



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

Evaluación Financiera de Sistemas de Silvopastoreo con Incertidumbre

Enfoque: Métodos Monte Carlo

Luis Eduardo Freda Muñoz

Programa de Posgrado en Maestría en Investigación de Operaciones

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Montevideo – Uruguay

Noviembre de 2025



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

Evaluación Financiera de Sistemas de Silvopastoreo con Incertidumbre

Enfoque: Métodos Monte Carlo

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado en Maestría en Investigación de Operaciones, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Magíster en Maestría en Investigación de Operaciones.

Directores:

Dr. Prof. Franco Robledo

Dr. Prof. Eduardo Canale

Director académico:

MS Sc. Prof. Omar Viera

Montevideo – Uruguay

Noviembre de 2025

,

Evaluación Financiera de Sistemas de Silvopastoreo con Incertidumbre / . - Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, 2025.

XIII, 139 p.: il.; 29, 7cm.

Directores:

Franco Robledo

Eduardo Canale

Director académico:

Omar Viera

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Programa en Maestría en Investigación de Operaciones, 2025.

Referencias bibliográficas: p. 86 – 90.

1. Evaluación Financiera,
2. Silvopastoreo,
3. Simulación Monte Carlo. I. Robledo, Franco, Canale, Eduardo, . II. Universidad de la República, Programa de Posgrado en Maestría en Investigación de Operaciones. III. Título.

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Dr. Ing. Prof. Guillermo Durán

Dr. Ing. Prof. Antonio Mauttone

Dr. Ing. Prof. Roberto Scoz

Montevideo – Uruguay
Noviembre de 2025

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mis amigos que en todo momento me dieron aliento para seguir adelante.

Un agradecimiento especial para mis tutores, Franco y Eduardo, por su calidez como personas, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto tan interesante, y por acompañarme en su desarrollo.

No puedo dejar de agradecer a José Dutra por aportar su visión, su conocimiento y experiencia en silvopastoreo. Los aportes de Carolina Viñoles también quiero agradecerlos y a la Sociedad Uruguaya de Silvopastoreo.

RESUMEN

Uruguay, cuya economía se basa en la producción y exportación de productos primarios, enfrenta desafíos para garantizar la sostenibilidad de sus sistemas agropecuarios. En este contexto, el silvopastoreo surge como una alternativa que combina ganadería y forestación en un sistema agroforestal único, generando importantes beneficios económicos, financieros y ambientales. Este trabajo tiene como foco principal la inclusión de la incertidumbre en el análisis de inversiones en sistemas silvopastoriles, utilizando técnicas avanzadas como la Simulación Monte Carlo. Este enfoque permite considerar las variabilidades del mercado, como los precios de la madera, el ganado y las tasas impositivas, para proyectar de manera más robusta la rentabilidad y el retorno de las inversiones. Los resultados muestran que los sistemas silvopastoriles ofrecen niveles adecuados de rentabilidad, sin incrementar el riesgo, gracias a la diversificación de actividades productivas. Además, a medida que aumenta la participación de la forestación en el sistema, se observa una ligera disminución en el retorno, acompañado de una reducción en el riesgo. Esta combinación ofrece a los productores un modelo equilibrado en el que pueden gestionar mejor su riesgo financiero. Desde una perspectiva financiera, los resultados sugieren que el sistema de silvopastoreo genera flujos de fondos anuales con un pico al final del ciclo forestal, derivado de la venta de madera. Este flujo de ingresos escalonado también abre la puerta a diseñar sistemas de ventas de madera en diferentes momentos, lo que generaría opciones de financiamiento más atractivas y con mayor liquidez, que podría derivar en un mejor perfil de crédito del productor.

Palabras claves:

Evaluación Financiera, Silvopastoreo, Simulación Monte Carlo.

ABSTRACT

Uruguay, whose economy is based on the production and export of primary products, faces challenges in ensuring the sustainability of its agricultural systems. In this context, silvopastoral systems emerge as an alternative that combines livestock and forestry in a unique agroforestry approach, generating significant economic, financial, and environmental benefits.

The main focus of this study is the inclusion of uncertainty in investment analysis of silvopastoral systems, using advanced techniques such as Monte Carlo Simulation. This approach allows for the consideration of market variabilities, such as timber prices, livestock prices, and tax rates, in order to project profitability and investment returns in a more robust way. The results show that silvopastoral systems provide adequate levels of profitability without increasing risk, thanks to the diversification of productive activities.

Furthermore, as the share of forestry in the system increases, a slight decrease in returns is observed, accompanied by a reduction in risk. This combination offers producers a balanced model in which they can better manage their financial risk. From a financial perspective, the results suggest that silvopastoral systems generate annual cash flows with a peak at the end of the forestry cycle, derived from timber sales. This staggered income flow also opens the possibility of designing timber sales systems at different points in time, which would generate more attractive financing options and greater liquidity, potentially leading to an improved credit profile for the producer.

Keywords:

Financial Evaluation, Silvopasture, Monte Carlo Simulation.

Lista de figuras

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Esquema - Área en silvopastoreo | 6 |
| 1.2 | Vacas pastoreando en sequía - https://www.hoytamaulipas.net/ . | 11 |
| 1.3 | Protección en tambo. Todo El Campo - https://todoelcampo.com.uy | 12 |
| 1.4 | Establecimiento La Abuelita - Tacuarembó | 13 |
| 1.5 | Establecimiento La Abuelita - Tacuarembó | 14 |
| 3.1 | Marco de Plantación | 35 |
| 3.2 | Superficie Afectada por Arboles | 36 |
| 6.1 | Tiempo de ejecución de las pruebas | 71 |
| 6.2 | Precio del Ternero por kilo | 72 |
| 6.3 | Precio Metro Cúbico de Madera | 73 |
| 6.4 | Tasas de Interés Simuladas | 75 |
| 6.5 | Histograma Valor Presente Neto | 76 |
| 6.6 | Histograma Valor Presente Neto | 78 |
| 6.7 | TIR - Gráfico de Cuantía - Escenario base | 79 |
| 6.9 | Riesgo Retorno - Distintas Proporciones de Forestación | 83 |

Lista de tablas

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.1 | Equivalencias a UG según categoría. Fuente: Plan Agropecuario | 55 |
| 5.2 | Unidades ganaderas por hectárea por región. Fuente: Plan Agropecuario | 55 |
| 5.3 | Pesos y precios de animales comprados. Fuente: Elaboración propia. | 56 |
| 5.4 | Volúmen de madera por árbol, según especie y región | 57 |
| 5.5 | Pesos de animales vendidos | 58 |
| 5.6 | Precio de la madera | 65 |
| 5.7 | Precio por categoría de ganado | 65 |
| 6.1 | VPN - Estadísticas de resumen - Escenario base | 77 |
| 6.2 | VPN - Estadísticas de resumen con diferentes proporciones de forestación | 80 |
| 6.3 | TIR - Estadísticas de resumen- Escenario base | 80 |
| 6.4 | TIR - Estadísticas de resumen con diferentes proporciones de forestación | 81 |
| 1.1 | VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,2$ y diferentes n . | 138 |
| 1.2 | VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,3$ y diferentes n . | 138 |
| 1.3 | VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,4$ y diferentes n . | 139 |

Lista de siglas

Lista de siglas

BCU Banco Central del Uruguay [30](#)

GEI Gases de efecto invernadero [15](#), [26](#), [27](#), [29](#)

INE Instituto Nacional de Estadística [59](#)

INIA Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [7](#), [8](#), [34](#)

IRAE Impuesto a la Renta Empresarial [65](#), [66](#)

MGAP Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca [18](#), [21](#)

OPP Oficina de Planeamiento y Presupuesto [59](#)

Tabla de contenidos

| | |
|--|-----------|
| Lista de figuras | VIII |
| Lista de tablas | IX |
| Lista de siglas | X |
| 1 Introducción | 1 |
| 1.1 Definición de Silvopastoreo | 7 |
| 1.2 Importancia del problema abordado | 8 |
| 1.2.1 Beneficios económicos del silvopastoreo | 8 |
| 1.2.2 Beneficios sobre el bosque maderable y el forraje | 10 |
| 1.2.3 Beneficios en los animales bajo silvopastoreo | 10 |
| 1.2.4 Medio ambiente y estética en silvopastoreo | 13 |
| 2 Antecedentes y estado del arte | 16 |
| 2.1 Antecedentes históricos | 17 |
| 2.2 Estado del arte | 18 |
| 3 Caracterización del Silvopastoreo | 25 |
| 3.1 Introducción - Complementariedad forestación - ganadería . . . | 26 |
| 3.1.1 Forestación y captura de carbono | 27 |
| 3.1.2 Huella y mercado de carbono | 27 |
| 3.1.3 Impacto país de la integración forestación - ganadería . . | 29 |
| 3.2 Sistema agroecológico | 31 |
| 3.3 Componentes del sistema de silvopastoreo | 32 |
| 3.3.1 Interacción entre marco de plantación y radiación absor- bida por los árboles | 33 |
| 3.3.2 Interacción forestación y producción de pasto | 33 |
| 3.3.3 Interacción forestación y bienestar animal | 34 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.4 | Marcos de plantación | 34 |
| 4 | Descripción del problema de tesis | 37 |
| 4.1 | Criterios de evaluación de inversiones | 38 |
| 4.1.1 | Modelo de Hertz en finanzas | 39 |
| 4.1.2 | Simulación Monte Carlo en el análisis de proyectos de inversión | 40 |
| 4.1.3 | Rentabilidad del proyecto con incertidumbre | 41 |
| 4.2 | Modelo de optimización no lineal a abordar | 42 |
| 4.2.1 | Supuestos | 43 |
| 5 | Modelo de Optimización no lineal para decisiones de inversión | 45 |
| 5.1 | Ecuaciones | 45 |
| 5.1.1 | Notación | 46 |
| 5.1.2 | Función Objetivo | 47 |
| 5.2 | Parámetros | 51 |
| 5.2.1 | Inversión inicial (I_0) | 52 |
| 5.2.2 | Ingresos (Y_t) | 56 |
| 5.2.3 | Costos (C_t) | 58 |
| 5.3 | Variables aleatorias | 59 |
| 5.3.1 | Tasa anual de interés en dólares | 61 |
| 5.3.2 | Precio del metro cúbico de madera en pie en dólares. . . | 64 |
| 5.3.3 | Precio de la categoría de ganado por kilo. | 65 |
| 5.3.4 | Tasa efectiva del impuesto a la renta empresarial (Tx) . | 65 |
| 5.4 | Pseudocódigo | 66 |
| 6 | Caso de estudio y resultados numéricos | 69 |
| 6.1 | Definición de variables de entrada | 69 |
| 6.2 | Definición del número de simulaciones | 70 |
| 6.3 | Tiempos de ejecución de las distintas pruebas | 71 |
| 6.4 | Variables simuladas | 72 |
| 6.4.1 | Variable aleatoria -Precio del Ganado | 72 |
| 6.4.2 | Variable aleatoria -Precio de la Madera | 73 |
| 6.4.3 | Variable aleatoria -Tasa anual de interés | 74 |
| 6.4.4 | Variable aleatoria - Tasa efectiva anual del impuesto a la renta | 76 |
| 6.5 | Resultados Valor Presente Neto - Caso base | 77 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.6 | Resultados Valor Presente Neto - Distintos escenarios | 79 |
| 6.7 | Resultados Tasa Interna de Retorno | 80 |
| 6.8 | Sensibilidad del Riesgo - Retorno. | 82 |
| 7 | Conclusiones | 84 |
| | Referencias bibliográficas | 86 |
| | Glosario | 93 |
| | Apéndices | 94 |
| | Apéndice 1 Características e Importancia del Sector Agropecuario en Uruguay | 95 |
| 1.1 | Sector Agropecuario | 95 |
| 1.2 | Sector Ganadero | 96 |
| 1.2.1 | Evolución del peso promedio del ganado | 97 |
| 1.2.2 | Precio ganado | 99 |
| 1.3 | Sector Forestal | 100 |
| | Apéndice 2 Entrevista José Dutra Da Silveira - Productor y Presidente de la Asociación de Silvopastoreo | 103 |
| | Apéndice 3 Entrevistas Dra. Carolina Viñoles -Profesor Titular, Especialista en Reproducción de Rumiantes. | 126 |
| | Anexos | 137 |
| | Anexo 1 Pruebas para definir el número de simulaciones | 138 |

Capítulo 1

Introducción

Nuestro país tiene más del 90 % de su superficie terrestre apta para el uso agropecuario, lo que representa una superficie aproximada de 16,4 millones de hectáreas. La existencia de recursos de calidad, como suelos, agua y condiciones climáticas adecuadas, generan ventajas productivas para posicionar al Uruguay como proveedor de productos agropecuarios para el mundo.

En las últimas décadas el sector agropecuario vivió cambios significativos en el uso de la tierra, concretamente se han apreciado un crecimiento de algunas actividades productivas. La forestación ha sido una de ellas, y la agricultura otra. Esta última mostró un interesante incremento en las dos primeras décadas del presente siglo. Sin dudas, la importancia económica del sector agropecuario para el Uruguay es de gran utilidad para potenciar el entendimiento del tema, es por esta razón que en Apéndice 1 se realiza un análisis en este sentido.

Los sistemas silvopastoriles corresponden a la integración de árboles, forraje y pastoreo de animales de una manera beneficiosa. Un sistema silvopastoril constituye una modalidad productiva agropecuaria. Esta modalidad productiva se caracteriza por integrar en un mismo espacio físico, al mismo tiempo, árboles-pasturas-animales, estableciéndose relaciones de mayor complejidad entre sus componentes en relación a sistemas forestales y ganaderos puros.

En esta realidad, se aprecia un interés creciente por parte de productores y actores vinculados al medio rural en adoptar sistemas silvopastoriles. Dicha

modalidad productiva y de negocio, no solo ha captado la atención de técnicos y especialistas del sector agropecuario, sino también de personas sin formación específica en el rubro, que visualizan en el silvopastoreo una oportunidad de diversificación productiva, una alternativa rentable de inversión o incluso una forma de reconexión con la tierra. La diversidad de perfiles de los interesados y la expansión progresiva del silvopastoreo refuerzan la necesidad de generar conocimiento técnico y económico riguroso que permita evaluar su conveniencia en distintos contextos productivos.

El estudio que se plantea en el presente trabajo, vinculado a silvopastoreo, es especialmente relevante en el contexto actual, donde la necesidad de sistemas agropecuarios más sostenibles ha ganado protagonismo. La combinación de árboles y pastoreo de animales en un mismo terreno no solo aumenta la productividad, sino que también aporta beneficios ambientales significativos como la mejora de la biodiversidad, el secuestro de carbono y la protección del suelo. La implementación de estos sistemas integrados de uso de la tierra es clave para reducir el impacto ambiental de la ganadería tradicional, que se asocia a menudo con la degradación del suelo, la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Aunque el silvopastoreo presenta un alto potencial productivo y ambiental, su desarrollo en Uruguay aún se encuentra en una etapa incipiente. En la realidad actual, existen productores que han comenzado a implementar este tipo de sistemas, e incluso se ha conformado una sociedad dedicada específicamente al silvopastoreo. La Sociedad Uruguaya de Silvopastoreo (SUCILVO) tiene como propósito el de fomentar el desarrollo y la adopción de sistemas silvopastoriles en Uruguay, fue fundada en noviembre de 2021, su primer presidente fue el productor agropecuario José Dutra. Sin embargo, la mayoría de quienes han incursionado en esta modalidad provienen del ámbito forestal, ganadero o de ambos, y cuentan con experiencia previa en esas actividades. Hasta el momento se observa que la decisión de invertir en silvopastoreo no ha estado mayoritariamente respaldada por evaluaciones económicas o financieras previas que permitan estimar de forma rigurosa su rentabilidad esperada. Esta carencia de estudios financieros específicos resalta la relevancia de investigaciones como la presente, que buscan aportar evidencia concreta para fundamentar decisiones de inversión en sistemas productivos sostenibles.

Esta tesis parte de la premisa de que el silvopastoreo puede ser un motor de cambio hacia un manejo eficiente y sostenible de los recursos naturales. Por esta razón, se pretende aportar una herramienta objetiva que pueda ayudar a los inversores a tomar decisiones financieras vinculadas a los sistemas de silvopastoreo. La inclusión de la incertidumbre es una de las motivaciones del presente trabajo.

Desde una perspectiva financiera, el silvopastoreo ofrece un modelo económico más resiliente frente a las fluctuaciones de los mercados y del clima. Al combinar dos actividades, con distintos ciclos productivos se origina una diversificación de ingresos en el tiempo. Esta resiliencia económica se vuelve aún más importante en un contexto global donde el cambio climático y las crisis económicas están afectando a la rentabilidad de los sectores productivos.

El objetivo central de esta tesis es doble: por un lado, realizar una revisión exhaustiva del estado del arte sobre sistemas silvopastoriles; y por otro, modelar matemáticamente las decisiones de inversión vinculadas a estos sistemas bajo un contexto de incertidumbre. Para ello, se aplicará la metodología de simulación Monte Carlo, que permite incorporar la aleatoriedad de variables críticas del entorno económico y productivo. La evaluación financiera se enfocará en la utilización de criterios clásicos de análisis de inversiones, específicamente el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con el fin de generar modelos cuantitativos que ayuden a los productores a tomar decisiones informadas, considerando los riesgos asociados a este tipo de emprendimientos.

Un aspecto central del presente trabajo es la evaluación financiera con incertidumbre, mediante el uso de simulaciones de Monte Carlo. Este tipo de métodos se basa en la generación aleatoria de múltiples escenarios posibles para variables clave del modelo, siguiendo distribuciones de probabilidad previamente definidas. A través de un número elevado de repeticiones, se obtiene una representación estadística de los posibles resultados futuros. Estas simulaciones permiten incorporar la variabilidad del mercado y factores externos como los precios de la madera, el ganado y la tasa de impuesto a la renta, generando así proyecciones más robustas sobre la viabilidad del sistema.

El análisis realizado adquiere una relevancia particular que viene dada por su enfoque interdisciplinario, integrando conocimientos provenientes de la ganadería, la forestación, las finanzas, la agronomía y el análisis cuantitativo. La complejidad inherente a los sistemas silvopastoriles requiere una mirada que contemple tanto las dinámicas biológicas y productivas como las implicancias económicas y financieras asociadas. En dicha línea, la tesis no solo busca contribuir al conocimiento académico sobre un sistema productivo en desarrollo, sino también ofrecer herramientas concretas para su evaluación y planificación, apoyando así la toma de decisiones informadas por parte de productores, técnicos y actores del sector agropecuario.

El análisis también busca identificar los principales factores que influyen en el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que son indicadores clave para evaluar la rentabilidad de las inversiones en silvopastoreo. El uso de modelos estocásticos es particularmente útil para explorar la sensibilidad de estos resultados a diferentes escenarios y, en última instancia, para mejorar la planificación financiera.

Esta tesis también se proyecta hacia el desarrollo de estrategias que integren el conocimiento técnico sobre la producción ganadera y forestal, con herramientas modernas de evaluación financiera. El objetivo es ofrecer una metodología que pueda ser aplicada a diferentes tipos de suelo y regiones, proporcionando una herramienta de decisión adaptable a las necesidades y características específicas de cada predio. Esta versatilidad permite a los productores realizar ajustes y optimizar sus inversiones, maximizando el rendimiento tanto económico como ambiental del sistema.

En resumen, el presente trabajo de tesis busca contribuir a la sostenibilidad agropecuaria mediante la evaluación económica del silvopastoreo, aplicando métodos de simulación avanzados que integren la incertidumbre de mercado. La investigación se orienta a generar modelos adaptables que puedan ser utilizados por productores y profesionales para tomar decisiones más informadas, promoviendo así una transición hacia sistemas productivos más resilientes y sostenibles.

En este capítulo se introduce el tema, definiendo el concepto de silvopas-

toreo y realizando una justificación del mismo, fundamentada principalmente en los beneficios económicos, productivos y ambientales. En el capítulo 2 se presenta una breve reseña histórica y se efectúa una revisión del estado del arte relacionada con el propósito de esta tesis. En el Capítulo 3 se expone con mayor detalle las características de los sistemas de silvopastoreo. Luego, en el Capítulo 2 se realiza una breve descripción histórica del tema al inicio del mismo, como introducción a la revisión del estado del arte en temas vinculados a la presente tesis.

Los Capítulos 4 y 5 se realizan una descripción del problema abordado en la tesis y la formalización matemática del mismo, en ese orden respectivamente. La aplicación del modelo, realizando cálculos y analizando los resultados obtenidos, a grandes rasgos es lo expuesto en el Capítulo 6. Las conclusiones son expuestas en el Capítulo 7, de forma de cerrar el cuerpo central de la tesis.

Para finalizar, con el propósito de facilitar la comprensión de cómo se disponen espacialmente los elementos que conforman un sistema silvopastoril, se incluye a continuación una representación gráfica esquemática. La Figura 1.1 permite visualizar de forma clara la coexistencia entre árboles, ganado y pasillos de circulación, así como las distancias que se deben considerar en el diseño del sistema productivo. Como se verá en la Subsección 3.4 esta organización es clave para lograr una interacción eficiente entre los componentes, tanto desde el punto de vista biológico como económico.

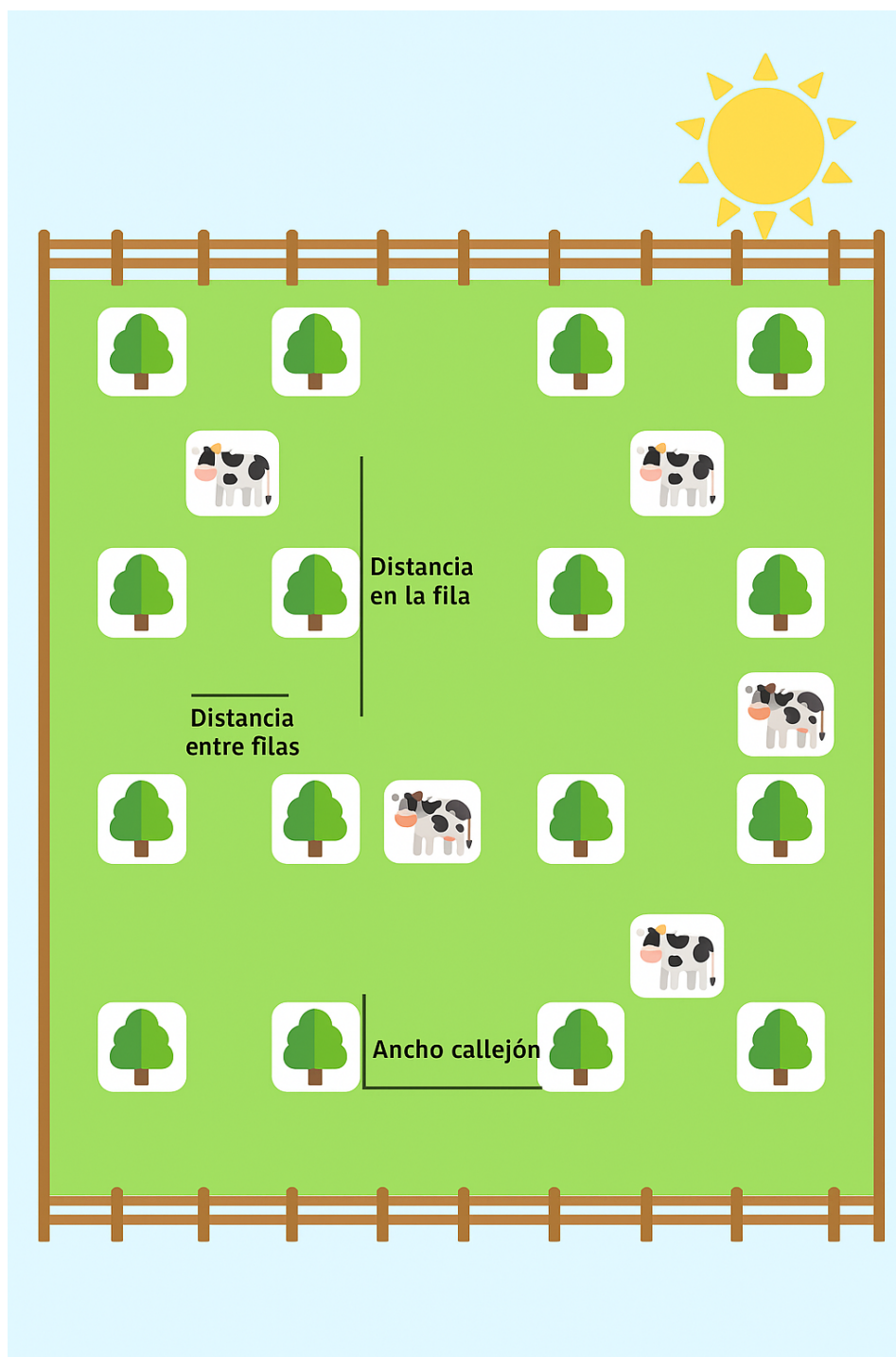


Figura 1.1: Esquema - Área en silvopastoreo

La disposición espacial del sistema productivo no es un aspecto menor: incide directamente sobre la productividad, el bienestar animal, el manejo forestal y la dinámica de los flujos de caja del proyecto. Esta representación gráfica resume el enfoque integral de la tesis, que busca analizar estos sistemas

desde una perspectiva técnica, productiva y financiera, permitiendo evaluar alternativas viables de inversión en contextos de incertidumbre.

