibles.

Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen una modalidad de sistemas agroforestales que permiten diversificar el ingreso y preservar el ambiente y el ecosistema (FAO, 2010). Los mismos se diferencian de plantaciones forestales convencionales (1200 plantas/ha) porque tiene la propuesta de integrar el componente arbóreo a la producción ganadera existente, por medio de diseños y densidades de plan-

tación (150-450 plantas/ha) establecidos para mejorar los servicios brindados por el campo natural. Su concepción en el caso de Uruguay es la de incorporar la producción de madera sin desplazar la producción de carne, promoviendo mejoras en el confort térmico animal, optimización económica y beneficios ambientales. Estos sistemas combinan la forestación con el pastoreo, en base al equilibrio de la explotación de los recursos naturales por parte de los tres componentes productivos del sistema: el árbol, la pastura y el rumiante (Peri et al., 2016). El componente forestal de éstos sistemas intercepta la luz, provocando importantes cambios microclimáticos que afectan a los componentes forrajero y animal (Fedrigo et al., 2018). El campo natural integrado al componente arbóreo presenta modificaciones estructurales, taxonómicas y químicas. En el componente animal, se observan beneficios en el bienestar ante situaciones climáticas extremas (invierno y verano; (Fedrigo et al., 2019)). Estos beneficios pueden ser explicados por una mejora en la calidad del forraje disponible o por un menor gasto energético que realiza el animal para mantener su temperatura corporal, y redundaría en una mayor tasa de ganancia y peso vivo de los animales, con importantes repercusiones en la productividad futura de los mismos (Fedrigo et al., 2019).

El interés nacional por los sistemas integrados ganadería-agricultura-forestación se visualiza en la década de los 90, a través del trabajo titulado "Diagnóstico de sistemas agroforestales del Uruguay" (Torres et al., 1995) y la generación de conocimiento en la temática (Olmos et al., 2011). Los SSP comienzan tímidamente a instalarse en Uruguay junto con la expansión forestal de los años 90, retomando impulso en 2005 y consolidándose a partir de 2011. Esta

evolución se asocia a la creación de planes de integración foresto-ganaderos que llevaron a cabo la Dirección Forestal y el Programa Ganadero del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, promovidos por modificaciones en la ley forestal (ley N° 15939) y su normativa (Sancho et al., 2021). En el año 2013, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria prioriza los SSP, otorgando el Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria a investigadoras de la Universidad de la República (Bussoni et al., 2019; Huertas et al., 2020) que comienza a generar conocimiento y formar recursos humanos en ésta temática. En el año 2016, comienza a funcionar el Polo de Desarrollo Universitario “Centro de Salud Reproductiva de Rumiantes en Sistemas Agroforestales” o “Polo Agroforestal”, que se enfoca en la docencia, investigación y extensión en SSP. A partir de 2017, el Polo Agroforestal organiza los Seminarios en Sistemas Silvopastoriles en forma bienal, que convocan a productores, técnicos, investigadores y estudiantes vinculados a la temática en el país y la región, publicando las memorias en la Revista Integración Ganadería Forestación (Viñoles et al., 2021, 2019, 2017). Estos seminarios permitieron acercar a los diferentes actores que trabajan en la temática, y comenzar a transitar un camino común, que dio origen a la fundación de la Sociedad Uruguaya de Silvopastoreo en noviembre del 2021 (SUSilvo).