1.1. Definición de Silvopastoreo

Según (Pezo y Ibrahim, 1998), estos sistemas constituyen “una opción de producción pecuaria donde las leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales, como forrajeras herbáceas y animales, bajo un sistema de manejo integral”.

Para (FAO, 1999), un sistema silvopastoril es una forma de combinar árboles con pasturas y animales dentro de una parcela. Los árboles dan sombra al ganado, mejoran la fertilidad y las condiciones físicas de los suelos, y permiten ingresos económicos adicionales a mediano y largo plazo como madera.

Distintos técnicos entrevistados definen a los sistemas de silvopastoreo como una modalidad de sistemas agroforestales establecida en la producción integrada entre árboles, plantas forrajeras y ganado. En casos donde estos sistemas fueron planificados, y están gestionados profesionalmente, permiten explotar las sinergias entre los componentes, proporcionando ventajas económicas y mejorando el bienestar animal.

En nuestro país, concretamente el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) establece que existen distintas definiciones, pero todas tienen elementos en común. Uno de ellos son los componentes del sistema (animal, pastoril, forestal, agrícola), el otro el objetivo perseguido: la maximización en el aprovechamiento del sitio (suelo, radiación solar, agua, topografía).

El silvopastoreo es una actividad agropecuaria que está específicamente diseñada y administrada para la producción de árboles, productos maderables, forraje y ganado. Puede visualizarse como el resultado del mejoramiento deliberado de árboles en un sistema de producción de forrajes. En síntesis, el silvopastoreo como tal, es el manejo de árboles, ganado y pastos en un sistema integrado (Klopfenstein et al. 1997).

En la presente tesis adoptamos la definición del INIA expuesta anteriormente.

1.2. Importancia del problema abordado

Los sistemas silvopastoriles están diseñados para obtener productos cuyos ingresos son diferentes a lo largo del tiempo. Por un lado, los ingresos de corto plazo provienen de la ganadería, mientras que los ingresos de largo plazo provienen de la madera que genera la forestación. Esto hace atractivo a los sistemas silvopastoriles desde una óptica financiera. En especial porque tiene una mayor liquidez, por ejemplo, frente a los sistemas forestales puros.

Por otra parte, la interacción entre árboles, forraje y ganado se maneja para obtener productos (madera, forraje de alta calidad, ganado), de manera simultánea, intensiva y eficiente. Los sistemas silvopastoriles son sistemas sostenibles, que logran generar beneficios económicos, sin generar problemas ambientales. Cuando estos sistemas cuentan con una gestión profesional ofrecen una variedad de oportunidades para atraer inversiones y programas que pueden ayudar a estimular el desarrollo de la economía rural. En la presente sección se profundiza en los puntos señalados.

1.2.1. Beneficios económicos del silvopastoreo

La integración de árboles y ganado en un sistema de silvopastoreo mantiene la productividad de largo plazo del área, generando productos comercializables como lo son la madera y los productos de origen animal. El sistema diversifica la producción, disminuyendo el riesgo de mercado. Por otra parte, los costos de producción se reducen y la flexibilidad para la comercialización aumenta debido a que los costos fijos se distribuyen entre forestación y ganadería.

La integración productiva proporciona ingresos de corto plazo relativamente constante por las ventas del ganado, y la venta selectiva de árboles maderables. El productor rural tiene otra flexibilidad a la hora de concretar la venta de árboles, pudiendo obtener mejores precios.

1.2.1.1. Diversificación del riesgo económico y financiero.

En los sistemas silvopastoriles, cada componente productivo tiene ciclos diferentes. Mientras que la ganadería presenta períodos relativamente cortos, que pueden ir de uno a tres años dependiendo del tipo de engorde animal, la forestación opera con horizontes más largos, que pueden superar los diez años para alcanzar la corta comercial de la madera. Desde un punto de vista económico-financiero, estas características son especialmente atractivas. Por un lado, el capital invertido se distribuye entre dos actividades productivas con dinámicas distintas, lo que permite diversificar los ingresos. Esto contribuye a una reducción del riesgo en comparación con la realización de una sola actividad, al tiempo que mejora la estabilidad del flujo de fondos. Por otro lado, la diferencia en la duración de los ciclos productivos genera un perfil financiero más dinámico, que puede facilitar la planificación de caja y el acceso al crédito. A pesar de estas ventajas, no existen actualmente empresas silvopastoriles en la región que coticen en bolsa, lo que evidencia el carácter emergente de este tipo de producción y la falta de herramientas de mercado desarrolladas para su análisis. Esta situación reafirma la importancia de esta investigación, que no solo busca estudiar la conveniencia económica del silvopastoreo como alternativa productiva, sino también aportar criterios cuantitativos útiles para el diseño de portafolios de inversión agropecuaria más diversificados y eficientes. En este sentido, esta tesis tiene un rol trascendental: al brindar evidencia técnica y financiera sobre los sistemas silvopastoriles, puede despertar el interés tanto de productores como de profesionales en finanzas que, hasta ahora, no han considerado esta modalidad de producción dentro de sus estrategias. Así, se espera que el trabajo contribuya a reducir la brecha de información y a abrir camino para el desarrollo de instrumentos de análisis y financiamiento específicos para este tipo de emprendimientos.

1.2.1.2. Mejora en la liquidez

La producción ganadera aporta al sistema silvopastoril, desde una óptica financiera, liquidez ya que es un sector donde existe facilidad en la venta de los productos, con precios claros y altos volúmenes transados. Entendemos por liquidez, la capacidad de transformar activos en efectivo o equivalentes de efectivo. Por otra parte, al mejorar la liquidez del proyecto lo hace más atractivo

para las instituciones de crédito, debido a que tiene mejores flujos financieros frente a la producción forestal pura.

1.2.2. Beneficios sobre el bosque maderable y el forraje

Dentro del contexto de campos con silvopastoreo, el pastoreo puede controlar la competencia por humedad, nutrientes y luz, ayudando así al crecimiento de los árboles. Un manejo adecuado del pastoreo provee control de malezas sin requerir herbicidas, mantiene el ciclo de fuego y reduce el hábitat para roedores. El abono aplicado a los forrajes es también utilizado por los árboles y mientras el ganado pastorea se reciclan nutrientes que provienen del estiércol.

1.2.3. Beneficios en los animales bajo silvopastoreo

Los árboles proveen sombra y protegen del viento al ganado. Tiene un efecto estabilizador ya que ayuda a reducir el estrés de calor y dan abrigo en épocas de frío y viento. Los árboles pueden reducir el efecto del frío hasta un 50 % o más y pueden reducir la velocidad del viento hasta 70 % (Klopfenstein et al. [1997](#)).

El ganado gastará menos energía para mantenerse, lo que genera mejores rendimientos económicos. Por otra parte, la disminución del estrés calórico reduce la mortalidad y aumenta la tasa de preñez. Ambos factores tienen efectos positivos sobre el rendimiento económico derivado de la actividad ganadera.

1.2.3.1. Mejora del bienestar animal en silvopastoreo

En un sistema de silvopastoreo, la producción animal es realizada en mejores condiciones. Los árboles brindan resguardo frente a altas temperaturas y protección en las estaciones de frío. Esto se deriva en una ganancia de peso en comparación con los establecimientos sin protección (Simeone et al. [2010](#)). La cobertura contra el viento, frío, heladas, granizo, tormentas eléctricas, variaciones bruscas de la temperatura del aire, entre otros, implica mitigar el estrés térmico de los animales.



Figura 1.2: Vacas pastoreando en sequía -<https://www.hoytamaulipas.net/>

En la Figura 1.2 se observa un grupo de vacas visiblemente flacas pastando sobre un campo reseco por la sequía, ilustra con crudeza las consecuencias de un sistema ganadero expuesto a condiciones climáticas extremas sin protección adecuada. Esta escena contrasta fuertemente con los beneficios antes mencionados del silvopastoreo, y refuerza la necesidad de adoptar estrategias productivas que aumenten la resiliencia del sistema frente al cambio climático. La falta de sombra, alimento y microclimas adecuados no solo afecta el bienestar animal, sino que compromete la productividad y la sostenibilidad del sistema ganadero.

La producción animal es realizada en mejores condiciones, con protección contra el viento frío, heladas, granizo, tormentas eléctricas, variaciones bruscas de la temperatura del aire, entre otros. Esto favorece a mitigar el estrés térmico de los animales. Los animales por si sólo buscan la protección del sol.



Figura 1.3: Protección en tambo. Todo El Campo - <https://todoelcampo.com.uy>

En la Figura 1.3 se puede apreciar que los animales se colocan en el espacio limitado que poseen para cubrirse de la radiación solar directa. dicha protección es una malla sombra, que no logra generar el mismo beneficio que los árboles. La foto fue extraída del portal Todo El Campo, dicha publicación es del 31 de diciembre de 2024, y está acompañada de un video donde el Ing. Agr. Alejandro La Manna realiza recomendaciones de medidas de manejo del estrés térmico.

1.2.3.2. Estrés térmico

El estrés térmico puede ser causado tanto por el calor como por el frío. En el sistema silvopastoril, los árboles proporcionan sombra y cortan el viento. Por tanto, la presencia de árboles modifica el microclima local disminuyendo o incluso eliminando el estrés térmico y mejorando el comportamiento animal en campo.



Figura 1.4: Establecimiento La Abuelita - Tacuarembó

En la Figura 1.4 se puede apreciar los animales buscando refugio en la sombra proyectada por los árboles, la forestación actúa como un escudo natural contra la radiación solar directa, evitando que los animales sufran de estrés térmico.

1.2.4. Medio ambiente y estética en silvopastoreo

El paisaje que genera un sistema silvopastoril tiene mayor atractivo en contrates con sistemas intensivos como pueden ser la forestación tradicional, o la ganadería intensiva. Esto puede apreciarse en la Figura 1.5 donde se aprecia un campo con abundantes pasturas, callejones amplios donde permanecen los animales pastoreando, pero también espacios de sombra y resguardo.



Figura 1.5: Establecimiento La Abuelita - Tacuarembó

Por otra parte, los sistemas de silvopastoreo pueden tener efecto positivo para aumentar la diversidad de vida silvestre y mejorar la calidad de las aguas. Un tema importante vinculado a la presencia de forraje, tal como se aprecia en la Figura 1.5, es que protege al suelo de la erosión. También, le adiciona materia orgánica para mejorar las propiedades del suelo, en otras palabras actúa como una protección natural del mismo.

1.2.4.1. Conservación del suelo en campos silvopastoriles

Los productores ganaderos, que decidieron incorporar en su producción a la forestación tienen en cuenta algunas ventajas de esta actividad como una mejor utilización del recurso suelo (Ortiz Torres et al. 2018).

El silvopastoreo es un sistema multifuncional, en el que existe la posibilidad de intensificar la producción, a través de la gestión integrada de los recursos, evitando su degradación (Jose y Dollinger, 2019). Esta integración armónica entre árboles, pasturas y animales permite optimizar el uso del suelo, mejo-

rar la eficiencia productiva y promover servicios ecosistémicos clave, como la conservación del agua y del suelo, la captura de carbono y el aumento de la biodiversidad. Concretamente, los sistemas de silvopastoreo disminuyen el impacto ambiental de la ganadería bovina. La integración de ambas actividades incrementa la fertilidad del suelo. El contar con menor densidad de árboles, frente a la forestación tradicional, permite una mayor profundidad del sistema radicular de los árboles, lo que aumenta el área de captación de agua y nutrientes. Todos estos aspectos conllevan a un mayor control de la erosión porque la masa forestal reduce el impacto de la lluvia sobre el suelo, aumenta la infiltración y protege al suelo del viento y de la radiación solar.

Al existir una mayor presencia de materia orgánica en el suelo, existe una mayor actividad de macro y microorganismos, lo que deriva en un aumento en el reciclaje de nutrientes a través del follaje, ramas y residuos del pastoreo.

1.2.4.2. Disminución del impacto ambiental de la ganadería con silvopastoreo

Es posible promover el concepto de “descarbonización” de la ganadería, debido a las condiciones en las que se crían los animales. La forestación puede contribuir a la captura de carbono atmosférico, a reducir las emisiones de óxido nitroso (N_2O) y a mitigar las emisiones de gas metano entérico (CH_4) de rumiantes (Alves et al., 2020), gases componentes del calentamiento global de la atmósfera – “gases de efecto invernadero”. Para reducir la huella de carbono en la ganadería, y considerando la relevancia de la misma en la producción de alimentos de exportación, podría ser apropiado integrar zonas forestales en sistemas ganaderos.

La integración de la ganadería y la forestación, además de otras ventajas productivas, colabora a disminuir considerablemente y hasta neutralizar las emisiones de Gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la primera. El desarrollo de sistemas silvopastoriles en Uruguay, junto con el mantenimiento de prácticas avanzadas, genera condiciones óptimas para ofrecer productos de alta calidad y con sello de bajas emisiones, un diferencial en el mercado con demandantes exigentes en este ámbito. Esta es un beneficio de importancia de los sistemas silvopastoriles en Uruguay.

Capítulo 2

Antecedentes y estado del arte

Con el objetivo de darle un marco conceptual y fundamentar esta investigación, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva que abarcó trabajos académicos, estudios aplicados en el área de las finanzas, investigaciones sobre producción agropecuaria y forestal, así como literatura especializada que aborda de manera directa o indirecta aspectos vinculados al silvopastoreo.

La referida búsqueda incluyó tanto fuentes nacionales como internacionales. Esta división fue realizada considerando que los sistemas silvopastoriles nacionales presentan características diferenciales, tal como surge de las entrevistas mantenidas con expertos (véase Apéndice 2 y Apéndice 3). Al momento de dar prioridad a las contribuciones encontradas, se tomó en cuenta aquellas que ofrecieran enfoques relevantes para el análisis económico, técnico y estratégico de los sistemas silvopastoriles. Los estudios considerados más significativos y pertinentes para el desarrollo de esta tesis serán presentados y analizados a continuación.

Primeramente en la Subsección 2.1 se presenta la evolución histórica de la combinación de bosques, praderas y producción animal en nuestro país. Luego en la Subsección 2.2 se presenta la revisión de la literatura y estudios previos relacionados con el silvopastoreo cuyo propósito sea el incluir aspectos cuantitativos que faciliten la toma de decisiones.

2.1. Antecedentes históricos

La vinculación de la forestación con la producción agropecuaria en Uruguay viene desde el siglo XIX, (Porcile, 2007) logra identificar que dicha vinculación se origina en las décadas siguientes a la finalización de la Guerra Grande. Dicho autor identifica que el árbol se comenzó a integrar a la ganadería con la función de sombra y abrigo, sobre fines del siglo XIX, a lo que se le llamaba “quintas” o “islas” de eucaliptos que comenzaban a proliferar en todo el territorio.

En la primera mitad del siglo XX comenzaron a instalarse una mayor cantidad de plantaciones forestales, por iniciativa privada, las mismas al servicio de una actividad agropecuaria consolidada, integrándose a las praderas. En las mismas se plantaron especies provenientes de otras regiones, que habían demostrado buena capacidad de adaptación a nuestro medio. Las funciones de dichas plantaciones eran: el abrigo, ser cortinas, proporcionar sombra, madera para combustible, madera para construcciones, entre otras.

En dicho período, desde la academia, a nivel nacional e internacional, fueron elaborados manuales y publicaciones donde se hacía referencia a los montes de abrigo y sombra para el ganado, proponiendo modelos de bosques de sombra, cortinas protectoras y rompevientos. La fundamentación estaba basada en ventajas vinculadas a la producción ovina.

De acuerdo con (Porcile, 2007), es a partir de 1930, basándose en los Censos Agropecuarios, en que se empezó a contar con información estadística sistematizada sobre la superficie forestada a nivel nacional.

El desarrollo de la forestación en esos momentos, era relativamente joven respecto al desarrollo del sector pecuario tradicional. La forestación tenía un menor nivel de desarrollo, respecto a otras producciones agropecuarias. Desde los orígenes hasta el año 1968, donde se sanciona la primera Ley Forestal (Num. 13.723) el desarrollo del sector forestal obedeció a impulsos del sector privado. De acuerdo con (Porcile, 2007) previo a la sanción de la primera Ley Forestal, existían aproximadamente 600.000 hectáreas de bosques, actualmente existen aproximadamente 1.160.000 hectáreas. Previo a la Ley, el área de bosques naturales ocupaba un poco menos de 500.000 hectáreas, mientras que

el resto correspondía a bosques plantados, en su mayor parte en el norte del país.

En la última década del siglo XX se puede identificar como el momento donde se profundizó en el estudio de la combinación bosque, pastura y ganado, considerando conceptos agroforestales. Un trabajo de referencia es el publicado por Polla(1990), “Agroforestry Systems: Alternative Productions for Uruguay”, debido a que se pone foco en las características agroecológicas que favorecen la integración de la ganadería y forestación. Establece este sistema como una alternativa de producción viable para el Uruguay. Ese mismo año, en la ciudad de Young se realizó el seminario “Manejo Silvopastoril”, organizado por la Dirección General Forestal del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

En la primera década del siglo XXI existieron cambios en las normas que regulan la actividad forestal, muchas de las que favorecieron la integración entre ganadería y forestación, lo que más adelante definiremos como Sistemas de Silvopastoreo. Un ejemplo de ello es el Decreto 191/06, donde se extiende la calificación de Bosque Protector Artificial – BPA. Estos bosques tienen beneficios impositivos, debido a que son bosques de servicio del predio agropecuario. Existe una condición en cuanto a la proporción máxima de superficie que puede ocupar este tipo de bosque en el total del predio. Otro ejemplo, es el Decreto 220/10 que incorpora a la prioridad forestal otros grupos de suelos CONEAT, cuando el proyecto presentado complementa la producción forestal con una adecuada diversificación agrícola y/o ganadera.

2.2. Estado del arte

En esta sección se realiza una revisión de la literatura y estudios previos relacionados con el silvopastoreo, y que tengan como propósito construir modelos cuantitativos que faciliten la toma de decisiones. Concretamente, literatura y estudios que tratan sobre modelos agroforestales, modelos económicos y de optimización de sistemas de silvopastoreo.

El análisis de la bibliografía relacionada permite identificar artículos, tra-

bajos de investigación y otras formas de producción de literatura, donde se proponen modelos agroforestales, modelos económicos, y modelos que integran ambos. Las publicaciones analizadas son nacionales e internacionales, y son detalladas a continuación en orden cronológico.

(Cino et al. [2003](#)) evaluaron la factibilidad económica de incrementar la producción de biomasa en unidades lecheras en Cuba, a partir de la introducción de una nueva especie forestal (especie *Leucaena leucocephala*) en el 100 % del área de pastoreo. Mediante la construcción de un modelo determinista se calcula la tasa interna de retorno (TIR), concluyendo que la alternativa de silvopastoreo era una alternativa factible desde el punto de vista económico, para la ganadería cubana. Existen diferencias respecto al objeto de estudio de la presente investigación. La primera de éstas diferencias es que si bien el estudio corresponde a un sistema de silvopastoreo el componente forestal sirve de alimento al ganado, y a su vez la producción del componente ganadero es leche. Por otra parte, el modelo corresponde a un modelo determinista, y el plazo de análisis es corto, debido a que la duración de los ciclos productivos es notoriamente menor.

En el mismo año (Barroso, [2003](#)) presenta un marco de referencia para el análisis económico de sistemas agroforestales mediterráneos de dehesa (bosques con pastizales). El análisis toma datos del sudoeste y oeste de la España peninsular. El trabajo se centró en la construcción de instrumentos analíticos que permitan la comunicación entre analistas y propietarios de los establecimientos productivos. Bajo ciertos criterios de maximización del VPN, se determina para cada establecimiento productivo, con una tasa de interés fija, las alternativas de gestión óptima de la renovación del arbolado. En una primera instancia el autor plantea el VPN con un horizonte temporal infinito para cuatro fincas de dehesa estudiadas. El autor emplea una optimización dinámica para maximizar la renta por hectárea. Concretamente, formula y resuelve un problema de control óptimo en tiempo discreto y horizonte temporal finito sobre un proceso de reforestación y el escenario de regeneración natural continua del arbolado. Este trabajo tiene como elemento en común, con la presente tesis, que en ambas se busca construir modelo para calcular el VPN de un sistema agroforestal. El trabajo de (Barroso, [2003](#)) no incluye incertidumbre, trabaja con una tasa de interés fija. Luego de calculado el VPN se enfoca en

la gestión óptima de la renovación del componente forestal.

A nivel nacional, (Cameroni et al. [2012](#)) desarrollan un modelo de simulación para una explotación ganadera extensiva, esto es, campo natural como única fuente de alimento para el rodeo. El modelo a través de supuestos y fórmulas busca simular los resultados de la explotación ganadera y los compara con la realidad, de forma de poder utilizarlo a futuro para la toma de decisiones. Las principales diferencias con el trabajo de investigación planteado en esta tesis, es que se trata de un modelo determinístico (no considera probabilidades) y focaliza en resultados productivos. Como aspectos en común se destaca que utiliza simulación como método de resolución del problema y puede adaptarse a distintas situaciones productivas.

Nuevamente, a nivel internacional se encuentra una publicación de (Cino et al. [2014](#)) donde realizó la evaluación económico-financiera de la crianza de hembras de reemplazo. El estudio corresponde a Cuba, para la raza Charolais en silvopastoreo con especies tropicales, realizando una comparación para la misma raza animal pero que se alimente solamente con pasto estrella. Son proyectados distintos indicadores financieros sin precisar el modelo utilizado para su estimación. Los resultados de esta experiencia evidenciaron las ventajas económicas del silvopastoreo para la crianza de hembras de reemplazo de la raza Charolais, frente a la producción tradicional. El autor concluye que el silvopastoreo es una alternativa sustentable en la actividad ganadera en la provincia de Granma, Cuba. Este trabajo tiene importantes diferencias con el foco de la presente tesis, si bien combina producción animal con producción forestal, la forestación es parte del alimento del ganado. En otras palabras, combina ganado Charolais que se alimenta de los arbusto, el ganado come las hojas. La vinculación entre ambos componentes es distinta. En lo relativo al modelo, es un modelo determinista, para un nivel de animales y superficie dado.

Por otra parte, (Almeida et al. [2017](#)) optimiza la inversión en pasturas vinculada a la producción ovina. Utilizan un modelo de programación lineal para maximizar el margen bruto, incluyendo un análisis de sensibilidad que le permite evaluar la eficiencia del capital invertido para aumentar la producción. Esta investigación tiene como punto atractivo, y vinculado al presente trabajo,

que utiliza técnicas de optimización para mejorar indicadores económicos, sin embargo combina dos de los tres componentes de un sistema de silvopastoreo.

Otro trabajo interesante en nuestro país es el de (Céspedes, 2018), centra su investigación en la gestión de los recursos forestales, considerando las decisiones correspondientes a la cosecha de la producción. Trabaja sobre la importancia de la planificación de la cosecha, debido a que tiene un impacto significativo en los costos, y en consecuencia en el desempeño económico de la empresa. El estudio tiene como objetivo optimizar la asignación de los equipos de cosecha de los contratistas forestales, y también el ruteo de los mismos. Realiza una implementación que es ejecutada sobre escenarios basados en datos reales del MGAP. El modelo propuesto puede ser de utilidad para mejorar la eficiencia en la asignación de recursos, siendo de gran utilidad a la hora de la planificación anual que realizan las empresas forestales. Es interesante destacar que este trabajo pone el foco en la planificación del trabajo, punto en común con la presente tesis, también busca una adecuada asignación de recursos, sin embargo en la cosecha de los bosques. En este trabajo se incluyen distintos escenarios, de esta forma pretende incluir cambios que pueden existir en la realidad.

Continuando con la realidad uruguaya (Varela, 2019) construye un modelo para comprender las interacciones entre los componentes del sistema de silvopastoreo. Utilizando la técnica de simulación cuantifica los resultados intermedios y finales del sistema. Entre ellos se destaca la producción de materia seca de campo natural bajo los diferentes marcos de plantación, la superficie disponible para pastoreo, las unidades ganaderas que soporta, la producción de madera y los resultados financieros. La contribución del modelo viene dada por una mejor planificación de los recursos del predio. El modelo se encuentra basado en formulas que permiten estimar las diferentes variables de salida. El modelo de silvopastoreo desarrollado es determinista, genera los mismos resultados siempre que se ingrese la misma información. Este modelo tiene puntos en común con la investigación desarrollada en el presente documento, ellos son: utiliza como método la simulación, tiene por objetivo proporcionar herramientas para mejorar la planificación del sistema de silvopastoreo, utiliza una rutina informática para su resolución. Las principales diferencias son que no considera la incertidumbre, trabaja con una única tasa de interés, los resultados económicos están en un segundo plano de interés.

También para nuestro país, (Boscana, [2019](#)) evalúa el efecto productivo y económico del marco de plantación en sistemas silvopastoriles. La principal hipótesis manejada es que éstos no generan diferencias significativas en la producción de madera y forraje entre los sistemas evaluados. La autora destaca que los sistemas silvopastoriles constituyen una modalidad productiva con gran potencial de expansión en Uruguay.

(Soares de Lima et al. [2020](#)) visualizan al silvopastoreo como una alternativa atractiva para muchos productores ganaderos ubicados en las zonas agroforestales del Uruguay. Los autores manifiestan que existen interrogantes productivas y comerciales, a un tema que sigue adquiriendo importancia.

Volviendo a los avances a nivel internacional, en otras regiones con distintas aplicaciones prácticas, se destaca (Sabu. et al. [2020](#)) que buscan optimizar el rendimiento neto de los sistemas agricultura integrada en India. Es un modelo simple, sin mostrar mayores desafíos y no constituye una referencia en la materia.

Retomando el análisis a nivel de nuestro continente (José Ives Pérez-Zuñiga, [2021](#)) trabaja sobre cómo la densidad de una plantación forestal, concretamente plantaciones de cacao en el municipio de Tumaco (Colombia), impacta en la rentabilidad. Para ello incluyó variables como distancias de siembra, especies asociadas al cacao, costos de producción, fuentes de financiación, y rendimientos del sistema. Analizado el distanciamiento óptimo de siembra, utiliza las densidades más utilizadas por los productores para desarrollar un modelo de programación lineal.

Es importante para el presente trabajo la investigación realizada por (Conde, [2022](#)) quien elaboró un modelo de programación lineal entera con el objetivo de seleccionar la combinación óptima entre los principales componentes de un sistema de silvopastoreo en un campo zonificado en Uruguay. El óptimo se busca maximizando el resultado económico, concretamente el VPN. El modelo busca facilitar la toma de decisiones en cuanto a qué actividad realizar en las distintas zonas predefinidas de un establecimiento productivo. El resultado del problema indica para cada zona si es preferible realizar ganadería, forestación

o silvopastoreo. La función objetivo es el VPN. Es de destacar que realiza un trabajo importante en la definición de parámetros de interés productivo y económico, que son considerados en la presente investigación. Este trabajo se encuentra alineado con lo planteado en la presente tesis, en cuanto a la función objetivo, el análisis de decisiones de inversión, los cálculos se realizan utilizando una tasa de interés promedio que permanece incambiada. La diferencia con el presente trabajo es que trabaja en contexto de certidumbre, a diferencia con lo propuesto en esta tesis que es incluir la incertidumbre. Por otra parte, en el presente trabajo también se incluye el concepto de TIR, debido a que distintas combinaciones de actividades derivan en distintas inversiones y lo adecuado es trabajar con la rentabilidad por unidad invertida. El trabajo de (Conde, 2022) incluye análisis de sensibilidad sobre los parámetros de entrada, haciéndolos variar uno a uno. En el caso planteado en este trabajo, se sensibiliza el porcentaje de área forestada y se ve su impacto en la rentabilidad y el riesgo.

(Azadian et al. 2023) desarrollan un modelo para la realidad nacional, para sistemas de silvopastoreo, considerando un horizonte de tiempo permite elegir la inversión más rentable para un determinado campo que cuenta con un presupuesto específico. El modelo busca maximizar la ganancia final de la inversión, como diferencia entre ingresos y costos, sujeto a restricciones. Las soluciones óptimas que proporciona son alcanzadas en tiempo razonable, asegurando la calidad y exactitud de los resultados.

(Fernández y Alfaro, 2024) motivan su investigación en tomar decisiones financieras efectivas para Uruguay en el escenario actual. La investigación parte desde el inversor, sus opciones de inversión y la conformación de un portafolio de inversiones. El inversor, que busca maximizar sus rendimientos, se enfrenta a distintas opciones para conformar su portafolio de inversión. Los autores plantean una solución específica adaptada al contexto uruguayo. La propuesta elaborada incluye la forestación, ganadería y silvopastoreo, y complementa el portafolio con actividades puramente financieras locales: bonos, letras de regulación monetaria y el bono ganadero. El objetivo es maximizar el valor presente neto mediante un modelo de programación lineal entera, seleccionando el portafolio óptimo. Este trabajo también busca optimizar el VPN, no incorpora el riesgo de las distintas inversiones, trabaja en contexto de certidumbre. Es importante destacar que realiza análisis de sensibilidad, que de alguna forma

incluye la variabilidad, pero no utiliza simulación. Esta investigación tiene un foco distinto al que se busca en la presente tesis, ya que el foco está en el inversor y la composición del portafolio, mientras que en la presente tesis se analiza la inversión en silvopastoreo en sí misma.

En este capítulo se puso en contexto el tema objeto de estudio: modelos agroforestales, modelos económicos y de optimización de sistemas de silvopastoreo. A su vez, se han presentado los principales aportes en la materia, tanto a nivel nacional como internacional. La literatura a nivel nacional reviste mayor utilidad, debido a que los avances internacionales en su gran mayoría refieren a otro tipo de especies tanto animales como forestales.

En cuanto a la temática abordada, la realidad muestra que existen una cantidad importante de trabajos de modelización agroforestal, pero cuando se introduce elementos vinculados a la rentabilidad u optimización económica, ya la literatura se reduce. En los últimos años, fundamentalmente a nivel nacional, existen importantes avances y trabajos de relevancia, que focalizan en la optimización de estrategias de inversión, decisiones de inversión y simulación de resultados para sistemas de silvopastoreo. El análisis en todas ellas es en contexto de certidumbre. Como se ha venido mencionando, una de las principales ideas es incluir variaciones en las principales variables del modelo económico y financiero del problema. Utilizando simulación Monte Carlo, se pretende evaluar el comportamiento de los indicadores de conveniencia del proyecto.

Las investigaciones previas, han abordado temas de importancia, con aportes que serán utilizados, realizando algunas modificaciones y aportes, uno de ellos es la inclusión del análisis en contexto de incertidumbre.

Es por eso, que partiendo de la literatura existente, asumiendo que existen aportes y avances alcanzados que son de gran utilidad para la presente investigación, se pretende añadir la variabilidad en aspectos claves del sistema de silvopastoreo, fundamentalmente en aquellos que están fuera del ámbito de control del inversor. De esta forma, el resultado será una variable que puede tomar distintos valores.

Capítulo 3

Caracterización del Silvopastoreo

En el presente capítulo se abordan en detalle aspectos claves vinculados con los sistemas de silvopastoreo. Dicho abordaje es realizado con el propósito de facilitar el entendimiento o comprensión del problema que se desarrollará en los capítulos siguientes. La idea es proporcionar al lector un marco técnico y conceptual sobre las interacciones productivas, ambientales y económicas que caracterizan a este tipo de sistemas. El punto de partida es una descripción general del enfoque silvopastoril, haciendo énfasis en la complementariedad entre la actividad forestal y la producción ganadera. La combinación de actividades planteada al momento de la planificación del sistema, no solo busca mejorar el aprovechamiento del suelo y los recursos naturales, sino también generar sinergias productivas que contribuyan a la estabilidad económica del predio y a la sostenibilidad ambiental. Por lo expuesto anteriormente, se explorarán los beneficios asociados a la captura de carbono, la reducción de la huella ambiental y las oportunidades emergentes en los mercados de carbono. Pretendiendo presentar los beneficios indirectos de los sistemas de silvopastoreo, se analizan los impactos que la integración forestación-ganadería puede tener a nivel país, tanto en términos de productividad como de inserción internacional.

3.1. Introducción - Complementariedad forestación - ganadería

La realidad nacional en materia de producción agropecuaria, muestra que la forestación convive mayoritariamente con la ganadería, ambas actividades tienen requerimientos de suelo similares para su desarrollo. La otra actividad que se observa en nuestro país es la agricultura. Sin embargo, las plantaciones agrícolas, tienen requerimientos nutricionales diferentes, se desarrollan en suelos de determinada calidad, lo que hacen inviable la combinación.

Poder desarrollar dos actividades agrícolas en un mismo terreno, característica diferenciadora del silvopastoreo, genera ingresos en distintos períodos y de distinta fuente, Estos ingresos de distintas fuentes, colaboran con el productor en la diversificación del riesgo financiero. Además, si bien la presencia de árboles provoca una reducción de la pastura en la zona, proveen al ganado de sombra en verano y resguardo en invierno.

La integración de la forestación a la ganadería puede ser un complemento en los ingresos de los productores. En términos financieros, genera flujos de fondos de largo plazo debido a las características de la actividad forestal. Por otra parte, promueve una mejor utilización del suelo (Ortiz Torres et al. 2018) beneficios en el bienestar animal derivados de la disminución del stress térmico. En épocas de altas temperaturas los resguarda del sol, y también proporciona protección en las estaciones de frío, lo que en términos económicos se traduce en una menor pérdida de kilos de carne (Simeone et al. 2014).

En lo relativo al medio ambiente, la producción animal, en especial la vacuna, es una fuente importante de emisiones derivadas de la actividad humana de indicadores de cambio climático (GEI), se identifica que la incorporación de áreas forestales (sistemas silvopastoriles) a los sistemas ganaderos existentes, puede generar reducción de sus emisiones de GEI e incluso neutralizarlas. Este aspecto será abordado con mayor detalle en la siguiente sección.

Sin embargo, no es nada nuevo, como ya se mencionó la integración de la ganadería y forestación. En este trabajo de investigación enfocamos en aquellos sistemas de producción, de acuerdo a la definición dada en el Capítulo 1, donde

se planifica esta integración con el objetivo de aprovechar los efectos positivos recién mencionados. Esta planificación se enmarca dentro de un sistema de producción agrícola.

3.1.1. Forestación y captura de carbono

Los países productores de alimentos deben tener especial atención en la trazabilidad de las emisiones generadas en la fabricación de un producto ya que es un requisito clave en mercados de exportación como el europeo, donde las exigencias son cada vez mayores para lograr el cumplimiento de neutralidad carbono a 2050.

3.1.2. Huella y mercado de carbono

3.1.2.1. La huella de carbono

La huella de carbono mide la cantidad total de GEI emitidos directa o indirectamente por una actividad o un proceso, de manera tal de cuantificar su impacto en el ambiente. Contribuir para cumplir con las metas vinculadas al cambio climático, para países exportadores como Uruguay es importante. Esto implica reducir la huella de carbono en los procesos productivos. Una buena tarea en este sentido, permitirá al país ingresar a mercados más competitivos, donde se considera como atributo positivo la reducción de emisiones generadas en el proceso productivo. Tal como ocurre en otras situaciones, a nivel mundial se tiende hacia un etiquetado de gestión de carbono, donde para cada producto se detalle la huella generada por todo su proceso productivo.

3.1.2.2. Mercado de carbono

En un contexto internacional donde se busca la sostenibilidad de la producción, el mercado de carbono se profundiza, toma relevancia, y mejora la competitividad. Es así que encontramos un mercado donde el gobierno nacional define límites en cuanto a la cantidad de GEI que las empresas pueden emitir en un período. La operativa se reduce a otorgar permisos que dan derecho a emitir ciertas cantidades de GEI. Aquellas empresas que en su proceso productivo emitan menos GEI que los permitidos, cuentan con un superávit que pueden vender. Cuando, por el contrario, produzcan emitiendo por encima

de lo permitido, deben comprar permisos o pagar las sanciones correspondientes. Este mercado es conocido como el mercado regulado.

Por otro, está el mercado voluntario. Donde se comercializan certificados de carbono o créditos de carbono. Un certificado de carbono equivale a una tonelada de CO₂ (anhídrido carbónico) secuestrada de la atmósfera o evitada de ser emitida. Esos certificados se comercializan a un precio que es determinado por la oferta y la demanda. El mercado tiene la función de establecer un precio al carbono, este precio desde un punto de vista económico juega como un incentivo para reducir las emisiones y fomentar la inversión en tecnologías eficientes y limpias.

3.1.2.3. Captura de carbono

Las empresas de distintos sectores que apuntan a una producción sustentable en materia medio ambiental, llevan adelante procesos que implican la reducción de las emisiones. Estos procesos se encuentran pautados por actividades de auditoría y certificación de emisiones.

Cada vez más empresas, de una amplia gama de rubros, deciden implementar políticas de responsabilidad social empresarial vinculadas a reducir su impacto ambiental. Es importante destacar que no todas las emisiones pueden ser reducidas por parte de las empresas productoras de bienes y servicios. Para aquellas emisiones que no pueden ser reducidas, las empresas productoras muchas veces pagan a un vendedor por la captura que realiza en su actividad. En este sentido, las compañías forestales son sin lugar a duda potenciales proveedores, de empresas que precisan reducir sus emisiones, debido a la captura de carbono que realizan.

Las plantaciones forestales, por su potencial de captura de carbono, tienen un rol clave en lograr abastecer la alta demanda de productos sustentables. El proceso forestal tiene etapas donde se generan emisiones de gases de efecto invernadero, como en la preparación del terreno, plantación y mantenimiento, pero son significativamente menores a la cantidad de carbono que los árboles absorben a medida que crecen. En todo el proceso productivo, la captura en el total de la actividad es ampliamente mayor a las emisiones, por lo que el

desarrollo del sector forestal en Uruguay desde 1987 a la fecha, ha jugado un papel clave en la captura de CO₂ y, por lo tanto, en la reducción de GEI. La certificación de captura de carbono en la forestación local, y su transformación en bonos que se venden en el mercado internacional, es una práctica que lleva años.

En nuestro país existen cerca de 100 mil hectáreas forestadas inscriptas bajo esta modalidad, para la cual se presenta el proyecto forestal en un mercado voluntario de carbono y representa un ingreso adicional de la actividad al poder monetizarlo en el mercado. El volumen actual es una cantidad insignificante para el mercado internacional, pero existe potencial de crecimiento y altas probabilidades que el mismo se registre.

3.1.3. Impacto país de la integración forestación - ganadería

Para reducir la huella de carbono en la ganadería, y considerando la relevancia de la misma en la producción de alimenticios de exportación, podría ser apropiado integrar zonas forestales en sistemas ganaderos.

La integración de la ganadería y la forestación, además de otras ventajas productivas que son expuestas en las siguientes secciones, colabora a disminuir considerablemente y hasta neutralizar las emisiones de GEI generadas por la primera.

En un estudio efectuado entre 2014 y 2017 dentro del Instituto Plan Agropecuario (Becoña, [2023](#)), en el cual se presentaron dos casos de mayor eficiencia ganadera, se llega a la conclusión de que una superficie de 35 ha a 40 ha dedicada a la forestación dentro de un sistema ganadero de 100 ha es suficiente para compensar las emisiones totales del predio, lo que permite una producción neutral en materia de emisiones.

Las áreas forestales en Uruguay hacen un aporte muy importante a la reducción de las emisiones absolutas del país y contribuirían a mitigar en gran proporción, aquellas relacionadas a la producción ganadera. Para poder tradu-

cir estos aspectos en recomendaciones útiles y prácticas, es de vital importancia profundizar en el desarrollo de un modelo de producción sustentable ambientalmente. En tal sentido, es necesaria una visión integradora entre la producción forestal con la producción cárnica que fortalezca la sinergia entre ambas.

Por otra parte, en octubre de 2022 y noviembre de 2023, Uruguay emitió títulos de deuda vinculados a indicadores ambientales, lo que alinea la financiación pública del país con objetivos climáticos y de conservación de la naturaleza.

Al momento de realizar al primera emisión de este títulos de deuda (bonos soberanos) se promulgó el decreto 333/022, estableciendo un plazo entre 5 y 15 años para los mismos, definiendo al Banco Central del Uruguay (BCU) como agente financiero de la operación.

Nuestro país, caracterizado por tener un déficit fiscal de carácter estructural, precisa acceder continuamente a mercados financieros para cumplir con sus compromisos presupuestales. Es importante para un país que demanda fondos, poder contar con las mejores tasas de interés posible.

Al vincular los bonos a indicadores de cambio climático, priorizando la conservación de áreas de bosque nativo y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con relación al PIB, que de lograrlo implican una menor tasa de interés, existe un incentivo fuerte del gobierno en el cuidado del ambiente. El Uruguay al vincular directamente las finanzas públicas, concretamente el costo del financiamiento de su déficit con aspectos ambientales vinculados a la forestación, está dando sin lugar a duda una fuerte señal a los mercados productivos y financieros.

En su trabajo (Alegrette. et al. [2023](#)) exponen las categorías que contribuyen al cambio en las emisiones de cambio climático. Una de las categorías significativas es el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, dentro de ésta, destaca el ganado vacuno no lechero. En sus conclusiones, manifiestan que nuestro país se enfrenta al desafío de incrementar la producción ganadera, buscando reducir la intensidad de las emisiones de metano y preservando los pastizales naturales.

Por lo tanto, la expansión de la forestación y la introducción de sistemas forestales en sistemas ganaderos es parte fundamental de la estrategia a nivel país de tender al desarrollo económico con baja de emisiones, impactando en las finanzas públicas.

El desarrollo de sistemas silvopastoriles en Uruguay, junto con el mantenimiento de prácticas avanzadas, genera condiciones óptimas para ofrecer productos de alta calidad y con sello de bajas emisiones, un diferencial en el mercado con demandantes exigentes en este ámbito.

3.2. Sistema agroecológico

Se definirá a un sistema en producción agropecuaria como un ecosistema modificado por el ser humano que interactúa con factores socio-económicos y tecnológicos para la utilización de los recursos naturales con fines de producción para la obtención de alimento y servicios (Vilaboa-Arroniz, 2009). De acuerdo a estos, existirá interacción entre las partes del sistema que hacen a la estructura de la unidad. Dentro del sistema las partes (componentes) presentarán cierta proporción y arreglo que darán una estructura al todo.

Por tanto, el sistema debe definir los componentes y la interacción entre los mismos. En el caso que estamos estudiando, existirán tres componentes claramente diferenciados, componente animal, componente forestal y componente herbáceo.

Es por tanto, el Sistema silvopastoril un sistema complejo, en comparación con otros, para el productor, debido a que implica una planificación y manejo de mayor complejidad. Esta mayor complejidad es consecuencia de una mayor cantidad de componentes y las relaciones derivadas de los mismos.

Existen interacciones entre los componentes del sistema que deben ser comprendidas y consideradas al momento de analizar el sistema en su conjunto. En la siguiente sección se presentan y describen las principales interacciones que existen entre los distintos componentes del sistema

3.3. Componentes del sistema de silvopastoreo

Un sistema de silvopastoreo está condicionado o influenciado por factores del ambiente, como pueden ser: tipo de suelo, temperatura, precipitaciones, aptitud forestal del predio, por mencionar las principales. El sistema de silvopastoreo fundamentalmente cuenta con los siguientes componentes: el forestal, el herbáceo y el animal. Estos componentes se integran y deben ser consideradas las características productivas de cada uno de ellos, considerando especialmente las interacciones que se establecen a lo largo de los ciclos productivos.

Las interacciones a considerar son aquellas que afectan la productividad de los distintos componentes. Por ejemplo, la proyección de la sombra de la forestación afecta el crecimiento de la pastura debido a que atenúa la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que atraviesa las copas y llega a la superficie, así como también cambia las condiciones de humedad relativa del sotobosque (Paruelo y Golluscio, 1994). La disposición en el espacio de los árboles, el marco de plantación, define la densidad del bosque, y por tanto, afecta de manera directa la cantidad de pastura y en consecuencia el potencial de pastoreo. Por tanto, un marco de plantación con una densidad baja genera menor producción de madera y aumenta el área de pastoreo que tiene impacto positivo sobre la producción ganadera.

El marco de plantación, como se expone en la Figura 3.1, afecta la producción de materia seca de la cual se alimenta el ganado. Sin embargo, es importante destacar que frente a una densidad fija de árboles es posible diseñar marcos de plantación que aumenten la productividad de los otros dos componentes.

Los componentes del sistema de silvopastoreo tiene ciclos productivos de distinta duración, esta diferencia es relevante en éstos sistemas. La planificación y gestión del sistema debe enfocarse en integrar las variaciones estacionales anuales de producción de forraje del campo natural, con ciclos de engorde animal que van de uno a tres o más años y períodos cercanos a los diez años o más para la cosecha de la madera. La extensión temporal del proceso productivo vinculado al componente ganadero dependen sistema productivo que se realice. Los sistemas productivos más utilizados en nuestro país son: cría, cría y engorde de vacas, ciclo completo e invernada. Por último, se vuelve a men-

cionar que la duración del ciclo forestal dependerá del modelo elegido, estando condicionada por la especie plantada y el destino de la madera.

3.3.1. Interacción entre marco de plantación y radiación absorbida por los árboles

Cuando se determina un marco de plantación de los árboles, se decide la ubicación de árboles en el terreno. La disposición en el espacio tiene en cuenta que, cuando el espaciamiento entre los árboles es reducido, provoca un mayor sombreado entre los individuos, disminuyendo la cantidad de luz absorbida por cada capa de hojas (Binkley et al. [2013](#)). Cada árbol se ve influenciado por la sombra de sus vecinos. Se han encontrado fuertes relaciones entre la productividad de los árboles y el área de copa (Barrio et al. [2004](#)).