Un trabajo reciente ejecutado por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, el Ministerio del Ambiente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environmental Facility) permitió conocer las características de los SSP existentes en Uruguay (Sancho et al., 2021). La consultoría realizada por el Ing. Agr. Luis Sancho, se enmarcó en un proyecto de creación de capacidades institucionales y técnicas para aumentar la transparencia en la comunicación de las medidas que tomará Uruguay para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Dentro de la contribución determinada a nivel nacional de

Uruguay, se ha incluido como objetivo de mitigación condicional, aumentar en 25% la superficie de plantaciones forestales con destino a sombra y abrigo, incluyendo los SSP. Sin embargo, cuando se comienza a elaborar el sistema de medición, reporte y verificación de los diferentes objetivos de Uruguay, se diagnostica la inexistencia de una definición única y consensuada de SSP, que permita su mapeo y cuantificación. Como producto de éste trabajo, se define a los SSP 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” A partir de esa definición, se diagnosticó la existencia de 3 zonas de 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 utilizadas son del género *Eucalyptus*, 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).

En el presente, es incorrecto referirse a que el conocimiento en sistemas silvopas-

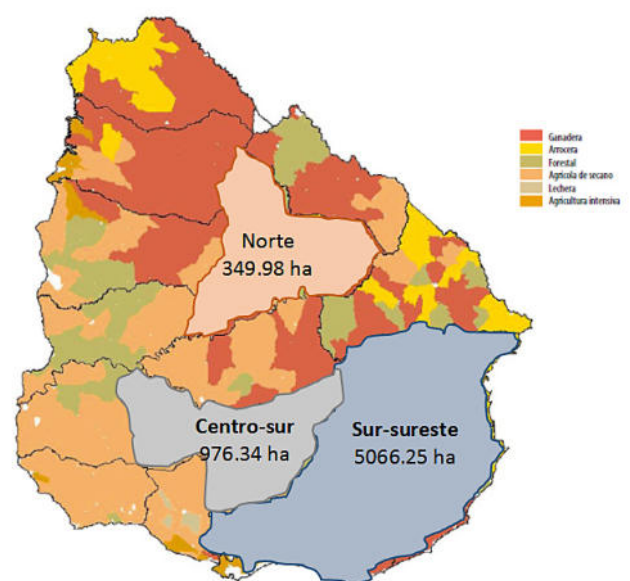


Figura 1. Distribución por región y área ocupada por los sistemas Silvopastoriles en el Uruguay.

toriles (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 docencia, investigación 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 afrontadas y forman parte de los avances realizados por nuestro equipo de investigación. Detectamos además que la investigación nacional ha avanzado en la comprensión de los procesos fundamentales para la implementación adecuada de estos sistemas. En este trabajotenemos como principal objetivo destacar esos avances y las oportunidades generadas en el ámbito de la extensión y la docencia.

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, se condujeron experimentos en tres predios (Quebrachal, Lomas Bien y Abuelita) (Cuadro 1), que presentan distintos diseños de plantación y fueron incorporados en nuestra red 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 Docencia, Investigación 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

Cuadro 1. Plataformas experimentales en SSP con participación del Polo 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
Propietario	Lumin	Martín Pérez del Castillo	JoséLuis Dutrada Silveira	Viterbo Gamarra
Fecha de plantación	2/12/2008	2012	16-20/10/2015	21/10/2020
Especie	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. grandis</i>
Paraje	Quebrachal	Cerro Colorado	Batoví	Puntas de Sauce
Departamento	Cerro largo	Florida	Tacuarembó	Cerro Largo
Tipo de suelo	2.14	5.02b	7.2, 7.32	8, 6.15
Nº de filas	1	2	2	2 y 4
Diseño de plantación	3,4+7 y 3,4+20	4x2+15	4x4+20	5x5+20
Densidad (árboles/ha)	420 y 163	294	250	160 y 240
Orientación	E-O y N-S	NE - SO	E-O	N-S

sostenible 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. Actualmente contamos con dos proyectos para generar conocimiento en ésta plataforma: “Semillero Interdisciplinario en Sistemas Silvopastoriles” financiado por la Universidad de la República (Espacio Interdisciplinario) y “Sinergias en sistemas integrados: Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos mitigando las emisiones de gases de efecto invernadero a través de decisiones informadas sobre la circularidad”, con financiación Europea (ERANET) y co-financiada por Nueva Zelanda (AgResearch).