3.3.2. Interacción forestación y producción de pasto

En los sistemas silvopastoriles la densidad de las plantaciones de los árboles junto con la distribución en el espacio afectan la producción de pasto, y por tanto la capacidad de carga animal en dicho espacio. Existe una competencia por el espacio en el suelo, por los nutrientes y por la luz entre los árboles y los pastos que componen el tapiz.

Es importante destacar que existen especies forrajeras con mayor tolerancia a la sombra que se pueden ver favorecidas por la presencia de árboles. Entre el componente forestal y el herbáceo compiten por el espacio en el suelo, los nutrientes de este y por la luz. La especie forestal, la densidad de plantas, el arreglo espacial afecta la competencia por la luz.

(Lacorte et al. [2016](#)) estudiaron una plantación de Eucalyptus cuyo marco de plantación constaba de filas dobles con 4 metros entre filas y 2 metros entre árboles en la fila, más 19 metros de callejón ($4 \times 2 + 19$). En este estudio se midió la producción de materia seca. El resultado obtenido fue que después del quinto año, las variables producción de materia seca y composición botánica no fueron afectadas por la copa de los árboles.

3.3.3. Interacción forestación y bienestar animal

El bosque actúa como resguardo y protección para los animales. Protege de vientos en los meses de otoño e invierno y proporciona sombra en verano. Sin dudas, reduce el estrés animal, mejorando las condiciones de confort que derivan en un menor gasto de energía para mantenimiento de temperatura corporal. Desde un punto de vista productivo repercute en una mayor ganancia de peso de los animales.

En su trabajo (Rovira, 2002), analizó los efectos de la sombra artificial en el engorde de novillos en la unidad experimental Palo a Pique del INIA. El autor llegó a la conclusión de que los animales que tuvieron acceso a la sombra obtuvieron un 14 % más de ganancia diaria frente a que aquellos animales que se encontraban sin disponibilidad de sombra.

3.4. Marcos de plantación

Es un concepto que tiene que ver con la forma espacial en que están distribuidos los árboles. En definitiva, es una medida de manejo que determina la densidad de plantas por hectárea. En el caso del silvopastoreo, donde existe un objetivo combinado con la producción ganadera, a la hora de definir el marco de plantación debe considerarse el espacio de pastoreo. En otras palabras, la definición del marco de plantación condiciona directamente la superficie destinada al pastoreo.

El marco de plantación es la forma en que se organizan las filas de plantas, y por tanto, cada árbol tiene una distancia de plantado con el siguiente en la misma fila (distancia en la fila). A su vez, en las plantaciones existen varias filas definiendo una distancia entre ellas (distancia entre fila). Para el caso del silvopastoreo, atendiendo los espacios para pastoreo, se plantea establecer un callejón.

En resumen, existen tres distancias, el marco tendrá en cuenta la distancia en la fila, la distancia entre fila y la distancia del callejón. En la Figura 3.1 pueden apreciarse las distancias, para marcos sin callejón y con callejón y filas dobles. En la planificación de la plantación de árboles, se consideran estas tres

distancias buscando la eficiencia en la utilización de recursos. Por lo tanto, el marco de plantación, en un sistema silvopastoril, debe tener en cuenta el componente forestal y buscar optimizar el crecimiento herbáceo bajo dosel y por ende de la producción ganadera.

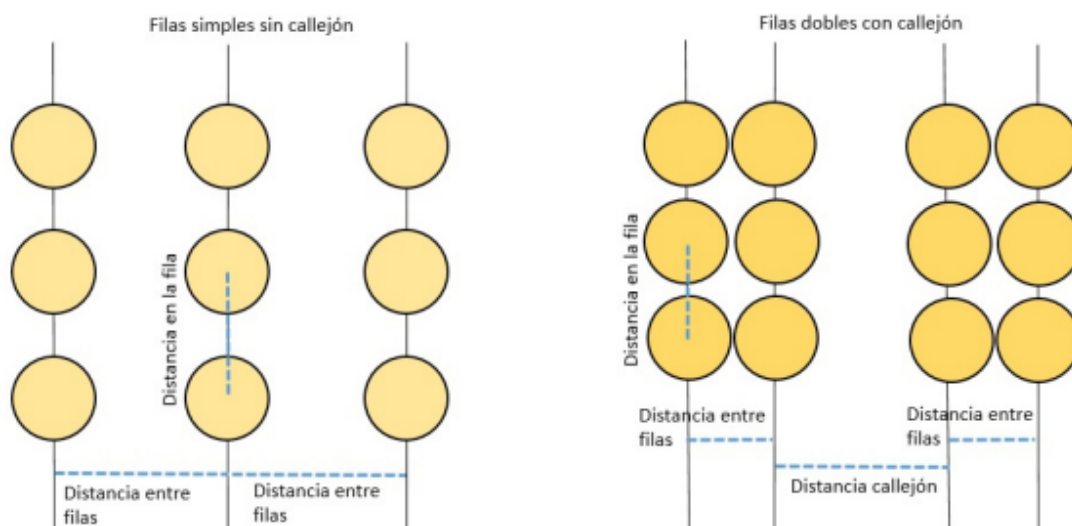


Figura 3.1: Marco de Plantación

(Boscaná, 2019), analiza el efecto del marco de plantación en los resultados productivos y económicos en sistemas silvopastoriles. Concluyendo que “Los sistemas de producción con callejones permiten obtener mayor producción de forraje, traduciéndose en beneficios para el componente ganadero en relación a los sistemas convencionales.”

Por otra parte, en el mismo trabajo como resultado de la investigación no se encuentra un efecto en la producción de madera derivado del marco de plantación. Sin embargo, sí encuentran un efecto del marco de plantación sobre la producción forrajera. Por lo tanto, el marco de plantación tiene efecto en la producción ganadera.

Una conclusión de importancia, reiterando, el marco de plantación tiene efecto sobre la producción ganadera. En los sistemas silvopastoriles donde la producción forestal y ganadera está integrada, se busca una menor densidad de plantas por hectárea en comparación con la forestación tradicional.

El marco de plantación determina la superficie efectiva forestada. Entendiéndose por superficie efectiva forestada como el resultado de la interacción entre el diseño de plantación y la superficie total. Esta superficie se determina considerando la cantidad de árboles multiplicado por el espacio ocupado por cada individuo. El espacio ocupado por cada individuo contempla el área basal individual más el área de influencia de copa en donde la producción forrajera se ve disminuida

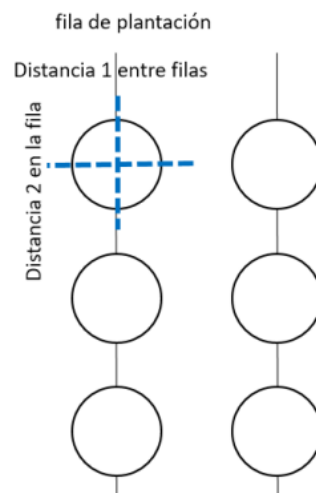


Figura 3.2: Superficie afectada por árboles

En la Figura 3.1 se muestra el espacio ocupado por un árbol como es determinado, de acuerdo al área basal individual.

Capítulo 4

Descripción del problema de tesis

El problema central de la presente tesis consiste en analizar la conveniencia de invertir en sistemas de silvopastoreo en contextos de incertidumbre. Para ello, se aplicarán criterios clásicos de evaluación de inversiones junto con simulaciones de Monte Carlo sobre variables relevantes. El objetivo es incrementar la complejidad del problema, pasar de modelos de decisión de inversión deterministas a modelos que incorporen la aleatoriedad. De esta forma se permite tener así una representación más realista del entorno en el que se toman las decisiones.

El problema implica abandonar un escenario de certidumbre, en proyectos de inversión de larga duración, incorporando la variabilidad en los flujos de fondos mediante cambios en precios y tasas de relevancia para este tipo de proyectos.

Incorporar la aleatoriedad en el análisis permite obtener una visión más ajustada a la realidad y una representación más completa de los posibles resultados. En el contexto económico y productivo, muchas variables determinantes están fuera del control de los inversores, por lo que introducir elementos aleatorios mediante simulaciones múltiples permite cuantificar el riesgo asociado al proyecto y, en consecuencia, tomar decisiones de inversión más informadas. En este trabajo se agrega variabilidad a un conjunto de variables clave que afectan los flujos de fondos esperados. Al precio de venta del ganado se le in-

corpora aleatoriedad debido a su marcada volatilidad histórica, influenciada por factores como la demanda internacional, condiciones climáticas y eventos sanitarios. En el caso del precio de venta de la madera cosechada, se introduce variabilidad dado que los mercados forestales presentan oscilaciones importantes asociadas a ciclos económicos, políticas comerciales y comportamiento de la demanda. La tasa del impuesto a la renta también se modela como una variable aleatoria, considerando posibles cambios en la normativa fiscal. Finalmente, se introduce incertidumbre en la tasa de interés anual, dada la variabilidad en las condiciones macroeconómicas y financieras que afectan el costo de oportunidad del capital.

Con el fin de cuantificar el riesgo asociado al proyecto, lo que deriva en una mejora en el proceso de toma de decisiones, se aplicará la técnica de simulación Monte Carlo sobre un amplio número de escenarios posibles. Esta metodología aparte de integrar los elementos aleatorios mencionados previamente, permite generar distribuciones de los resultados financieros que reflejan la variabilidad inherente a los sistemas de silvopastoreo. Por tanto, se pretende ofrecer un enfoque más robusto para evaluar la conveniencia de la inversión, incorporando de forma explícita el riesgo en el proceso de análisis.

4.1. Criterios de evaluación de inversiones

En el análisis de conveniencia de proyectos de inversión, desde una perspectiva micro-económica, las decisiones de inversión se adoptan básicamente en función de la rentabilidad del capital. Entendiendo a la rentabilidad como la ganancia que genera el capital invertido en una unidad de tiempo. Para el cálculo de la rentabilidad los distintos criterios o indicadores que se calculan utilizando la actualización de los futuros flujos de fondos asociados al proyecto, pronosticados para toda su vida útil. Los indicadores más utilizados son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Habitualmente el (VPN) y la (TIR) son calculados conjuntamente, una de las razones obedece a la limitación del (VPN) que al comparar proyectos con distintos capitales invertidos, no considera la eficiencia en el uso del capital.

Para proyectar eventos futuros, dentro de un horizonte de planeamiento,

las estimaciones toman como base la evidencia histórica. El enfoque tradicional en el análisis de inversiones consiste en efectuar cálculos sobre estos datos para obtener la mejor estimación de cada variable y usarla en la evaluación como si el valor elegido fuera cierto. Concretamente, el enfoque tradicional trabaja en contexto de certidumbre. El presente trabajo se enfoca en incluir incertidumbre en el análisis de proyectos de inversión de silvopastoreo.

Las estimaciones basada en condiciones de certeza proporcionaran indicadores ciertos que miden la conveniencia de la inversión, sin margen de error alguno. (Hertz, 1964) afirma que estos métodos presentan limitaciones que no tienen nada que ver con el cálculo financiero, sino que se vinculan con la incertidumbre que rodea a los elementos a considerar en los cálculos, las hipótesis que se formulan en relación con su comportamiento y el impacto que dichos elementos ejercen sobre los indicadores de conveniencia.

Por otra parte, las finanzas como disciplina buscan crear valor para las empresas e inversores, basando su análisis en la relación de rendimiento y riesgo de las inversiones. Los inversores buscan maximizar el retorno (rentabilidad) que genera su capital, minimizando el riesgo asociado. Las finanzas identifican al riesgo como la variabilidad de los flujos de fondos futuros generados por una inversión.

Los indicadores de conveniencia de un proyecto son también variables aleatorias y el valor más probable no es más que uno entre tantos otros valores que surgen de las combinaciones posibles de una serie de eventos futuros. Por tanto es importante analizar la conveniencia de un proyecto en un contexto de incertidumbre.

4.1.1. Modelo de Hertz en finanzas

El modelo desarrollado por (Hertz, 1964), incluye la incertidumbre en la evaluación de proyectos de inversión mediante el uso de simulaciones Monte Carlo. El modelo desarrollado por Hertz se basa en la idea de que, en lugar de utilizar un solo conjunto de valores estimados para los parámetros clave de un proyecto (como ingresos, costos, tasas de crecimiento, etc.), se deben

considerar distribuciones probabilísticas de estos parámetros.

Al hacer esto, se puede generar una amplia gama de posibles resultados financieros para el proyecto, permitiendo una evaluación más realista y comprensiva de los riesgos involucrados.

Las simulaciones Monte Carlo permiten crear un número lo suficientemente grande de escenarios posibles, proporcionando una visión detallada de las posibles distribuciones de resultados y ayudando a los tomadores de decisiones a evaluar mejor el riesgo y la rentabilidad potencial de un proyecto.

4.1.2. Simulación Monte Carlo en el análisis de proyectos de inversión

La simulación es una técnica que consiste en realizar experimentos sobre un modelo con el propósito de utilizar los resultados obtenidos tal como si provinieran de experimentos reales.

Definiendo un sistema como un conjunto de elementos complejos en interacción, reunidos por alguna regla de interdependencia, y un modelo que los representa. La simulación consiste simplemente en el uso del modelo para conocer los distintos estados del sistema.

Considerando la evaluación de proyectos de inversión, los flujos de fondos anuales constituyen un modelo financiero de la ejecución y operación de un proyecto. Este modelo resume los ingresos y egresos de efectivo asociados a la realización del proyecto. Por consiguiente, la simulación sobre las corrientes financieras permitirá conocer en forma probabilística los posibles comportamientos del proyecto.

El propósito que se persigue con la aplicación de la simulación es contar con una visión completa del riesgo de la inversión y suministrar amplia información al proceso de toma de decisiones sobre la conveniencia o no de la iniciativa.

4.1.3. Rentabilidad del proyecto con incertidumbre

Cuando una inversión genera un resultado superior al capital invertido podemos concluir que el proyecto es conveniente. Estamos frente a un negocio beneficioso para el inversor. En términos financieros, la rentabilidad es una medida que indica la ganancia que genera una inversión física, un activo financiero o un negocio en relación con el capital invertido. Es un indicador fundamental para evaluar la eficiencia de una inversión.

Usualmente, se expresa como un porcentaje y puede ser calculada de diversas maneras. En resumen, la rentabilidad es una medida clave para evaluar el rendimiento de una inversión, puede ser calculada de diversas maneras, y permite al inversor comparar entre distintas opciones de inversión.

La principal medida para evaluar la rentabilidad de un proyecto es la Tasa Interna de Retorno (TIR). Es un criterio de evaluación de inversiones, medida financiera, muy utilizada para determinar a priori la conveniencia de un proyecto. Representa la tasa de rendimiento del capital, generalmente se presenta su equivalente anual, que hace que el Valor Presente Neto (VPN) de los flujos de efectivo de un proyecto de inversión sea igual a cero. En otras palabras, la TIR es la tasa de descuento que iguala el costo inicial de una inversión con los beneficios netos futuros que se esperan obtener de esa inversión.

La formalización de la TIR fue dada por el economista estadounidense William J. Baumol en la década de 1950 (Baumol, 1965), de allí en adelante varios investigadores y profesionales contribuyeron al desarrollo del concepto. Se le atribuye a Baumol un papel fundamental en su difusión y aplicación en el análisis de inversiones y proyectos.

La expresión matemática para calcular la TIR es el factor de descuento que satisface la ecuación:

$$\sum_{t=0}^T \frac{F_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (4.1)$$

Donde:

- F_t son los flujos de efectivo en el tiempo t ,

- r es la TIR, y
- T es el número total de períodos de tiempo.

La TIR es un indicador de rentabilidad que presenta las siguientes ventajas:

1. **Facilidad de interpretar:** La TIR proporciona una medida intuitiva y es simple su interpretación.
2. **Considera el valor temporal del dinero:** La TIR tiene en cuenta el valor tiempo del dinero, principio fundamental en finanzas.
3. **Permite comparaciones:** La TIR permite comparar la rentabilidad de diferentes proyectos de inversión o activos financieros, lo que ayuda en la toma de decisiones de inversión.

4.2. Modelo de optimización no lineal a abordar

En la presente sección se desarrolla el modelo de optimización no lineal que representa el problema central de esta tesis. Sobre dicho modelo se aplicará posteriormente el método de simulación Monte Carlo con el objetivo de resolverlo numéricamente y obtener estimaciones de la función de densidad y de la función de distribución del Valor Presente Neto (VPN). Las estimaciones mencionadas posibilitan calcular distintos estadísticos de resumen que describen el comportamiento del proyecto bajo incertidumbre.

En una segunda aproximación, se profundizará en el análisis de la rentabilidad y el riesgo asociados a distintas proporciones de participación de la forestación dentro del sistema de producción. El objetivo es evaluar cómo varía el desempeño financiero del proyecto en función del nivel de forestación incorporado, considerando la interacción entre los componentes forestales y ganaderos bajo condiciones de incertidumbre.

El enfoque metodológico propuesto permite no solo estimar el VPN del sistema silvopastoril bajo incertidumbre, sino también examinar cuál es el cambio en la rentabilidad esperada y el riesgo ante una modificación en los niveles de participación forestal. En el Capítulo 5 se detalla la formulación del modelo

no lineal, las variables intervinientes, la relación entre las mismas y el procedimiento de simulación mediante el cual se resolverá numéricamente el problema planteado. En la siguiente subsección se presentan los principales supuestos adoptados.

Por último es de especial interés aclarar que, la simulación Monte Carlo se utiliza en esta tesis como una herramienta clave para abordar la incertidumbre inherente a las decisiones de inversión en sistemas silvopastoriles. A diferencia de los modelos deterministas tradicionales, que suponen valores fijos para las variables del proyecto, el enfoque de simulación permite incorporar la variabilidad y aleatoriedad de factores económicos relevantes como precios, tasas impositivas y tasas de interés. Mediante la generación de un gran número de escenarios posibles, Monte Carlo permite aproximar la distribución del VPN y analizar cómo se comporta el proyecto bajo diferentes condiciones. Este enfoque no solo permite cuantificar el riesgo asociado, sino que también facilita la toma de decisiones más informadas, basadas en métricas estadísticas robustas y realistas. En definitiva, se recurre a Monte Carlo porque proporciona una representación más fiel del entorno incierto en el que se desarrollan este tipo de inversiones, y se lo aplica con el propósito de estimar los resultados financieros esperados, su dispersión, y la probabilidad de alcanzar determinados niveles de rentabilidad.

4.2.1. Supuestos

En el análisis del proyecto de inversión en silvopastoreo, se han realizado una serie de supuestos para simplificar y estructurar el proceso de evaluación financiera. Estos supuestos son esenciales para definir el marco de trabajo y para garantizar que las estimaciones reflejen una serie de condiciones estándar que permiten una evaluación coherente y comparable. A continuación, se detallan los principales supuestos considerados en este análisis:

- Los flujos de fondos son expresados en dólares corrientes.
- El horizonte temporal de la inversión en silvopastoreo son 10 años.
- Los flujos de fondos generados a lo largo del horizonte temporal ocurren el último día de cada año.

- Las unidades productivas analizadas cuentan con contabilidad suficiente y adecuada capacidad de gestión empresarial.
- El sistema productivo es realizado en tierras arrendadas.
- Las unidades productivas analizadas tributan Impuesto a la Renta Empresarial (IRAE).
- La tasa nominal del IRAE se mantiene incambiada durante todo el período analizado.
- Las unidades productivas analizadas no pueden optar por tributar IMEBA.
- El rodeo animal se encuentra en condiciones sanitarias adecuadas durante todo el proyecto.
- Los bosques forestados tienen buenas condiciones sanitarias durante todo el proyecto.
- Los bosques son vendidos en pie al final del período.

Con base en los supuestos previamente establecidos, se procede a describir el modelo formal utilizado para la evaluación financiera del proyecto de inversión en silvopastoreo. Este modelo formal es un modelo de optimización no lineal que integra los flujos de fondos proyectados, los parámetros económicos y fiscales, así como otros factores relevantes que permiten una evaluación detallada del rendimiento esperado del proyecto. En el siguiente Capítulo se presenta la estructura del modelo formal de optimización y los métodos que emplearemos para su análisis.

Capítulo 5

Modelo de Optimización no lineal para decisiones de inversión

5.1. Ecuaciones

En este capítulo se presentan las ecuaciones que conforman el modelo financiero utilizado para evaluar la viabilidad del proyecto de inversión en silvopastoreo. En finanzas, el análisis de proyectos de inversión se basa fundamentalmente en la proyección y evaluación de los flujos de fondos futuros. Estos flujos de fondos representan los ingresos y egresos generados a lo largo del tiempo por el proyecto y son cruciales para determinar su rentabilidad y viabilidad económica. Por lo tanto, para llevar a cabo una evaluación adecuada, es esencial considerar no solo los montos estimados de ingresos y costos, sino también el momento en el que estos ocurren y su valor actual al ser descontados. El valor tiempo del dinero, principio fundamental en finanzas, establece que los agentes económicos prefieren recibir una cantidad de dinero hoy frente a la posibilidad de recibir la misma cantidad en el futuro.

En este contexto, el modelo financiero desarrollado a continuación busca capturar la dinámica de los flujos de fondos futuros, incorporando los ingresos proyectados, los costos esperados, y la inversión inicial requerida. A través del cálculo del VPN, el modelo ofrece una medida comprensiva del potencial retorno económico del proyecto, permitiendo a los tomadores de decisiones

evaluar de manera efectiva su conveniencia. A continuación, se presentan las ecuaciones fundamentales que conforman este modelo.

Estas ecuaciones detallan la estimación de los flujos de ingresos, los costos asociados y la inversión inicial requerida para llevar a cabo el proyecto. A partir de estos elementos, se calcula el VPN del proyecto, que es el criterio principal de evaluación de la rentabilidad económica.

A continuación, se introduce la notación empleada para establecer los parámetros del modelo de optimización no lineal que estructura el problema de decisión de inversión abordado en este trabajo.

5.1.1. Notación

En este apartado se presenta la notación utilizada para definir los parámetros y variables que intervienen en el análisis financiero del modelo de silvopastoreo. Esta notación incluye tanto los costos como los ingresos relacionados con actividades forestales y ganaderas, así como otros factores económicos relevantes.

El foco del análisis es la consideración de la incertidumbre, por tanto, es importante tener en cuenta que algunas de las variables consideradas son aleatorias. Esta incertidumbre refleja la variabilidad inherente en los costos, ingresos y otros factores económicos que pueden cambiar debido a diversas condiciones como el clima, los mercados o las políticas. En la sección 5.4 son especificadas en detalle las variables aleatorias.

A continuación se detallan en orden alfabético las principales variables y parámetros utilizados en el análisis:

- $C \rightarrow$ Costo total anual de las actividades en dólares.
- $Car_T \rightarrow$ Costo arrendamiento de la tierra por hectárea.
- $Cf \rightarrow$ Costo anual forestal en dólares.
- $Cg \rightarrow$ Costo anual ganadero en dólares.
- $Cm_t \rightarrow$ Costos de mantenimiento por hectárea.
- $Cs_t \rightarrow$ Costos de sanidad por hectárea.
- $Cl_0 \rightarrow$ Costo de laboreo por hectárea.

- $Cp_0 \rightarrow$ Costo de preparación del terreno por hectárea.
- $Cmo_t \rightarrow$ Costo de mano de obra por hectárea.
- $Ga_t \rightarrow$ Gastos de administración y ventas por hectárea.
- $Hm_t \rightarrow$ Control de malezas y hormigas por hectárea.
- $I_0 \rightarrow$ Inversión inicial total en dólares.
- $If_0 \rightarrow$ Inversión inicial forestal en dólares.
- $Ig_0 \rightarrow$ Inversión inicial en ganadería en dólares.
- $i \rightarrow$ Tasa anual de interés en dólares.
- $Kg_t \rightarrow$ Peso en kilogramos del animal en t.
- $Mp_0 \rightarrow$ Tasa de mortalidad de plantas al momento de la plantación.
- $Pg_t \rightarrow$ Precio de la categoría de ganado por kilo.
- $Pm_T \rightarrow$ Precio del metro cúbico en pie en dólares.
- $Pl_0 \rightarrow$ Costo por planta al momento de la plantación.
- $Ph_0 \rightarrow$ Porcentaje forestado por hectárea.
- $Pr_t \rightarrow$ Podas y raleo anual por árbol.
- $Ql_0 \rightarrow$ Cantidad máxima de plantas por hectárea.
- $T \rightarrow$ Último período de tiempo.
- $Tc \rightarrow$ Tasa de conversión a cabezas a UG.
- $Tx \rightarrow$ Tasa efectiva del impuesto a la renta empresarial.
- $Ug_0 \rightarrow$ Cantidad máxima de UG por hectárea.
- $Vm_T \rightarrow$ Volumen de madera en metros cúbicos.
- $Y \rightarrow$ Ingreso total anual en dólares.
- $Yf \rightarrow$ Ingreso anual forestal en dólares.
- $Yg \rightarrow$ Ingreso anual ganadero en dólares.

Dentro de las variables expuestas, son variables de decisión del productor: el porcentaje de área forestada, el de producción ganadera a desarrollar, tipo de producción forestal, especie de árboles seleccionada. De manera indirecta esto tiene impacto sobre la duración de ambos ciclos productivos.

5.1.2. Función Objetivo

En esta subsección se define la función objetivo del modelo, la cual refleja el criterio económico utilizado para evaluar las decisiones de inversión. Es importante aclarar que el modelo de optimización no se resuelve de forma

explícita. La resolución implica analizar cómo varía el valor de la función objetivo mediante un análisis de sensibilidad aplicado a las variables de decisión, lo cual permite evaluar distintos escenarios y su impacto en la conveniencia del proyecto.

La función objetivo del modelo es maximizar el VPN del proyecto, que se define como la suma de los flujos de fondos netos descontados al presente, menos la inversión inicial. Matemáticamente, la función objetivo se expresa como:

$$VPN = \sum_{t=1}^T \frac{(Y_t - C_t) \times (1 - Tx)}{(1 + i)^t} - I_0 \quad (5.1)$$

Primero, se considera la inversión inicial, que incluye todos los desembolsos necesarios para poner en marcha el proyecto, tales como costos de preparación del terreno, infraestructura, y adquisición de activos. Esta inversión inicial es la base sobre la cual se construirán los flujos de fondos futuros y, por tanto, es crucial evaluar correctamente todos los elementos que la componen. La inversión inicial surge como la suma de la inversión inicial en forestación más la inversión inicial en ganadería, las mismas son definidas en las ecuaciones (5.2), (5.3) y (5.4) expuestas más abajo.

Se proyectan los **ingresos** que el proyecto generará a lo largo de su horizonte temporal. En el caso del silvopastoreo, los ingresos provienen tanto de la producción forestal como de la ganadera. Es fundamental estimar con precisión estos ingresos futuros, ya que constituyen las entradas de efectivo que contribuirán a recuperar la inversión inicial y a generar beneficios para los inversores. Esto se detalla en las Ecuaciones (5.5), (5.6) y (5.7).

Para estimar los ingresos, se analizan los **costos** asociados con el mantenimiento y operación del proyecto. Estos costos incluyen gastos de operación forestal y ganadera, así como otros costos administrativos y de mantenimiento. Una evaluación adecuada de estos costos es crucial, ya que afectan directamente los flujos de fondos netos que el proyecto puede generar. Esto se detalla en las Ecuaciones (5.9), (5.10) y (5.11).

Todos los elementos se integran en un modelo financiero que calcula el VPN, una medida comprensiva que considera todos los flujos de fondos descontados a su valor presente. El VPN ayuda a determinar la rentabilidad del proyecto y permite a los tomadores de decisiones evaluar si los beneficios futuros compensan los costos y la inversión inicial.

A continuación, se presentan las ecuaciones que conforman este modelo financiero, detallando la inversión inicial, los ingresos, los costos y otros elementos clave necesarios para realizar una evaluación completa del proyecto.

$$I_0 = If_0 + Ig_0 \quad (5.2)$$

En la Ecuación (5.2) anterior se plantea la inversión inicial como la suma de la inversión en la actividad forestal y la inversión en ganadería. La forma de cálculo y los parámetros utilizados son expuestos en la Sección 5.2.

$$If_0 = Cp_0 + Cl_0 + (Pl_0 \times Ql_0 \times Ph_0) \quad (5.3)$$

La inversión en forestación, dada por la Ecuación (5.3), toma en cuenta todas aquellas actividades vinculadas con la plantación de los árboles, considerando la ponderación de la forestación en el total del proyecto. Consta de tres componentes: el costo de preparación del terreno, el costo de laboreo y el costo correspondiente a las plantas efectivamente plantadas.

$$Ig_0 = Ug_0 \times (1 - Ph_0) \times Tc_0 \times Pg_0 \times Kg_0 \quad (5.4)$$

La Ecuación (5.4), corresponde a la inversión inicial en ganado, que considera la cantidad de ganado a incorporar, el tipo de ganado y el precio del mismo. Luego se expondrá en detalle la misma, pero a modo de adelanto, la cantidad de ganado estará determinada por el tipo de suelo, la participación de la forestación en el sistema y el tipo de producción ganadera.

En las Ecuaciones (5.5), (5.6), y (5.7) se presentan los ingresos futuros del proyecto.

$$Y_t = Yf_T + Yg_t \quad (5.5)$$

Como puede apreciarse en la Ecuación (5.5), los ingresos de un determinado año corresponden a la suma de los ingresos derivados de la forestación más los ingresos derivados de la ganadería. Los ingresos de la forestación existente en el último período del proyecto. En la Ecuación 5.6 se muestra como se calculan los mismos.

$$Yf_T = Pm_t \times Vm_T \times (1 - Mp_0) \times Ql_0 \times Ph_0 \quad (5.6)$$

Los ingresos de la forestación corresponden al producto del precio de venta del metro cúbico en pie de madera por el volumen de madera obtenido por árbol (expresado en metros cúbicos). El valor obtenido es para aquellas plantas que sobrevivieron, por tanto, se multiplica por la cantidad de árboles que prendieron adecuadamente, esto se hace restando a uno la tasa de mortalidad de plantas. El valor obtenido debe multiplicarse por la cantidad de plantas, esto se obtiene del producto de cantidad máxima de plantas por hectárea por la proporción forestada.

$$Yg_t = Ug_0 \times (1 - Ph_0) \times Tc_0 \times Pg_t \times Kg_t \quad (5.7)$$

El ingreso ganadero es el producto de la cantidad unidades ganaderas que pueden ser engordadas en una hectárea por la proporción de área destinada a la ganadería. Es importante aclarar que la proporción destinada a ganadería surge de restarle a uno la proporción destinada a forestación. El producto de la cantidad cantidad unidades ganaderas por hectárea por la proporción de ganadería es multiplicado por el peso en kilos del animal a vender y también por el precio por kilo de acuerdo a la categoría del animal.

$$C_t = Cf_t + Cg_t + Ca_t \quad (5.8)$$

En la Ecuación (5.8) corresponde a los costos totales que resultan de la suma de los costos forestales, ganaderos y generales de administración.

$$Cf_t = Hm_t + Pr_t \times (1 - Mp_0) \times Ql_0 \times Ph_0 \quad (5.9)$$

La forestación requiere costos de dos tipos: el control de maleza y hormigas, y también la poda. El control de malezas y hormigas, este costo esta asociado a la superficie independientemente de la cantidad de plantas. El costo de podas depende de la cantidad de árboles existentes.

$$Cg_t = Cs_t + Ug_0 \times (1 - Ph_0) \times Tc_0 \times Pg_t \times Kg_0 \quad (5.10)$$

En cuanto a ganadería, la Ecuación (5.10) recoge los distintos costos. El principal costo corresponde a la reposición de ganado para su posterior engorde. La cantidad a comprar viene dada por la superficie destinada a la ganadería, el tipo de producción ganadera realizada y el tipo de suelo. El costo total surge de multiplicar la cantidad de animales por el peso en kilos al momento de la compra por el precio por kilo para esa categoría de animal.

$$Ca_t = Ga_t + Cm_t + Cmo_t + Car_t \quad (5.11)$$

Es importante considerar los costos generales de administración, definidos estos como gastos de administración, gastos de ventas, mantenimientos varios, mano de obra vinculada a los procesos productivos, y arrendamiento del campo. El presente trabajo considera que el campo es arrendado, desvinculando el negocio inmobiliario del productivo.

5.2. Parámetros

En esta sección se fundamentan los valores seleccionados para los distintos parámetros involucrados en el problema de decisiones de inversión planteado.

En el contexto del análisis financiero, un **parámetro** es una constante que se utiliza en los modelos, en este caso en las ecuaciones, para representar una

característica o condición específica de un sistema. Los parámetros son valores fijos que determinan el comportamiento de las funciones, que describen la situación económica y financiera analizada.

En la Sección 5.3, se presentaran las variables aleatorias. La principal diferencia entre los parámetros y las variables aleatorias, es que éstas ultimas pueden cambiar y tomar diferentes valores dentro de un recorrido definido. Los parámetros se mantienen constantes durante un análisis particular, proporcionando un marco de referencia para evaluar los resultados.

En las Ecuaciones presentadas en la Subsección 5.1, los parámetros definen diversos aspectos del modelo de silvopastoreo, tales como costos, ingresos, proporciones de área forestada, y otros factores relevantes. Estos parámetros permiten establecer relaciones matemáticas precisas y son utilizados para realizar simulaciones que posibilitan entender mejor el impacto de diferentes escenarios y decisiones en el rendimiento financiero del sistema.

En la presente sección se profundizara en cada uno de ellos, definiendo el valor utilizado para realizar los cálculos. La definición fue realizada utilizando los avances alcanzados por (Conde, 2022) junto con los aportes de (Boscana, 2019) y de (Varela, 2019); así como las entrevistas mantenidas con referentes en el tema.

5.2.1. Inversión inicial (I_0)

Es la suma de la inversión inicial en forestación y en ganadería. Corresponde entonces profundizar en cada una de ellas, mostrando cómo se componen y qué valores tiene asociado cada componente. De acuerdo con lo planteado anteriormente, considerando la Ecuación 5.2. A continuación se detallarán cada uno de los sumandos.

5.2.1.1. Inversión inicial forestal (If_0)

En lo relativo al componente forestal la inversión inicial corresponde a tareas vinculadas a la plantación de los árboles, concretamente se pueden agrupar en tareas de preparación del terreno, plantación propiamente dicha y tareas

posteriores a la plantación.

La preparación del terreno implica la limpieza, controlar malezas, control de insectos, retiro de tocones y laboreos. En esta etapa se aplican insumos como herbicidas e insecticidas, tienen asociados costos de mano de obra y combustible, entre otros. Los mismos serán reflejados como un costo por hectárea. Una vez preparado el terreno se está en condiciones de realizar la plantación propiamente dicha, donde uno de los principales costos es la planta, el cual dependerá de la especie elegida. El costo será expresado como costo por hectárea y dependerá de la cantidad de plantas a colocar.

La última etapa corresponde a tareas vinculadas al control de malezas que interfieren con el desarrollo inicial de la planta colocada, y fundamentalmente el control de insectos. En este último punto es vital el control contra las hormigas.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, considerando la Ecuación 5.3, los parámetros a utilizar son los siguientes:

- $Cp_0 \rightarrow$ Costo de preparación del terreno por hectárea USD 320
- $Cl_0 \rightarrow$ Costo de laboreo por hectárea USD 74
- $Pl_0 \rightarrow$ Costo por planta USD 0,25
- $Ql_0 \rightarrow$ Cantidad máxima 2.000 plantas por hectárea (pl/ha)

Los valores tomados para los parámetros anteriores fueron realizado en base al relevamiento realizado en la literatura y a las entrevista realizada con productores expertos en silvopastoreo en el Uruguay.

Respecto al porcentaje Ph_0 en el Capítulo 6 se establece un caso base, el que luego será modificado.

5.2.1.2. Inversión inicial ganadería (I_{g0})

La inversión inicial en ganadería fundamentalmente corresponde a la compra del ganado. El costo del mismo dependerá de la cantidad de ganado a comprar, el tipo de ganado y la categoría. Concretamente la cantidad esta fundamentalmente condicionada por la carga de ganado por hectárea (densidad).

El tipo de ganado dependerá de la raza seleccionada y de la actividad ganadera desarrollada. Las principales actividades son: cría, engorde, ciclo completo, lechería, entre otras.

La carga de ganado por hectárea, se define en unidades ganaderas por hectárea (UGH). Esta unidad representa los requerimientos de alimento de mantenimiento de una vaca de cría de 380 kg de peso vivo, que desteta un ternero al año. Se utiliza como un indicador de la demanda de alimento.

La demanda de alimento se estima en kilogramos de materia seca (MS). Una unidad ganadera (UG) requiere aproximadamente 2800 kg MS/año, lo que significa aproximadamente unos 7,6 kg de materia seca por día.

La UG es entonces la unidad común que tiene por objetivo tener equivalencias de consumo de materia seca de cada categoría, basadas en el peso del animal vivo.

Considerando la Ecuación 5.4, los parámetros a utilizar son: la equivalencia a UG de cada categoría que surge de la Tabla 5.1, la cantidad de UG por hectárea según la región a surgen de la Tabla 5.2, y para el precio y peso del animal por categoría la Tabla 5.3.

A continuación se presentan las tablas utilizadas, y se hace referencia al parámetro asociado a cada una de ellas.

- $Ug_0 \rightarrow$ Cantidad máxima de UG por hectárea.

| Cantidad de UG/ha por categoría | |
|---------------------------------|--------------------|
| Categoría | Unidades Ganaderas |
| Vacas de cría | 1 |
| Terneros/as | 0.5 |
| Vacas falladas | 1 |
| Vaquillonas de 150 - 250 kg | 0.65 |
| Vaquillonas de 250 - 350 kg | 0.8 |
| Novillos de 150 - 250 kg | 0.65 |
| Novillos de 250 - 350 kg | 0.8 |
| Novillos más de 350 kg | 1 |
| Toros | 1.2 |

Tabla 5.1: Equivalencias a UG según categoría. Fuente: Plan Agropecuario

- $Tc \rightarrow$ Tasa de conversión a cabezas a UG.

Para convertir cabezas a unidades ganaderas se debe multiplicar, para cada categoría, el número de animales por su correspondiente equivalencia ganadera.

| Cantidad de UG/ha según región | |
|--------------------------------|------------------|
| Región | Cantidad UG/ has |
| Basalto | 0,74 |
| Centro sur | 0,83 |
| Colinas del este | 0,94 |
| Cuenca litoral | 0,78 |
| Cuenca nordeste | 0,88 |
| Sierras del este | 0,89 |
| Sistema de planicies | 0,82 |

Tabla 5.2: Unidades ganaderas por hectárea por región. Fuente: Plan Agropecuario

- $Kg_t \rightarrow$ Peso del animal.

La cantidad de pasturas condiciona la cantidad de animales a colocar en determinada superficie, y a su vez la cantidad de pasturas vienen condicionada por la densidad de plantación. Reiterando, la densidad de la forestación condiciona directamente la cantidad de pasturas con la que se alimentan los animales. La cantidad de plantas por hectárea puede ser de 2.000 como máximo, y en este caso no hay pasturas ni espacio para

los animales, encontrándonos en una situación extrema. Pero, en el otro extremo, la cantidad de plantas por hectárea puede ser cero, en este caso toda la superficie es pastura para consumo animal. En una situación de máxima densidad de plantación (2.000 pl/ha) el porcentaje de pasturas disponible es el 0 % y en una situación de mínima (0 pl/ha) el porcentaje de pasturas es 100 %. Lo que se plantea aquí es calcular el porcentaje de pasturas para casos intermedios de forma proporcional. A modo de ejemplo, si la densidad de plantación es de 500 pl/ha el porcentaje de pasturas es de 75 %.

El valor del ganado depende de la categoría, cada categoría tiene un precio diferente, y del peso del animal. Establecer un precio fijo a lo largo del tiempo en un proyecto de inversión que abarca períodos largos limita el análisis, eso por eso que en el presente trabajo planteamos que los precios sean variables aleatorias uniformes. Estas variables aleatorias uniformes son definidas de acuerdo a los precios mínimos y máximos que obedecen al comportamiento de los datos históricos. En este punto se cuenta con información de calidad y fácil acceso.

Al momento de realizar la inversión inicial en ganado, el precio de compra del mismo no es una variable aleatoria. Es un dato cierto, se utilizará como parámetro la información proporcionada en la siguiente tabla.

| Pesos de animales comprados (Kg) y precios (USD/ Kg) | | |
|--|-----------|------------------|
| Categoría | Peso (Kg) | Precio (USD/ Kg) |
| Terneros | 70 | 2,8 |
| Novillos 1 año | 235 | 2,7 |
| Novillos + 2 años | 330 | 2,65 |
| Vacas de invernada | 390 | 2,25 |

Tabla 5.3: Pesos y precios de animales comprados. Fuente: Elaboración propia.

Los valores fueron tomados en base a promedios históricos de la Asociación de Consignatarios de Ganado.

5.2.2. Ingresos (Y_t)

En la presente sección se detalla el ingreso total anual como la suma de los ingresos forestal más el ingreso ganadero, de acuerdo a la Ecuación 5.5

5.2.2.1. Ingreso forestal (Yf_t)

El ingreso forestal ocurre cuando el árbol es cosechado, de acuerdo a los supuestos utilizados, la cosecha (corte) ocurre en el período T.

Por tanto, $Yf_t = 0$ para todo $t \neq T$

El precio depende del destino previsto para la madera resultante. El principal destino de la madera puede ser para la producción de celulosa, aunque existe la posibilidad de la venta para aserradero. La madera para aserradero necesita cumplir con determinadas condiciones, que necesariamente implican determinados cuidados durante el crecimiento de los árboles.

- $Vm_T \rightarrow$ Volumen de madera en metros cúbicos

En cuanto al volumen de la cosecha depende de la cantidad de plantas existentes, la especie, el tipo de suelo y la tasa de mortalidad de las mismas.

En la siguiente tabla se expone el volumen en metros cúbicos por árbol para dos especies de Eucalyptus, según la región.

| Volúmen de madera por árbol, según especie y región | | |
|---|--------------------|------------------|
| Región | Eucalyptus grandis | Eucalyptus dunni |
| Basalto | 0,178 | 0,16 |
| Centro sur | 0,2 | 0,18 |
| Colinas del este | 0,224 | 0,202 |
| Cuenca litoral | 0,188 | 0,169 |
| Cuenca nordeste | 0,21 | 0,189 |
| Sierras del este | 0,214 | 0,193 |
| Sistema de planicies | 0,198 | 0,178 |

Tabla 5.4: Volúmen de madera por árbol, según especie y región

Debido a que existe una diferencia entre los árboles plantados, y los que realmente se desarrollan y luego son cosechados, a continuación se presenta la tasa de mortalidad.

En base a la experiencia y a lo relevado en las entrevistas la mortalidad de las plantas es:

- $Mp_0 \rightarrow$ Tasa de mortalidad de plantas se asume un 4 %

Al momento de pactar la venta se define precios asociados a volúmenes. El presente trabajo considera al precio de venta de la madera como una variable aleatoria, cuya distribución se detalla en la Subsección 5.3.2.

5.2.2.2. Ingreso ganadero (Yg_t)

El ingreso ganadero se reconoce al momento de la venta del animal en el mercado, el ingreso por animal resulta de multiplicar el peso de cada animal por el precio de su categoría. El ingreso total es la sumatoria de los ingresos por animal vendido.

De acuerdo a como están definidas las categorías, en el ciclo productivo los animales van cambiando de categoría, por ejemplo los novillos de 1 año en el próximo período pasaran a la categoría de novillos de 2 años o más.

- $Kg_t \rightarrow$ Peso del animal en t.

| Pesos de animales vendidos en Kg | |
|----------------------------------|-----------|
| Categoría | Peso (Kg) |
| Terneros | 190 |
| Novillos 1 año | 360 |
| Novillos + 2 años | 450 |
| Vacas de invernada | 500 |

Tabla 5.5: Pesos de animales vendidos

El precio por kilo vendido es una variable aleatoria, cuya distribución y parámetros se detallan en la subsección 5.3.3.

5.2.3. Costos (C_t)

Los costos totales se calculan mediante la suma de los costos forestales más los costos ganaderos más los costos generales de administración.

$$C_t = Cf_t + Cg_t + Ca_t$$

5.2.3.1. Costo operativo forestal (C_{ft})

El costo operativo fundamental, para todo $t \neq T$, es el costo de mantenimiento, que implica controles de malezas, hormigas, raleos y podas.

- $Hm_t \rightarrow$ Control de malezas y hormigas USD 87 por hectárea
- $Pr_t \rightarrow$ Poda USD 0.9 por árbol.

5.2.3.2. Costo operativo ganadero (C_{gt})

El negocio ganadero consiste en engordar animales con el pastoreo, cuando el animal adquirió kilos se vende. El costo operativo ganadero corresponde a la reposición de ganado realizada periódicamente con el fin de comenzar el proceso de engorde.

- Compra de ganado de reposición.
- $Cs_t \rightarrow$ Costos de sanidad USD 8 por hectárea.

5.2.3.3. Costo generales y de administración (Ca_t)

los valores adoptados para los siguientes parámetros fueron tomados en base al relevamiento de la literatura y las entrevistas realizadas a productores especialista en el rubro.

- $Ga_t \rightarrow$ Gastos de administración y ventas USD 6 por hectárea.
- $Cm_t \rightarrow$ Costos de mantenimiento USD 4 por hectárea.
- $Cmo_t \rightarrow$ Costo de mano de obra USD 12 por hectárea.
- $Car_T \rightarrow$ Costo arrendamiento de la tierra USD 150 por hectárea, en base a información de Instituto Nacional de Estadística (INE) y Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP).

5.3. Variables aleatorias

Con el objetivo de realizar la simulación de los flujos de fondos futuros del proyecto de silvopastoreo se consideraron las siguientes variables como estratégicas:

- $i \rightarrow$ Tasa anual de interés en dólares.

- $Pm_T \rightarrow$ Precio del metro cúbico de madera en pie en dólares.
- $Pg_t \rightarrow$ Precio de la categoría de ganado por kilo.
- $Tx \rightarrow$ Tasa efectiva del impuesto a la renta empresarial.

Estas variables se consideran estratégicas porque tienen un impacto directo y significativo sobre los flujos de fondos del proyecto, y además presentan un comportamiento incierto que no puede ser controlado por el inversor. La tasa de interés anual en dólares (i) influye en la valoración del dinero en el tiempo y en el costo de oportunidad del capital, siendo afectada por las condiciones del mercado financiero internacional. El precio de la madera en pie (Pm_T) refleja la incertidumbre inherente a los mercados forestales, sensibles a la oferta global, la demanda industrial y las regulaciones comerciales. El precio del ganado por kilo (Pg_t) también es una variable volátil, condicionada por factores como el clima, la demanda externa y las condiciones sanitarias. Por su parte, la tasa efectiva del impuesto a la renta (Tx) representa un factor fiscal que puede modificarse por decisiones de política tributaria y afecta directamente la rentabilidad neta del proyecto.