Componente forrajero y microclima

El proyecto “Tecnologías para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en Uruguay: evaluación de forrajeras en condiciones de sotobosque” (Fondo María Viñas, ANII) establecido en los predios Quebrachal y Lomas bien, permitió demostrar importantes interacciones entre la orientación de las filas de los árboles y la sombra generada. Verificamos que la radiación solar acumulada en el control (sol pleno, sin la interferencia de árboles) es mayor que en los SSP, y que la radiación acumulada en filas con orientación N-S es mayor que en filas con 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 ovillo (*Dactylis glomerata*), 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 ovillo no presentan diferencias entre ellas (Coore et al., 2021). Vale destacar que el Capin lanu-

do 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 ovillo 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 ovillo 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 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 2). 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 2) 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 efec-

tos 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 2). 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 (Fedrigo et al., 2019; Viñoles et al., 2009).

A pesar de que el pastoreo en montes densos difiere sustancialmente de un SSP, presen-

ta 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 (Figura 3 (Fedrigo et al., 2019)).

En nuestras condiciones pastoriles, las vacas de cría de las razas predominantes en Uruguay (Hereford y Aberdeen Angus) muestran importantes aumentos de temperatura vaginal durante las olas de calor, aumento que no se verifica en las cruza con Bosnmara (Fedrigo et al., 2021). Utilizando modelos experimentales "in vitro", hemos demostrado que ovocitos so-