Se han descartado otras variables que, si bien son relevantes para el funcionamiento operativo del sistema silvopastoril, presentan menor variabilidad o bien son controlables por el productor. Por ejemplo, se descartó como aleatoria la carga ganadera utilizada, dado que forma parte de una decisión técnica de manejo que puede ajustarse estratégicamente según el contexto productivo. También se descartó el costo de implantación forestal, ya que, aunque significativo, suele conocerse con relativa precisión al momento de iniciar el proyecto y no se ve afectado por fluctuaciones externas sustanciales en el corto plazo.

Considerando el modelo explicitado anteriormente, los supuestos realizados y los parámetros, se procederá a simular los flujos de fondos con el objetivo de obtener una aproximación satisfactoria de la distribución de probabilidades del VPN, calculada a través de los resultados empíricos derivados de la consideración de un número (n) de casos suficientemente grande. La definición de la cantidad (n) de simulaciones se explica en el Capítulo 6.

Lo dicho anteriormente es uno de los puntos centrales del trabajo de esta tesis. A saber, utilizar el método Monte Carlo para la construcción empírica de la distribución de probabilidad del VPN asociado al problema de decisiones

de inversión modelado. Hasta lo mejor de nuestro conocimiento no existen antecedentes de una construcción de una función de distribución asociado al problema de decisiones de inversión que abordamos que incluye como punto central el Silvopastoreo con las incertidumbres expuestas en este trabajo.

En lo que sigue de la presente sección se detalla para cada variable aleatoria su distribución y parámetros asociados a la misma.

5.3.1. Tasa anual de interés en dólares

El estudio de las finanzas, que luego es aplicado a la hora de analizar la conveniencia de proyectos de inversión, se basa en el principio de lo percibido. Diferencia principal con la contabilidad, técnica que se basa en el principio de lo devengado. Por tanto, las finanzas procuran identificar en su análisis en qué momento se producen los ingresos o egresos de efectivo. Luego para poder analizar los flujos de fondos dispersos en el tiempo, necesita hacerlos comparables, ya que de acuerdo al principio del valor tiempo del dinero, dos cantidades de dinero en distintos momentos no son comparables.

Para hacer comparables a dos cantidades o montos dispersos en el tiempo, es necesario volverlos homogéneos, y para ello necesitamos definir la tasa de interés. En otras palabras, la tasa de interés es una tasa de cambio entre el consumo presente y el consumo futuro. Esta tasa, en un proyecto de inversión permite calcular el valor presente de los ingresos futuros, y comparando los mismos con la inversión inicial facilita la evaluación de conveniencia de dicho proyecto.

Es importante destacar que la tasa de interés puede ser percibida como el costo de oportunidad del capital. En otras palabras, al invertir el capital en un proyecto se dejaría de percibir ingresos por la inversión en otro proyecto en el mercado.

Los inversores, que son agentes que toman decisiones en los mercados, tienen en cuenta la rentabilidad (retorno) que pueden obtener por el capital invertido y el riesgo asociado al mismo. En finanzas, como ya fue detallado, el riesgo es percibido como las variaciones que puedan existir en los flujos de fondos asociados a una determinada inversión. Por lo tanto, las inversiones

que se encuentran en proceso de evaluación deben ser analizadas en función de la rentabilidad y riesgo asociado. Es importante puntualizar, que un inversor racional, para someterse a un mayor nivel de riesgo demandará una mayor rentabilidad (retorno).

La tasa de interés que los inversores utilizan para evaluar un determinado proyecto (i) suele ser definida como una tasa libre de riesgo más un premio por el riesgo. Este premio por el riesgo cambiará dependiendo del tipo de proyecto, la localización del mismo, entre otros factores.

$$r_i = r_f + p$$

Donde r_f es la tasa libre de riesgo, definida por el mercado como la tasa de los bonos a 10 años del tesoro americano (activo de menor riesgo del mercado, con mejor calidad credicia) más un premio por el riesgo específico de la inversión. En el caso de un proyecto de Silvopastoreo en Uruguay, este premio por el riesgo debe contemplar el diferencial de riesgo entre Uruguay y Estados Unidos, lo que podríamos llamar riesgo país, más el riesgo propio del sector de actividad. En el presente caso, el riesgo asociado al sector agropecuario.

De forma intuitiva, un inversionista exigiría una rentabilidad adicional o prima de riesgo país como incentivo para invertir en un país como Uruguay y no en otro país. Esto se sustenta por la mayor incertidumbre que se percibe debido a la combinación de problemas como la debilidad institucional, inestabilidad macroeconómica, mayor endeudamiento e inseguridad jurídica.

5.3.1.1. Modelos de estimación de la tasa de descuento

El modelo de valoración de activos de capital (CAPM por sus siglas en inglés), se utiliza para estimar el rendimiento esperado de una inversión, considerando tanto el rendimiento libre de riesgo como la prima por riesgo de mercado. En su versión clásica, el modelo se expresa como:

Modelo CAPM (modelo base):

$$E(r_i) = r_f + \beta_i(E(r_m) - r_f) \quad (5.12)$$

donde:

- $E(r_i)$ es el rendimiento esperado del activo o proyecto;
- r_f es la tasa libre de riesgo;
- β_i es el coeficiente beta del activo o sector;
- $E(r_m)$ es el rendimiento esperado del mercado.

El coeficiente β_i es un indicador de riesgo asociado al sector de actividad económico. El mismo se estimará utilizando información publicada por la Escuela de Negocios Leonard N. Stern de la Universidad de Nueva York (NYU Stern), concretamente del profesor Damodaran. NYU Stern disponibiliza los coeficientes β por sector de actividad de las distintas firmas, para la presente se utilizará el β_u correspondiente a actividades agropecuarias para firmas sin considerar el endeudamiento (unlevered beta).

$$\beta_i = 0.78 \quad (5.13)$$

El rendimiento del activo libre de riesgo, tasa libre de riesgo, $r_f = 2,5\%$ de acuerdo con datos de los últimos 20 años.

La esperanza del rendimiento de mercado ($E(r_m)$) es una variable aleatoria con distribución normal, $E(r_m) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$.

- $\mu = 10.86\%$
- $\sigma = 17.06\%$

CAPM (Incorporación del sovereign spread o riesgo soberano):

Este modelo parte del supuesto de mercados eficientes y sin distorsiones entre países. Sin embargo, cuando se aplica en economías emergentes como Uruguay, se reconoce que los inversores enfrentan riesgos adicionales vinculados a la estabilidad macroeconómica, la seguridad jurídica y el contexto financiero. Para reflejar esa realidad, se ajusta el modelo mediante la incorporación del riesgo país, obteniéndose así la siguiente expresión:

$$E(r_i) = r_f + B(E(r_m) - r_f) + (r_{gov} - r_f) \quad (5.14)$$

En la Ecuación (5.14) donde $(r_{gov} - r_f)$ representa el spread soberano, es decir, la diferencia entre el rendimiento de los bonos del gobierno de Uruguay (r_{gov}) y los bonos del Tesoro de Estados Unidos (r_f). Este diferencial capta

el riesgo adicional que perciben los inversores al financiarse en un país con mayor incertidumbre institucional o financiera. El riesgo país habitualmente se cuantifica a partir de la diferencia del bono soberano del país emergente con el bono del tesoro del país de referencia, que es Estados Unidos. El modelo propuesto incorpora esta diferencia entre países.

Una crítica a este modelo es que se toma el riesgo soberano en vez del riesgo país para la estimación de la prima. La PPRS incluye el riesgo crediticio implícito en la prima de los bonos soberanos y los bonos del país de referencia. De esta manera, el riesgo crediticio se estaría tomando en cuenta dos veces, ya que también está incluido en la prima de mercado.

De acuerdo con Damodaran el Beta de mercado puede ser estimado en un 6,8 % anual.

El riesgo país es una medida que pretende reflejar las posibilidades de que una nación no cumpla con sus obligaciones financieras, principalmente en cuanto a la relación con los pagos de su deuda soberana. Por eso sirve como un indicador para evaluar la estabilidad económica y financiera de un país en comparación con otros, analizando, entre otros factores, el historial crediticio, la inflación, la tasa de interés de su deuda y la estabilidad cambiaria.

Para el caso de Uruguay la estimación del riesgo país podemos fijarla en un 1,8 % anual.

5.3.2. Precio del metro cúbico de madera en pie en dólares.

El precio de la madera se utiliza para calcular el ingreso al final del período bajo análisis. El monte se vende en pie, y los costos de cosecha y flete corren por cuenta del adquiriente, previéndose que el precio se distribuye normal, de acuerdo a lo expuesto a continuación.

| Precio del metro cúbico de madera | | |
|-----------------------------------|--------------|------------|
| Especie | Precio medio | Desviación |
| Eucalyptus grandiss | 60 | 6 |
| Eucalyptus dunni | 55 | 7 |

Tabla 5.6: Precio de la madera

5.3.3. Precio de la categoría de ganado por kilo.

El precio del ganado por kilo sigue una distribución normal, de acuerdo a los siguientes parámetros:

| Precio de la categoría de ganado por kilo. | | |
|--|---------------------|------------|
| Categoría | Precio medio por Kg | Desviación |
| Terneros | 2.8 | 0.3 |
| Novillos 1 año | 2.7 | 0.28 |
| Novillos + 2 años | 2.65 | 0.24 |
| Vacas de invernada | 2.25 | 0.18 |

Tabla 5.7: Precio por categoría de ganado

En la Tabla 5.7 se presentan algunas de las categorías, la razón es que en el Capítulo 6 se aplica el modelo presentado para un tipo de productivo concreto, el engorde de terneros.

5.3.4. Tasa efectiva del impuesto a la renta empresarial (Tx)

Las actividades agropecuarias se encuentran gravadas por impuestos en nuestro país. Las actividades de pastoreo se encuentran alcanzadas por el Impuesto a la Renta de Actividades Económicas Impuesto a la Renta Empresarial (IRAE). En ella se da la conjunción de capital y trabajo aplicados a obtener bienes primarios. Un ejemplo de esto es la cría o engorde de ganado. Por otra parte, la explotación de bosques también se encuentra comprendida en el impuesto, de acuerdo a los artículos 74 y 75 del Título 4 del Texto Ordenado 1996.

La tasa nominal del IRAE es de 25 % anual y se aplica sobre la renta neta del ejercicio económico. En nuestro país, existe un régimen de promoción de inversiones que habilita la deducción de inversiones del resultado fiscal a la hora de pagar el impuesto. Es por esta razón que la tasa efectiva del IRAE. es menor o igual el 25 % anual.

Por esta razón se utiliza una tasa efectiva promedio del IRAE. del 18 % anual. La diferencia entre la tasa efectiva y la tasa nominal del impuesto se debe fundamentalmente a exoneraciones fiscales, a beneficios puntuales definidos para el sector y a la diferencias en temas de valuación y exposición de información entre los sistemas contables y las normas fiscales. Definiéndose que la variable aleatoria Tx tiene una distribución Uniforme Continua $[0,16; 0,20]$.

5.4. Pseudocódigo

En el presente apartado se presenta una representación simplificada del proceso de resolución, exponiendo de forma concisa los pasos necesarios para resolver el problema planteado. Seguidamente presentaremos un pseudocódigo donde se aplica la técnica de simulación Monte Carlo, para calcular la función de distribución empírica del VPN asociado al problema de decisiones de inversión con incertidumbre abordado en esta tesis. Adicionalmente también se calcula la función de distribución empírica de la TIR. Calculadas estas distribuciones empíricas tendremos información del retorno de la inversión en el problema abordado.

1. Ingresar parámetros de entrada:

- $\text{NumerosSimulaciones}(n)$, TiempoAños , Tipo Suelo, $\text{PorcentajeForestad}$, TamanoPredio , ParamGanaderia , ParamForestales

2. Generar matrices de ceros:

- Crear matrices para las variables sorteadas:

PrecioGanado , PrecioMadera , TasaImpRenta , $\text{TasaInteres} \in \mathbb{R}^{\text{TiempoAños} \times t}$

3. for $i = 1$ to n do

3.1 Sorteo de variables para la simulación i :

- Sortear: $\text{PrecioGanado}^{(i)}$, $\text{PrecioMadera}^{(i)}$, $\text{TasaImpRenta}^{(i)}$, $\text{TasaInteres}^{(i)}$

3.2 Calcular flujos de caja para cada año:

- Para cada año $t = 1, \dots, \text{TiempoAños}$:

Calcular flujo de caja utilizando las variables sorteadas.

3.3 Calcular $\text{VPN}^{(i)}$:

- $\text{VPN}^{(i)} = \sum_{t=1}^{\text{TiempoAños}} \frac{\text{FlujoDeCaja}_t}{(1+\text{TasaDescuento})^t}$

3.4 Calcular $\text{TIR}^{(i)}$:

- Resolviendo $0 = \sum_{t=1}^{\text{TiempoAños}} \frac{\text{FlujoDeCaja}_t}{(1+\text{TIR}^{(i)})^t}$

3.5 Almacenar resultados:

- $\text{ResultadosSimulacion}[i] = (\text{VPN}^{(i)}, \text{TIR}^{(i)})$

end

4. Calcular estadísticas resumidas:

- Calcular y presentar estadísticas de resumen del VPN y TIR (media, varianza, desvío, coeficiente de variación)

5. Salida de resultados:

- Retornar $\text{ResultadosSimulacion}$

Algorithm 1: Simulación Monte Carlo para evaluación financiera de silvopastoreo

Explicación de los Pasos

- 1. Ingresar parámetros de entrada:** En este paso se introducen todos los parámetros necesarios para la simulación, de acuerdo a lo expuesto en la Sección 5.2

Para el caso particular a resolver, se ingresan los parámetros propios del establecimiento a estudiar de acuerdo a lo expuesto en la Sección 6.1. como el tamaño de la muestra, el tiempo de simulación, la calidad del suelo, el porcentaje de área forestada, el tamaño del terreno, y los parámetros relacionados con la ganadería y la producción forestal.

- 2. Generar matrices de ceros:** Se crean matrices vacías para almacenar las variables sorteadas en cada iteración de la simulación, lo que facilitará

el seguimiento de los resultados a lo largo del tiempo.

3. **Iterar sobre n simulaciones:** Para cada simulación:

- **Sorteo de variables:** Aleatoriamente se generan los valores para el precio del ganado, precio de la madera, tasa del impuesto a la renta y tasa de interés. Los sorteos son realizados de acuerdo a las respectivas distribuciones de probabilidad de acuerdo a lo expuesto en la Sección 5.3
- **Calcular flujos de caja anuales:** Se determina el flujo de caja para cada año usando las variables sorteadas, lo que permite evaluar la conveniencia del sistema de silvopastoreo.
- **Calcular VPN y TIR:** una vez que se tienen los flujos de caja anuales se evalúa la viabilidad económica del proyecto para la simulación actual, calculando el VPN y TIR.
- **Almacenar resultados:** Los resultados de cada iteración Monte Carlo se guardan en una lista para calculos posteriores, facilitando la comparación entre diferentes simulaciones.

4. **Calcular estadísticas de resumen:** Finalizadas las n iteraciones, los valores obtenidos y almacenados son utilizados para para obtener estadísticas resumidas del VPN y TIR, lo que proporciona información valiosa sobre el rendimiento del proyecto a lo largo de todas las simulaciones.

5. **Salida, resultados:** Finalmente, se devuelven los resultados obtenidos de la simulación, permitiendo su uso en análisis adicionales o presentación de resultados.

Capítulo 6

Caso de estudio y resultados numéricos

En este capítulo se presenta una aplicación del modelo descrito utilizando valores concretos. Además, se muestran los resultados de aplicar el método de Monte Carlo a dicha aplicación, junto con el cálculo de diferentes valores estadísticos relevantes para el problema.

6.1. Definición de variables de entrada

Con el modelo desarrollado y explicado en detalle en el Capítulo 5 se procedió a aplicarlo a un caso teórico concreto. Definiéndose distintas variables de entrada. Un primer grupo de variables de entrada están vinculadas a las características del establecimiento productivo:

- Ubicación del predio.
- Tipo de suelo.
- Tamaño del predio.

Por otra parte, existen otras variables de entrada que son decididas por el productor (inversor), están relacionadas con aspectos productivos que son definidos al momento de la planificación. Estas variables de decisión son:

- Porcentaje de área forestada.
- Tipo de producción ganadera.

- Tipo de producción forestal.
- Especie de árboles seleccionada.
- Duración de los ciclos productivos.

Para el modelo base que se trabajó, se detalla a continuación los valores asignados a cada una de ellas. Concretamente, el modelo fue aplicado a un establecimiento productivo de silvopastoreo con las siguientes características:

- Ubicación del predio → Región Centro Sur.
- Tipo de suelo → Prioridad forestal.
- Tamaño del predio → 100 hectáreas.
- Porcentaje de área forestada → 20 %.
- Tipo de producción ganadera → Engorde de terneros.
- Tipo de producción forestal → Madera para aserradero.
- Especie de árboles seleccionada → *Eucalyptus grandis*.
- Duración de los ciclos productivos → Ganadero 1 año y Forestal 10 años.

6.2. Definición del número de simulaciones

La cantidad de simulaciones a efectuar se denota con la letra “ n ”, la cual debe ser definida de antemano.

Antes de realizar las simulaciones se procedió a realizar pruebas del modelo, con el fin de determinar la cantidad de simulaciones a realizar. Fueron realizadas pruebas con diferentes cantidades de simulaciones, modificando distintos parámetros, entre ellos, distintas participaciones de la ganadería y la forestación en el sistema de silvopastoreo. Los resultados se exponen en el Anexo [1](#).

Una vez realizadas las pruebas, se definió efectuar **15.000 simulaciones**, debido a que se observa que los estadísticos logran converger y estabilizarse en torno a un determinado valor. El resumen de los resultados de las pruebas realizadas se presentan en Anexo [1](#).

6.3. Tiempos de ejecución de las distintas pruebas

Con el fin de evaluar el modelo propuesto, en cuanto a la eficiencia en la resolución, fue observada la evolución del tiempo de ejecución necesario para obtener las soluciones. No solo se observó el tiempo de ejecución para una cantidad de simulaciones definidas, sino también cómo evoluciona cuando se incrementa el número de simulaciones. En la siguiente Figura 6.1 se expone los tiempos de ejecución para distintos valores de cantidades de “n” simulados.

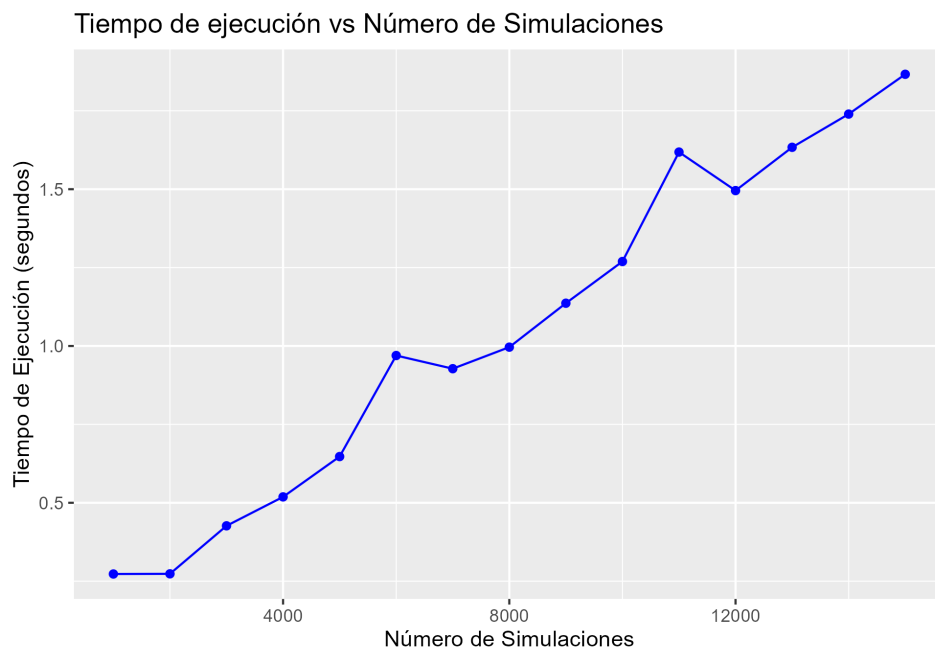


Figura 6.1

Analizando la Figura 6.1 podemos concluir que el tiempo de ejecución es creciente con el número de simulaciones realizadas, para valores menores a las 8.000 simulaciones el tiempo de ejecución es menor a un segundo, mientras que para las 15.000 simulaciones el tiempo de ejecución es de 1,7 segundos. El tiempo a priori no parece ser un inconveniente para la resolución del problema planteado.

Los tiempos globales de ejecución del método Monte Carlo para cada uno de los valores de “n” en la resolución del problema fueron tiempos marginales

(pocos segundos) considerando el volumen de datos manejados.

6.4. Variables simuladas

Dentro de esta sección se presentan gráficos que permiten visualizar el comportamiento de las variables simuladas, de acuerdo a lo definido en la Sección 5.3.

6.4.1. Variable aleatoria -Precio del Ganado

Como ya fue expuesto anteriormente, el precio del ganado se simula para luego realizar la evaluación financieramente el sistema de silvopastoreo con distintos precios, a continuación se muestra la distribución de los mismos.

El histograma, Figura 6.2, de los precios del ternero por kilo muestra una aproximación a una función normal, en concordancia con lo establecido a la hora de definir el comportamiento de las variables aleatorias, en el Apartado 5.3.3.

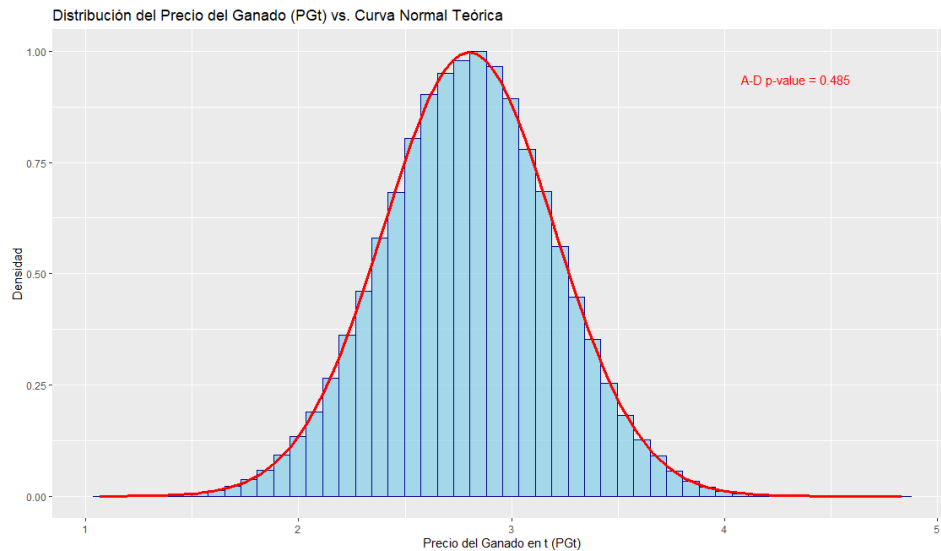


Figura 6.2

La Figura 6.2 muestra la comparación entre el histograma de la distribución simulada del precio del ganado y la curva normal teórica ajustada. En el histograma se observa la forma empírica de los datos, mientras que la línea

roja representa la densidad de probabilidad de una distribución normal teórica con parámetros estimados a partir de la muestra. A simple vista, ambas curvas presentan una correspondencia general tanto en la zona central como en las colas de la distribución.

Para formalizar esta comparación, se aplicó el test de Anderson-Darling, cuyo valor estadístico fue $A = 0.34534$ con un valor $p = 0.4845$. Dado que el valor p es considerablemente mayor que el nivel de significancia convencional del 5 % ($\alpha = 0.05$), no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Esto implica que la distribución simulada de los precios puede considerarse consistente con una distribución normal, lo que respalda el uso de este supuesto en los análisis posteriores y otorga mayor solidez al marco metodológico empleado.

6.4.2. Variable aleatoria -Precio de la Madera

Como fue expuesto, la madera se cosecha y vende al final del período. En el siguiente gráfico, se expone el los valores simulados.

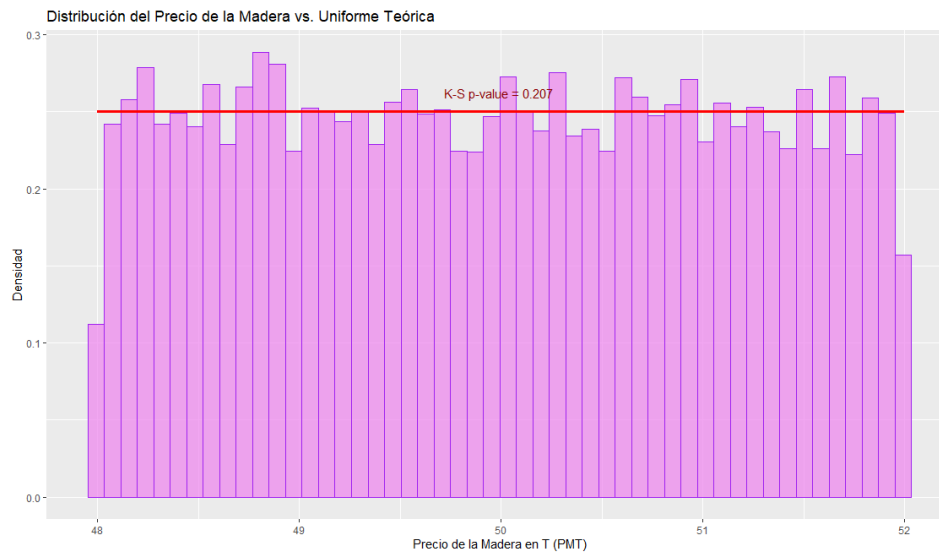


Figura 6.3

La Figura 6.3 muestra la distribución simulada del precio de la madera en el período t , la cual presenta un comportamiento relativamente uniforme dentro del rango de valores mínimos y máximos definidos para el metro cúbico de madera. El histograma refleja que no existen concentraciones significativas

en intervalos específicos, sino que los datos tienden a distribuirse de manera más homogénea.

Para corroborar esta impresión visual, se aplicó el Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S), con el objetivo de evaluar si la variable *precio de la madera* sigue una distribución uniforme teórica. El estadístico de prueba obtenido indica una diferencia pequeña entre la función de distribución acumulada empírica y la teórica, mientras que el valor p reportado ($p = 0.207$) resulta clave para la decisión. Dado que este valor es mayor que el nivel de significancia habitual del 5 % ($\alpha = 0.05$), no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de uniformidad.

En conclusión, los resultados del test sugieren que la distribución del precio simulado de la madera es consistente con una distribución uniforme. Este hallazgo respalda la validez de emplear la distribución uniforme como supuesto de referencia en el análisis, fortaleciendo el marco metodológico de la investigación y aportando robustez a las simulaciones e inferencias posteriores.

6.4.3. Variable aleatoria -Tasa anual de interés

Para la actualización de los flujos de fondos es necesario contar con una tasa de interés que lo permita, para cada una de las 15.000 simulaciones se selecciona la tasa de interés. En el siguiente gráfico se muestra un gráfico de frecuencia.

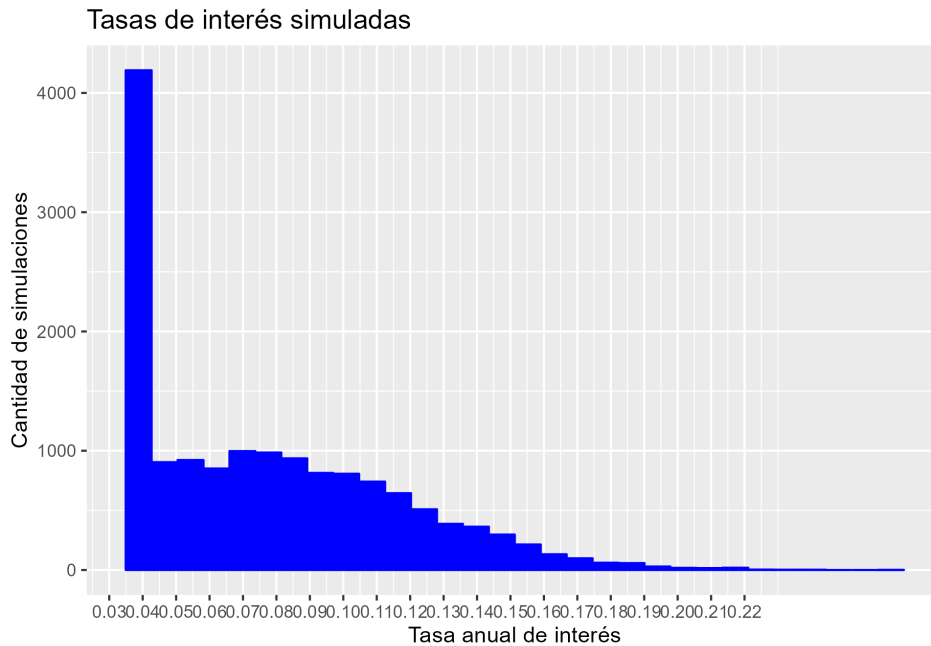


Figura 6.4

El histograma de la tasa anual de interés muestra una distribución de frecuencia asimétrica con cola hacia la derecha. Con un valor modal cercano al 3 %, presentando una meseta hasta el 10 % y luego una caída continua. El comportamiento de la tasa de interés muestra mayores posibilidades de ocurrencia en valores bajos, y medios, pero a su vez muestra valores altos y algunos extremos.

El valor modal levemente superior al 3 %, obedece a aquellos casos donde el rendimiento de mercado es inferior a la tasa libre de riesgo, el diferencial entre ambos sería negativo. En esta tesis se asume, para estos casos el premio por correr riesgo es cero, haciéndose cero todo el segundo término de la Ecuación 5.14 planteada al momento de presentar el modelo.

Los valores altos y muy altos (extremos) representan momentos donde la economía obtiene altas rentabilidades, los retornos de los activos financieros son superiores al promedio. Esta situación es recogida a través del rendimiento de mercado incluido en la forma de calcular la tasa de acuerdo a lo establecido en el Apartado 5.3.1.

6.4.4. Variable aleatoria - Tasa efectiva anual del impuesto a la renta

Cada simulación tiene asociada una tasa efectiva anual del impuesto a la renta, en la Figura 6.5 se muestra la cantidad de casos registrado para tasa del impuesto sorteada.

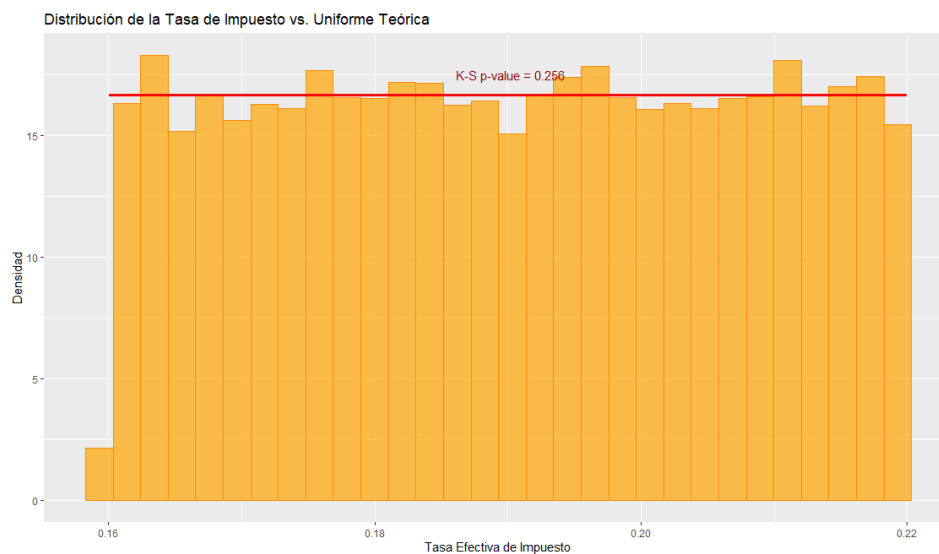


Figura 6.5

Los valores de la tasa efectiva anual de impuesto a la renta no presentan una gran variabilidad, y se comportan aproximadamente uniforme entre el mínimo y el máximo. Es una condición razonable, y aporta al análisis ya que considera un escenario con impuestos.

El resultado presentado corresponde al **Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S)** asintótico de una muestra, aplicado a la variable `impuesto_vector` para verificar su ajuste a una distribución uniforme. El valor del Estadístico de Prueba fue de $D = 0.0082707$, el cual mide la máxima desviación entre la función de distribución acumulada (FDA) empírica de la muestra y la FDA teórica uniforme. El valor p asociado a esta prueba es de $p\text{-value} = 0.2564$. Dado que este valor p es **mayor** que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, **no se rechaza la hipótesis nula** (H_0), la cual establece que la variable sigue una distribución uniforme. En consecuencia, se concluye que la variable `impuesto_vector`, tal como fue generada en la simulación de Monte Carlo, se ajusta de

manera satisfactoria a una distribución uniforme.

6.5. Resultados Valor Presente Neto - Caso base

En la presente Sección se muestran los resultados alcanzados para el caso base, entiéndase por esta la aplicación del modelo con los parámetros expuestos en la Sección 5.2 y las variables de entrada de acuerdo con la Sección 5.3.

Para el caso planteado, caso base o escenario base, se efectuaron las 15.000 simulaciones, para simulación se calcula el VPN. El VPN pasó a ser una variable aleatoria, por tanto se puede calcular su esperanza, también su varianza, y demás estadísticas de resumen. En la Tabla 6.1 se presentan las estadísticas de resumen para el VPN.

| VPN - Estadísticas de resumen | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Estadísticas de resumen | $Ph_0 = 0, 2 \text{ n} = 15.000$ |
| E(VPN) | 157.690,1 |
| Desvío (VPN) | 67.919,26 |
| Coeficiente de variación (%) | 43,07 |
| Valor mínimo | -14.034,13 |
| Valor máximo | 304.912,3 |
| Rango | 318.946,5 |
| $VPN > 0$ | 0,9984 |

Tabla 6.1: VPN - Estadísticas de resumen - Escenario base

El primer análisis de los resultados expuestos en la Tabla 6.1, muestran que el VPN esperado es positivo. El rango, definido como diferencia entre valor mínimo y máximo, a simple vista nos muestra la variabilidad del indicador. De forma de corroborar esto, se calculó el coeficiente de variación, que mide la variabilidad de las observaciones respecto a la media, observándose que la misma es de un 43,07 %. La probabilidad de obtener ganancia es alta, un 99,84 %. El valor esperado del VPN es positivo USD 157.690, lo que debe analizarse teniendo en consideración el capital invertido, es por esa razón que se incluirá en el análisis otro criterio ya presentado anteriormente.

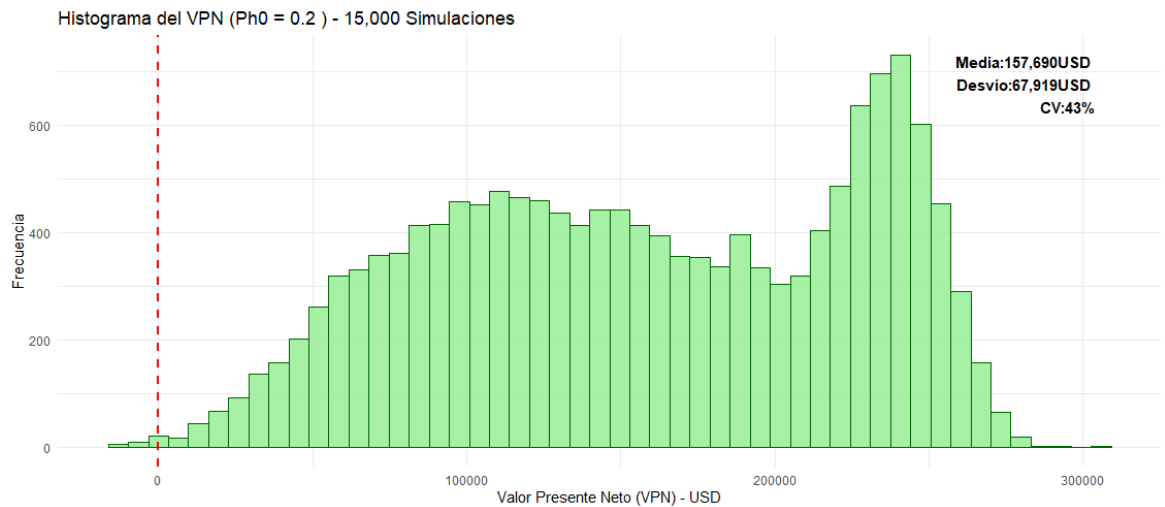


Figura 6.6

El histograma del Valor Presente Neto (VPN) presenta una marcada concentración de resultados hacia el extremo derecho de la distribución. Este comportamiento se explica, en primer lugar, por la forma de la distribución de las tasas de interés simuladas: la mayoría de las repeticiones se concentran en valores bajos de la tasa de descuento (Figura 6.4), lo que reduce el efecto de actualización sobre los flujos futuros. Como consecuencia, los ingresos generados en los últimos años del horizonte de evaluación adquieren un mayor peso en el cálculo del VPN, desplazando los resultados hacia valores más elevados.

En segundo lugar, debe considerarse que el flujo de caja correspondiente al último año del proyecto, donde se cosecha la madera, es sensiblemente superior respecto a los anteriores. Dada esta característica, en aquellas simulaciones con tasas de interés reducidas, dicho flujo impacta de manera decisiva sobre el valor presente total. La combinación de ambos factores —tasas de descuento bajas y un flujo final alto— genera la acumulación de resultados en el extremo derecho de la distribución, lo que explica el pico observado en el histograma de las 15.000 simulaciones (Figura 6.6).

La Figura 6.7 box plot (también conocido como diagrama de caja y bigotes), permite visualizar la dispersión, la mediana y los valores atípicos de la distribución.

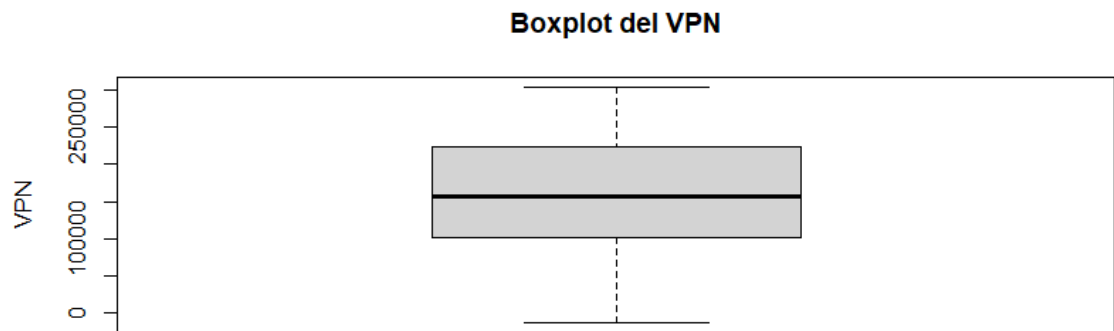


Figura 6.7: TIR - Gráfico de Cuantía - Escenario base

Este tipo de gráfico es utilizado para identificar medidas de posición como los cuartiles, y para verificar si existen datos atípicos. Podemos apreciar en la Figura 6.7 que no existen observaciones atípicas, ni atípicas extremas.

6.6. Resultados Valor Presente Neto - Distintos escenarios

En el análisis de inversiones de un sistema de silvopastoreo, resulta necesario evaluar cómo afectan el cambio en la participación de cada uno de los componentes (forestal y ganadero) en el total del negocio.

Luego de obtenidas las simulaciones para el caso estudiado, se calcularon las simulaciones para casos donde se incremente la participación del componente forestal. Construyendo dos escenarios con 30 % y 40 % del área forestada. El cambio en el porcentaje de participación fue definido de forma arbitraria, situación que luego será corregida.

En la Tabla 6.2, se muestran las principales estadísticas de resumen, de forma de hacerlas comparables.

De la información expuesta anteriormente se puede apreciar que el VPN promedio crece a medida que aumenta el porcentaje de forestación dentro del

| VPN - Estadísticas de resumen con diferentes Ph_0 | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Estadística | $Ph_0 = 0,2$ | $Ph_0 = 0,3$ | $Ph_0 = 0,4$ |
| E(VPN) | 157.690,10 | 177.142,30 | 196.594,5 |
| Desvío (VPN) | 67.919,26 | 85.595,14 | 103.469,3 |
| Coefficiente de variación (%) | 43,07 | 48,32 | 52,63 |
| Valor mínimo | -14.034,13 | -34.675,72 | -55.317,31 |
| Valor máximo | 304.912,3 | 342.453,8 | 379.995,3 |
| Rango | 318.946,5 | 377.129,5 | 435.312,6 |
| $VPN > 0$ | 0,9984 | 0,9943 | 0,9869 |

Tabla 6.2: VPN - Estadísticas de resumen con diferentes proporciones de forestación

sistema de silvopastoreo.

El VPN tiene una limitante importante, no considera la eficiencia del uso del capital tal como fue expuesto en la Sección 4.1. Cuando se comienza a trabajar con distintos escenarios, el capital invertido es distinto, debido a que la inversión inicial será distinta. Es por esta razón que en la siguiente sección, se analiza la TIR

6.7. Resultados Tasa Interna de Retorno

De forma de incluir la rentabilidad del capital, en esta sección se incluye la TIR comenzando el análisis para el caso base, que implica una proporción del 20 % de forestación, se calculó la rentabilidad anual obteniéndose los siguientes valores.

| TIR - Estadísticas de resumen | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Estadísticas de resumen | $Ph_0 = 0,2$ n = 15.000 |
| E(TIR) | 0,220 |
| Desvío (TIR) | 0,015 |
| Coefficiente de variación (%) | 0,067 |
| Valor mínimo | 0,168 |
| Valor máximo | 0,286 |

Tabla 6.3: TIR - Estadísticas de resumen- Escenario base

El histograma muestra una distribución que a simple vista parece ser normal, donde la rentabilidad promedio anual es del 22 %, con un valor mínimo

de 16,8 % y un máximo de 28,6 %

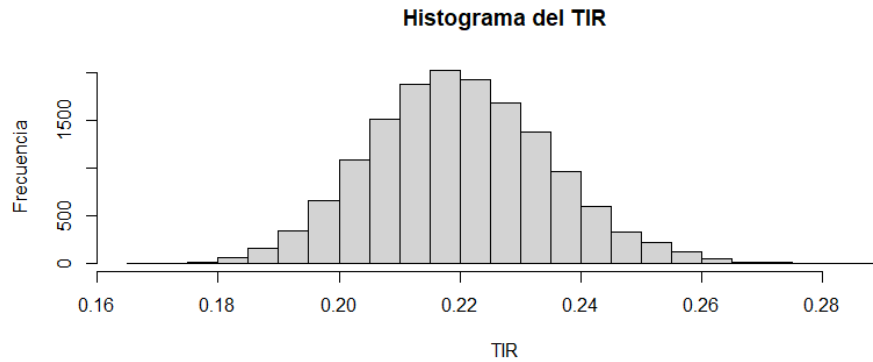


Figura 6.8: Histograma TIR- Caso Base

Luego de obtenidas las simulaciones para el caso estudiado, se calcularon las simulaciones para casos donde se incremente la participación del componente forestal. Construyendo dos escenarios con 30 % y 40 % del área forestada. En la siguiente Tabla, se muestran las principales estadísticas de resumen, de forma de hacerlas comparables.

| TIR - Estadísticas de resumen con diferentes Ph_0 | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Estadística | $Ph_0 = 0,2$ | $Ph_0 = 0,3$ | $Ph_0 = 0,4$ |
| E(TIR) | 0,220 | 0,193 | 0,1765 |
| Desvío (TIR) | 0,015 | 0,010 | 0,007 |
| Coefficiente de variación (%) | 0,067 | 0,050 | 0,04 |
| Valor mínimo | 0,168 | 0,156 | 0,150 |
| Valor máximo | 0,286 | 0,234 | 0,205 |

Tabla 6.4: TIR - Estadísticas de resumen con diferentes proporciones de forestación

En la Tabla 6.4 se exponen distintos escenario caracterizados por distintas proporciones de forestación en el total del sistema. Del análisis se desprende que a medida que aumenta el porcentaje de forestación la rentabilidad anual promedio descende, pero a su vez también descende el riesgo medido a través del coeficiente de variación. Es por esta razón, que conviene analizar como varía la rentabilidad y riesgo asociado a la misma al modificar el porcentaje de forestación.

Hasta el momento, se comenzó aplicando el modelo con los parámetros expuestos en la Sección 5.2 y las variables de entrada de acuerdo con la Sección 5.3, calculando el VPN para el caso base, y las principales estadísticas de resumen. Luego, de manera arbitraria se volvió a calcular VPN para dos escenarios con 30 % y 40 % de proporción del área forestada. Dado la limitante del VPN respecto a la cantidad de dinero invertido, se procedió de forma similar por la TIR. Llegándose a identificar que las distintas proporciones de forestación, definidas de manera arbitraria, tienen impacto en la rentabilidad (retorno) y en el riesgo.

La relación riesgo retorno desde un punto de vista teórico es una relación positiva. Para exponerse a un mayor riesgo el inversor requiere un mayor retorno, esta relación es conocida como el trade-off entre riesgo y retorno. Esto significa que, en general, los inversores requieren una mayor recompensa (retorno esperado) para asumir un mayor nivel de riesgo.

6.8. Sensibilidad del Riesgo - Retorno.

En la presente sección se presentan los cálculos realizados tendientes a observar el cambio en la rentabilidad (retorno) y el riesgo, del sistema de silvopastoreo modelado, ante cambios en la proporción de forestación. Estos cambios fueron realizados en una escala entre el 20 % y el 50 %.

Una de las decisiones que pueden tomarse al momento de planificar los sistemas silvopastoriles es la proporción de cada actividad en el total del sistema. En la siguiente gráfica se muestra el impacto que tiene un cambio en la proporción de forestación en la rentabilidad y el retorno del sistema. En otras palabras, se muestra la relación riesgo - retorno para distintas proporciones de forestación.

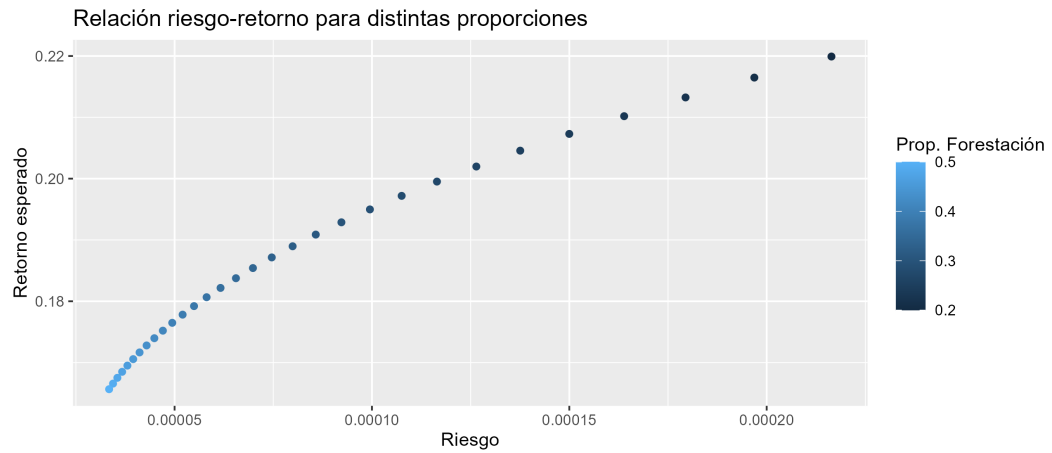


Figura 6.9

Del análisis de la Figura 6.9, expuesta anteriormente se aprecia que al incrementar la participación de la forestación se reduce la rentabilidad (rendimiento del capital) y baja el nivel de riesgo. La mayor participación de la actividad de forestación, que era la de menor participación en el caso base, reduce el retorno y el riesgo. Lo que podemos concluir que opera la diversificación en términos financieros, pudiendo un inversor elegir un nivel máximo de riesgo que pretende asumir y proyectar la rentabilidad, y por ende las características del sistema.