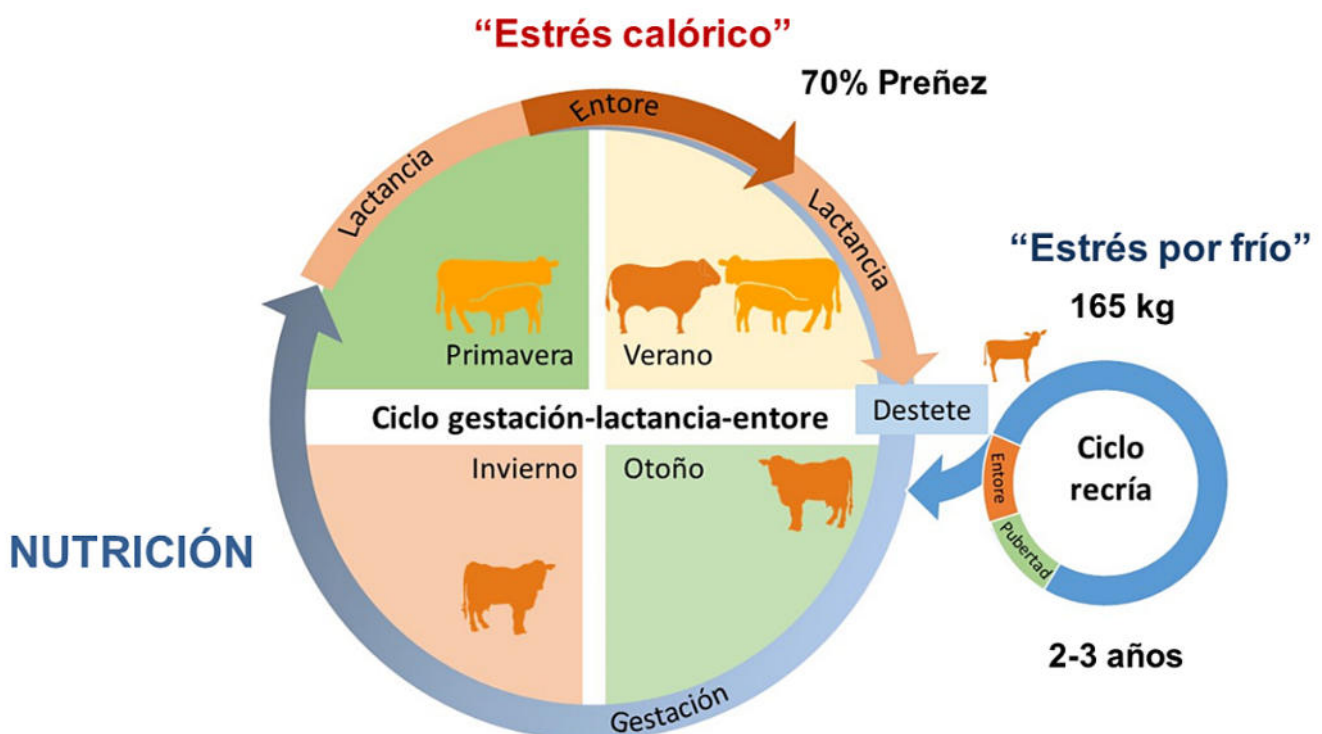


Figura 2. Ciclos de gestación-lactación-entore y recría en sistemas criadores pastoriles, en coincidencia con las estaciones del año. La definición de la fecha y duración del entore (fines de primavera-verano) y el destete al inicio de otoño son clave, para permitir la recuperación de las reservas corporales 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.

metidos a choque térmico presentan cambios ultra estructurales que reducen su capacidad de desarrollo embrionario (Baez et al., 2019). Los ovocitos colectados durante el invierno, tiene mayor competencia para su desarrollo embrionario, asociado al estadio de vesícula germinal y salud de las células de cúmulo comparadas con ovocitos colectados en verano (Baez et al., 2022) mendeley:{"formattedCitation": "(Baez et al., 2022. La suplementación del medio de maduración de ovocitos colectados en verano con 100 µM de α-tocoferol, redujo el índice apoptótico y aumentó la expresión de un gen asociado a la calidad embrionaria (Baez et al., 2021).

Los SSP pueden ayudar a atenuar el efecto negativo del estrés calórico en la productividad de las vacas de cría cruce Braford durante el entore, asociado o no al destete temporario (DT) durante 14 días, en la fecha esperada de

ocurrencia de la primera ola de calor del verano (Plataforma Abuelita). El DT provoca cambios metabólicos en las vacas, aumentando las concentraciones IGF-I (Soca et al., 2013) que brinda un efecto termo protector sobre el ovocito (Rodrigues et al., 2016). Al comparar el SSP y sol pleno (SP), 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 preñó 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 (Goncherenko et al., 2021).

2.3 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)

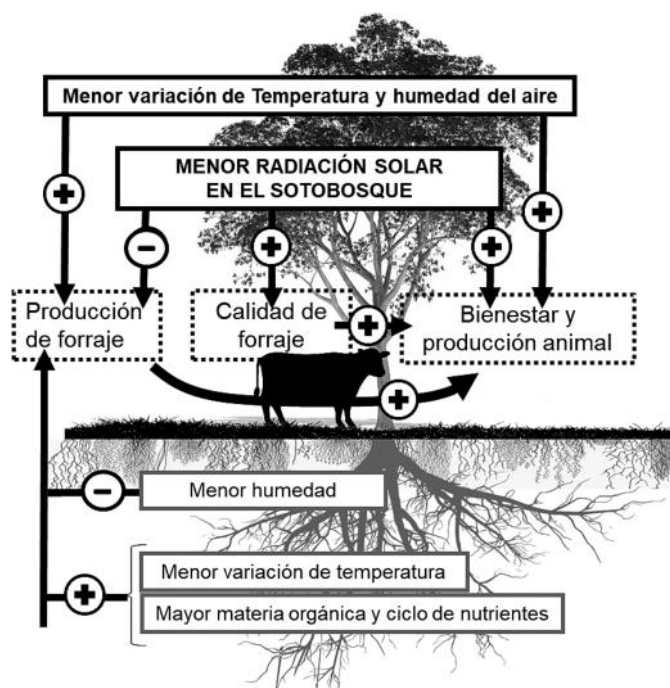


Figura 3. Esquema representando algunas interacciones entre los componentes del sistema silvopastoril. El color y tipo de línea que delimitan los cuadros tiene diferente significado: 1) negra y sólida: representa las modificaciones microclimáticas generadas por las cubiertas arbóreas en el sotobosque; 2) gris y sólida: representa las modificaciones generadas en los parámetros del suelo y 3) negra y punteada: representa el impacto en los atributos forrajeros y animales. Las flechas unen parámetros que se interrelacionan, y los signos determinan si el efecto es positivo (+) o negativo (-).

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.

2.4 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 mantener la cobertura del suelo afectando lo menos posible al campo natural, para evitar la ocurrencia de erosión. 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 y formar recursos humanos de grado y posgrado han sido muy variadas, e incluyen: 1) la organización bienal del Seminario en Sistemas Silvopastoriles (desde 2017); 2)

participación 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) oferta anual del curso de posgrado Estrés calórico en bovinos; 6) organización bienal del curso de posgrado en sistemas silvopastoriles (ofrecido desde 2020 en las Facultades de Agronomía y Veterinaria); 7) 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), 8) creación de 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

Uruguay ha avanzado en la generación de conocimiento, en microclima, selección de especies forrajeras tolerantes al sombreado y respuesta animal en SSP, pero falta evaluar las interacciones de los componentes del sistema durante todo el turno forestal.

El abordaje interdisciplinario e interinstitucional es necesario para evaluar aspectos sociales, de sustentabilidad ambiental (biodiversidad, ciclos biológicos, balance de carbono, calidad del agua) y económicos.

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.

REFERENCIAS

Baez, F., Camargo, A., Reyes, A.L., Marquez, A., Paula-Lopes, F., Viñoles, C., 2019. Time-dependent effect of heat shock on the zona pellucida ultrastructure and in vitro deve-

lopmental competence of bovine oocytes. *Reprod. Biol.* 19, 195–203.

Baez, F., Gomez, B., de Brun, V., Rodriguez-Osorio, N., Viñoles, C., 2021. Effect of Ethanol on Parthenogenetic Activation and α -Tocopherol Supplementation during In Vitro Maturation on Developmental Competence of Summer-Collected Bovine Oocytes. *Curr Issues Mol Biol.* 3.

Baez, F., López, R., Rodriguez-Osorio, N., Viñoles, C., 2022. Effect of season on germinal vesicle stage, quality, and subsequent in vitro developmental competence in bovine cumulus-oocyte complexes. *J. Therm. Biol.* 103, 103171.

Bussoni, A., Boscana, M., Varela, F., Llanos, E., Picasso, V., Cubbage, F., Alconada Magliano, M., 2019. Producción ganadera y forestal: análisis de sistemas de producción integrados. Serie FPTA - INIA N° 70. Montevideo, Uruguay.

Coore, N., Lima, G.S. de, Sotelo, F., 2021. Evaluación de gramíneas forrajeras en soto-bosque de *Eucalyptus* sp. en distintos marcos de plantación. Universidad de la Republica.

FAO, 2010. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development. The Way Forward for Sustainable Production Intensification, Integrated Crop Management. Rome.

Fedrigo, J., Baez, F., Santa Cruz, R., Viñoles, C., 2021. Heat tolerance in cows of British breeds and their crosses with *Bos taurus* under grazing conditions. *J. Therm. Biol.* In press. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103118>

Fedrigo, J.K., Benítez, V., Santa Cruz, R., Posse, J.P., Barro, R.S., Hernández, J., Mantero, C., Morales Olmos, V., Silveira, E.D., Viñoles, C., 2018. Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Vet.* 54, 20–30. doi:[10.29155/vet.54.209.4](https://doi.org/10.29155/vet.54.209.4)

Fedrigo, J.K., Santa Cruz, R., Benítez, V., Courdin, V., Ferreira, G., Posse, J.P., Viñoles, C., 2019. Dynamics of forage mass, air temperature and animal performance in a silvopastoral system of Uruguay. *Agrofor. Syst.* 93, 2197–2204. doi:[10.1007/s10457-018-0335-2](https://doi.org/10.1007/s10457-018-0335-2)

Goncharenko, G., Baez, F., Fedrigo, J., Santa Cruz, R., Viñoles, C., 2021. Impacto del estrés calórico en la productividad de la cría vacuna, in: XI Congreso Internacional En Sistemas Silvopastoriles. p. 11.

Huertas, S., Bobadilla, P., Bueno, H., César, D., Vila, F., Piaggio, J., A., G., Callero, J.L., Akkermans, E., 2020. Sustentabilidad de sistemas silvopastoriles y forestales con la producción de bovinos de carne Responsable del proyecto: DMTV Institución ejecutora: Facultad de Veterinaria. UdelaR Proyecto FPTA-311 Sistemas Silvopastoriles y Bienestar Animal. Insituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

Olmos, F., Sosa, M., Balmelli, G., Gomar, E.P., 2011. Sistemas agroforestales. Insituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Peri, P.L., Dube, F., Varella, A.C., 2016. Silvopastoral Systems in the subtropical and temperature zones of South America: An Overview., in: *Silvopastoral Systems in Southern South America*. Springer, New York, pp. 1–9. doi:[10.1007/978-3-319-24109-8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8)

Rodrigues, T.A., Ispada, J., Risolia, P.H.B., Rodrigues, M.T., Lima, R.S., Assumpção, M.E.O.A., Visintin, J.A., Paula-lobes, F.F., 2016. Thermoprotective effect of insulin-like growth factor 1 on in vitro matured bovine oocyte exposed to heat shock. *Theriogenology* 86, 2028–2039. doi:[10.1016/j.theriogenology.2016.06.023](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.06.023)

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., Carriquiry, M., Keisler, D.H., Claramunt, M., Do Carmo, M., Meikle, A., 2013. Reproductive and productive response to suckling restriction and dietary flushing in primiparous grazing beef cows. *Anim. Prod. Sci.* 53, 283–291.

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.

Torres, A., Casella, M., Cedres, A., Munka, C., Pastorini, V., Posse, J., 1995. Diagnóstico de sistemas agroforestales del Uruguay, *Notas Técnicas v. 40.* Facultad de Agronomía. Montevideo, Universidad de la Republica 63p.

Viñoles, C., Banchemo, G., Quintans, G., Pérez-Clariget, R., Soca, P., Ungerfeld, R., Bielli, A., Fernández Abella, D., Formoso, D., Pereira Machín, M., Meikle, A., 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. *Agrociencia* 13, 59–79.

Viñoles, C., Fedrigo, J.K., Benitez, V., Santa Cruz, R., 2021. III Seminario en Sistemas Silvopastoriles: para diversificar y promover la sustentabilidad de la producción ganadera. *Integr. Ganad. For.* 978-9974–9, 52. <http://www.poloagroforestal.edu.uy/publicaciones/>

Viñoles, C., Fedrigo, J.K., Benitez, V., Santa Cruz, R., 2019. II Seminario en Sistemas Silvopastoriles: Integración ganadería-forestación. *Integr. Ganad. For.* 978-9974–9, 78. <http://www.poloagroforestal.edu.uy/publicaciones/>

Viñoles, C., Fedrigo, J.K., Benitez, V., Santa Cruz, R., 2017. I Seminario en Sistemas Silvopastoriles: producción integrada para maximizar la rentabilidad. *Integr. Ganad. For.* 978-9974–9, 88. <http://www.poloagroforestal.edu.uy/publicaciones/>

Viñoles, C., Jaurena, M., De Barbieri, I., Do Carmo, M., Montossi, F., 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. doi:10.1093/af/vfy027