Capítulo 7

Conclusiones

El silvopastoreo como tal, es el manejo de árboles, ganado y pastos en un sistema integrado. La integración de la ganadería y la forestación, muestra importantes ventajas productivas, colabora a disminuir considerablemente y hasta neutralizar las emisiones de GEI generadas por la ganadería.

En el análisis realizado se pudieron constatar interesantes beneficios económicos y financieros de los sistemas de silvopastoreo.

Un primer beneficio constatado es vinculado a las opciones económicas que ofrece el sistema debido a temas ambientales. Uruguay como país productor de alimentos debe tener especial atención en la trazabilidad de las emisiones generadas, ya que es un requisito clave en mercados de exportación como el europeo, donde las exigencias son cada vez mayores para lograr el cumplimiento de neutralidad carbono a 2050. Nuestro país se enfrenta al desafío de incrementar la producción ganadera, buscando reducir la intensidad de las emisiones de metano y preservando los pastizales naturales.

Es importante concluir sobre la importancia a nivel nacional de una actividad de este tipo, en un país que depende del financiamiento externo, y que ha comenzado a vincular sus compromisos financieros con el cumplimiento de Indicadores de Cambio Climático (BIICC), deberá incentivar este tipo de prácticas productivas.

La preocupación, razonable para los productores, radica en que sean una

alternativa financiera y económica atractiva. En el presente trabajo se concluye que el sistema genera rendimientos atractivos, provenientes únicamente del negocio productivo. Es de recordar que la tesis no considera el efecto derivado de la valorización de la tierra.

Esta rentabilidad atractiva de los sistemas silvopastoriles, es acompañada de actividades que generan ingresos en el corto plazo (ganadería) y en el largo plazo (forestación), pudiendo afirmarse que existe una mejora en materia de liquidez del negocio. Esto hace atractivo a los sistemas silvopastoriles desde una óptica financiera, haciéndolo más atractivo para el financiamiento de terceros. El sistema de silvopastoreo mejora el perfil financiero para las instituciones de crédito.

Pasando el tema de riesgos, a partir del análisis realizado, se puede demostrar que desde un punto de vista financiero, la presencia de ganadería y forestación logra una buena diversificación de los riesgos financieros. Una adecuada combinación de ambas actividades permite alcanzar mejores retornos económicos sin incrementar el riesgo total para el productor. También, se puede apreciar que la proporción de la forestación en el negocio tiene impacto en la rentabilidad y en el riesgo.

El presente trabajo muestra que el inversor puede fijar un nivel máximo de riesgo que pretende asumir y proyectar la rentabilidad esperada, en consecuencia puede definir las características productivas del sistema.

Por último, es posible pensar en mejoras desde un punto de vista financiero. El silvopastoreo financieramente muestra una corriente de flujos de fondos anuales para el productor, con un pico en el último año del ciclo forestal derivado de la venta de la madera. Este concepto abre la puerta para poder pensar en futuros diseños de sistemas donde la venta de madera se encuentre escalonada en el tiempo, pudiendo generar opciones financieras aún más atractivas.

Referencias bibliográficas

- Alegrette., M. J., Penengo., C., Visca., P., Olivet., B., Lavagna., R., Kamil., H., y Olivera, L. (2023). *Reporte anual del bono indexado a indicadores de cambio climático y evolución de los indicadores hasta 2021* (Informe anual) (Anuario OPYPA, 2023). Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. <https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuarioopypa2023/tp/9/tp9web/9TPReporteanualdelbono.pdf>
- Almeida, C., Canavarro, C., Alberto, D., Rebello-Andrade, C., y Rodrigues, A. (2017). Optimization of Mediterranean rainfed pasture systems in Portuguese conditions, based on a linear programming model. *Annals of Agricultural & Crop Sciences*, 2(2).
- Azadian, J. M., Carrasco Iewdiukow, B., y Mautone Estapé, N. C. (2023, agosto). *Optimización de estrategias de inversión agropecuaria en Uruguay: Un modelo de optimización lineal para la toma de decisiones en forestación, ganadería y silvopastoreo* [Proyecto de Grado]. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República [Supervisores: Dr. Ing. Franco Robledo y MSc. Ing. Agustín López de Lacalle].
- Barrio, M., Alvarez, J. G., Díaz, I. J., y López, C. A. (2004). Relación altura-diámetro generalizada para "Quercus robur" L. en Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (18), 141-146.
- Barroso, D. M. (2003). *Instrumentos de análisis económico en sistemas agroforestales: una aplicación a un grupo de dehesas de la comarca de Monfragüe* [ISBN: 84-669-2264-4]. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Fundamentos del Análisis Económico II.
- Baumol, W. J. (1965). *Economic Theory and Operations Analysis*. Prentice-Hall.

- Becoña, G. (2023). La contribución de áreas forestales en el balance de gases de efecto invernadero de sistemas ganaderos extensivos en Uruguay. *Revista del Plan Agropecuario*, (164), 24-26.
- Binkley, D., Campoe, O. C., Gspaltl, M., y Forrester, D. I. (2013). Light absorption and use efficiency in forests: Why patterns differ for trees and stands. *Forest Ecology and Management*, 288, 5-13.
- Boscana, M. R. (2019). *Efecto del marco de plantación en los resultados productivos y económicos en sistemas silvopastoriles* [Tesis de maestría] [Tesis presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Magister en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Vegetales]. Universidad de la República, Facultad de Agronomía.
- Cameroni, F. D., Bommel, P., Corral, J., Bartaburu, D., Pereira, M., Montes, E., Duarte, E., y Grosskopf, H. M. (2012). Modelización de una explotación ganadera extensiva criadora en basalto. *Agrociencia Uruguay*, 16(2), 120-130.
- Centro de Estudios de la Realidad Económica y Social CERES. (2023, noviembre). *La producción forestal en Uruguay: Un sector líder y sostenible* (inf. téc.) (Informe especial, Noviembre 2023). CERES. Montevideo, Uruguay.
- Céspedes, V. V. (2018, junio). *Optimización en la planificación de servicios de cosecha forestal* [Programa de Posgrado en Investigación de Operaciones]. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.
- Cino, D. M., Diaz, A., y Vega, A. M. (2014). Hembras Charolais de reemplazo en pastoreo asociado de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon nlemfuenensis*: indicadores económicos y financieros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 323.
- Cino, D. M., Jordán, H., Ruiz, T., Traba, J., y Rodríguez, J. (2003). Silvopastoreo: Alternativa económica por el aporte de biomasa de leucaena en la producción lechera. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), 233.
- Conde, R. (2022, noviembre). *Optimización de ciclos de Silvopastoreo en Uruguay*. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.
- FAO. (1999). *Sistemas Silvopastoriles* [Consultado el 17 de septiembre de 2024]. <http://www.fao.org/3/ah647s/AH647S05.htm>
- Fernández, M., y Alfaro, M. (2024, mayo). *Análisis de decisiones de inversión sustentables en el sector agropecuario. Caso de Estudio: inversión sil-*

- vopastoril* (inf. téc.) (Informe de Proyecto de Grado). Universidad de la República, Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay.
- Gorga, L., y Mila, F. (2023, junio). *Cadena de la carne vacuna: situación y perspectivas* (inf. téc.) (Oficina de Programación y Política Agropecuaria). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay.
- Hertz, D. (1964). Análisis de riesgo en inversiones de capital. *Harvard Business Review*.
- Instituto Nacional de Carnes (INAC). (2022, junio). *Informe Estadístico: Año Agrícola Julio 2021 - Junio 2022* (inf. téc.) (Cifras primarias año 2022). Montevideo, Uruguay.
- Instituto Nacional de Carnes (INAC). (2023, abril). *Anuario Estadístico 2022: Análisis de las principales variables del sector cárnico*. Instituto Nacional de Carnes (INAC).
- Jose, S., y Dollinger, J. (2019). Silvopasture: a sustainable livestock production system. *Agroforestry Systems*, 93(1), 1-9.
- José Ives Pérez-Zuñiga, A. F. Z.-P., Jairo Rojas-Molina. (2021). Plant spacing assessment in cocoa (*Theobroma cacao* L.) agroforestry systems in the Colombian Pacific region. *Agronomía Colombiana*, 39(3), 426-437.
- Klopfenstein, N. B., Rietveld, W. J., Carman, R. C., Clason, T. R., Sharrow, S. H., Garrett, G., y Anderson, B. (1997). *Silvopasture: An Agroforestry Practice* (inf. téc.). USDA Forest Service - National Agroforestry Center. University of Nebraska - Lincoln. <http://digitalcommons.unl.edu/agroforestnotes/6>
- Lacorte, S. M., Barth, S. R., Colcombet, L., Crechi, E. H., Esquivel, J. I., Fassola, H., y Wick, R. Á. (2016). Silvopastoral Systems Developed in Misiones and Corrientes, Argentina. En P. L. Peri, P. Dube y A. Varella (Eds.), *Silvopastoral Systems in Southern South America* (pp. 10-39, Vol. 11). Springer.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2023). *Estadísticas Forestales 2023: Dirección General Forestal* (inf. téc.) (Extracción, Producción, Consumo, Mano de Obra, Comercio Exterior). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay.
- Ortiz Torres, C., Gómez Díaz, J. D., Domínguez Álvarez, F. A., y Villanueva Morales, A. (2018). Influencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y

- Opuntia ficus-indica L. Mill en las propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 36, 275-285.
- Paruelo, J. M., y Golluscio, R. (1994). Range assessment using remote sensing in Northwest Patagonia. *Journal of Range Management*, 47, 408-502.
- Pezo, D., y Ibrahim, M. (1998). *Sistemas Silvopastoriles* (Vol. No 2) [Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Materiales de Enseñanza No. 40]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Porcile, J. F. (2007, diciembre). *Crónicas del desarrollo forestal del Uruguay* [Historia y evolución de la industria forestal uruguaya]. Fin de siglo.
- Rovira, P. (2002). Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. *INIA Treinta y tres, jornada anual de producción animal: resultados experimentales*, (294), 79-95.
- Sabu., A., Rani., S. P., y Vidhyavathi, A. (2020). Economic analysis of integrated farming systems in the Kuttanad region of Kerala state, India: A case study. *Journal of Applied and Natural Science*, 12(2), 270-276. <https://doi.org/10.31018/jans.vi.2292>
- Simeone, A., Beretta, V., y Caorsi, C. Cuantificando el efecto de la sombra y el abrigo de los montes sobre la performance animal. En: *En 16a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC)*. Propuestas tecnológicas en Ganadería para un país agrícola, Ganadero y Forestal, 2014, 24-27.
- Simeone, A., Beretta, V., y Caorsi, C. J. (2010). Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. *Agrociencia*, 14, 137.
- Soares de Lima, J. M., Scoz, R., y Lanfranco, B. (2020). Sistemas de producción silvopastoriles: cuando 1 + 1 es igual a 3. *Revista INIA*, 60(2), 61-65. <https://doi.org/10.1234/example>
- Uruguay XXI. (2022, octubre). *Sector Ganadero en Uruguay* (inf. téc.) (Promoción de inversiones, exportaciones e imagen país). Uruguay XXI. Montevideo, Uruguay.
- Uruguay XXI. (2023, septiembre). *Sector Forestal en Uruguay* (inf. téc.) (Informe sobre el sector forestal en Uruguay). Montevideo, Uruguay.
- Varela, E. F. (2019). *Modelo de simulación para sistemas de silvopastoreo en regiones centro sur y sureste de Uruguay* [Tesis de maestría. Facultad de Agronomía.]. Universidad de la República.

- Vilaboa-Arroniz, J. (2009). El concepto de agroecosistemas y su aplicación en la ganadería bovina [[En línea]. Consultado el 22 de septiembre de 2024].
- Virginia Morales Dimos. (2023). *Análisis de la cadena de valor forestal* (inf. téc. N.º 52) (ISSN: 1727-8694 Series: Estudios y Perspectivas Oficina de la CEPAL en Montevideo). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Montevideo, Uruguay.

Glosario

Beta (β_i) Medida de la sensibilidad del rendimiento de un activo respecto al rendimiento del mercado. Cuantifica el riesgo sistemático en relación al mercado. [63](#)

Beta desapalancada (β_u) Mide el riesgo inherente de los activos de la empresa sin considerar el financiamiento mediante deuda. [63](#)

CONEAT Los grupos CONEAT constituyen áreas homogéneas definidas por su capacidad productiva en términos de carne bovina, ovina y lana en pie. Esta capacidad se expresa mediante un índice relativo a la media nacional, a la que corresponde el valor 100. [18](#)

Costo de oportunidad Valor de la mejor alternativa a la que se renuncia cuando se toma una decisión de inversión o asignación de recursos. [61](#)

Esperanza Valor promedio que se espera obtener de un evento aleatorio al repetirlo un gran número de veces. [77](#)

Gases de efecto invernadero Los gases de efecto invernadero son aquellos que retienen parte de la radiación infrarroja que emite la Tierra tras ser calentada por el Sol. Al retener energía en la atmósfera, contribuyen al aumento de la temperatura global. [28](#), [30](#)

Incertidumbre La incertidumbre en el análisis financiero de proyectos se refiere a la falta de certeza sobre los resultados futuros de decisiones o eventos económicos y financieros. [46](#), [62](#)

Indicadores de cambio climático Representaciones cuantitativas que se utilizan para medir y monitorear los cambios en el sistema climático de la Tierra en el tiempo. Proporcionan evidencia del calentamiento global, los cambios en los patrones climáticos y sus efectos en los ecosistemas y la sociedad. [26](#), [30](#)

Inversión inicial Monto total de capital requerido al inicio de un proyecto, necesario para su puesta en marcha y la generación de ingresos futuros.

[46](#), [48](#), [49](#), [52](#), [61](#), [80](#)

Liquidez Refleja la facilidad y rapidez con que un activo puede convertirse en efectivo a un precio razonable. [8](#), [9](#), [85](#)

Marco de plantación Arreglo espacial de los árboles que define la distancia entre plantas y filas, así como el ancho del callejón. [34](#), [35](#), [36](#)

Producto Interno Bruto (PIB) Medición del valor total de bienes y servicios producidos en una economía durante un período determinado. [30](#)

Rentabilidad Capacidad de una inversión para generar beneficios superiores al capital invertido en un período determinado. [23](#), [42](#), [45](#), [46](#), [48](#), [61](#), [62](#), [85](#)

Riesgo El riesgo en finanzas se refiere a la diferencia entre los resultados reales y los esperados de una decisión financiera, debido a factores como cambios en las condiciones del mercado, fluctuaciones en los precios de los activos, tasas de interés, inflación o eventos económicos y políticos. [23](#), [42](#), [61](#), [62](#), [63](#), [85](#)

Riesgo país Riesgo asociado a factores económicos, políticos o sociales que afectan la capacidad de un país para cumplir con sus obligaciones financieras. [62](#), [63](#), [64](#)

TIR La Tasa Interna de Retorno es una métrica financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión. Se calcula como la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto de los flujos de caja sea igual a cero. [19](#), [23](#), [38](#), [41](#), [42](#), [68](#), [80](#), [82](#)

Tasa libre de riesgo Corresponde al rendimiento mínimo esperado de una inversión sin incertidumbre. Se utiliza como referencia para evaluar otras inversiones que sí presentan riesgos. [62](#), [63](#)

Unidades ganaderas Equivalencia utilizada para expresar la carga animal. En Uruguay, una unidad ganadera equivale a una vaca de 380 kg que gesta y desteta un ternero. [50](#), [54](#), [55](#)

VPN El Valor Presente Neto es una métrica financiera que calcula la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros de una inversión y la inversión inicial, ayudando a evaluar la viabilidad de un proyecto. [19](#), [22](#), [23](#), [38](#), [41](#), [42](#), [43](#), [45](#), [46](#), [48](#), [60](#), [68](#), [77](#), [79](#), [80](#), [82](#)

Valor tiempo del dinero El valor tiempo del dinero es un principio financiero que establece que los agentes económicos prefieren recibir el dinero en el presente que la misma cantidad en el futuro, debido a su potencial

de generar rendimientos. [45](#), [61](#)

Varianza Medida de dispersión de los datos respecto a su media. En finanzas, se usa para evaluar el riesgo y la volatilidad de las inversiones. [77](#)

área basal Superficie ocupada por la sección transversal de los troncos de los árboles en un bosque, medida a 1.30 m de altura. Se expresa en m²/ha y es un indicador clave de densidad y competencia. [36](#)

APÉNDICES

Apéndice 1

Características e Importancia del Sector Agropecuario en Uruguay

1.1. Sector Agropecuario

En términos económicos el sector agroindustrial representa aproximadamente un 16 % del PIB. La agroindustria genera efectos sobre otros sectores de la economía, demandando servicios de transporte, almacenamiento, insumos y telecomunicaciones, entre otros. A su vez, es proveedor de insumos para otras cadenas industriales. El PIB de Uruguay supera los USD 60.000 millones, donde aproximadamente el 8 % corresponde a las actividades primarias que incluyen ganadería, forestación, agricultura, pesca y minería. Dentro de estas, la ganadería es la principal actividad y representa un 5 % del PIB aproximadamente, seguida por la agricultura con 2,3 % y la forestación con 0,7 %.

En cuanto a empleo, en nuestro país en promedio trabajan unas 1,6 millones de personas, donde el sector agropecuario representa el 8 % (127.000 personas aproximadamente). La actividad que genera más empleo dentro del éste sector es la ganadería, con unas 75.000 personas empleadas.

1.2. Sector Ganadero

Desde hace más de una década la ganadería bovina cuenta con un sistema de trazabilidad de la producción, que brinda información del proceso productivo. La información va desde el nacimiento del animal hasta el consumidor final. La utilización del sistema es de carácter obligatorio por Ley en todo el rodeo nacional, siendo el MGAP el encargado de controlar el sistema.

La actividad ganadera representa un 5 % del PIB en el último lustro. Dentro de la ganadería, se destaca la ganadería bovina, con un sistema productivo basado en animales que viven al aire libre que se alimentan de pasturas naturales.

De acuerdo con (Gorga y Mila, [2023](#)) el Uruguay está posicionado como el noveno exportador de carne vacuna del mundo, siendo el sexto exportador mundial de carne bovina congelada y décimo séptimo de carne bovina enfriada.

Estos niveles de exportación son alcanzados debido al importante stock existente, actualmente existen casi 12 millones de bovinos. De acuerdo con datos del INAC, el stock promedio de la última década fue 11,7 millones de cabezas.

Las principales razas son Hereford y Aberdeen Angus, identificadas en el mundo con la carne de calidad. El ganado es clasificado en categorías, de acuerdo a sus atributos productivos, siendo los principales atributos considerados la edad y sexo.

En cuanto a las categorías, la principal categoría son las vacas de cría, seguido de terneros y luego vaquillonas. En los últimos años se está observando un cambio importante en la estructura de edades, pautada por un crecimiento en el stock de animales más jóvenes y una reducción de los adultos.

La faena anual de bovinos en promedio supera los 2,4 millones de animales, alcanzándose en los pasados años el récord histórico. El destino principal de la producción de carne bovina es la exportación, representa el 80 % aproximadamente del total faenado. Por otra parte, ha sido tradicionalmente el principal

producto de exportación de Uruguay. En el año 2021 fue el producto más exportado, con una participación de 21 %, totalizando exportaciones por USD 2.433 millones, totalizando 572.254 toneladas.

Segun (Instituto Nacional de Carnes (INAC), [2023](#)) en el año 2022, se exportaron 533.631 toneladas que representaron USD 2.634,6 millones, los ingresos fueron mayores respecto al año anterior, con un mayor precio, pero con un menor volumen. En materia de precios, el ingreso medio de exportación por tonelada equivalente peso canal para el 2022 fue USD 4.937. Mostrando una variación del 15 % respecto del 2021 que cerró en USD 4.305.

El Uruguay exporta carne bovina enfriada y congelada. Estos productos de exportación, son productos relativamente homogéneos y producidos por una cantidad importante de países, cuentan con precios internacionales. Los precios de la carne bovina enfriada son mayores a los de la carne bovina congelada, lo que deriva en que los mercados demandantes sean generalmente diferentes. La carne enfriada, la de mayor valor, representa algo más del 15 % en el monto exportado de carne bovina, es dirigida a mercados más exigentes con capacidad de adquirir estos cortes de mayor valor.

Las exportaciones corresponde a la faena de animales de distintas categorías, que obedecen a requerimientos de los mercados de destino, y esta condicionado por las características del stock ganadero. A nivel internacional la edad del animal es identificada como un factor clave en el sabor y calidad de la carne de vacuna. En cuanto a las edades, un alto porcentaje de las exportaciones provienen de animales jóvenes, concretamente menores a 2 años. Los animales menores a 1 año representan un 38 % del total, mientras que un 52 % corresponde a animales de entre 1 y 2 años. Respecto a las razas, para el año 2022, el 89 % correspondió a razas carniceras y el 11 % a razas lecheras.

1.2.1. Evolución del peso promedio del ganado

Según el informe de (Uruguay XXI, [2022](#)) sobre el sector ganadero en Uruguay, la ganadería vacuna en el Uruguay, ha mostrado mejoras en materia de productividad a lo largo de la historia, con un importante apoyo institucional por parte del gobierno sumado a la investigación académica y a mayores niveles

de inversión privada. Derivado de distintas acciones se verifican cambios concretos en los resultados alcanzados en el proceso productivo. De acuerdo con (Instituto Nacional de Carnes (INAC), 2023) existe un crecimiento del peso promedio de los bovinos faenados en los últimos quince años, esta tendencia se observa en la mayoría de las categorías. El incremento del peso promedio para este período, se verifica en el peso en la 4ta balanza, siendo de unos 25 kg para novillos, unos 29 kg en vacas y unos 45 kg en vaquillonas (entre 2006 y 2020).

El INAC cuenta con registro histórico de los precios de hacienda del “Novillo Gordo” y “Novillo Campo”. Estos dos conceptos difieren en el sistema productivo, en otras palabras, en que condiciones se mantuvieron durante su permanencia en el establecimiento ganadero.

El precio corresponde al valor contado puesto en frigorífico. Estos precios se expresan en dólares americanos (USD) por kilo en 4ta balanza. Las operaciones con los frigoríficos son canceladas al productor luego de un plazo a contar desde la faena, el “valor contado” surge de descontar el precio considerando el número de días de plazo de pago de cada operación. Por otra parte, “puesto en frigorífico” significa que incluye flete. El indicador “Novillo Gordo” 4ta. balanza corresponde a los novillos de más de 380 kg en pie, de razas carniceras y sus cruza. El “Novillo Gordo” es aquel que fue engordado a corral habilitado por el Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG). El calculo surge como un promedio ponderado de los precios de todas las tropas registradas en el Sistema Electrónico de Información de la Industria Cárnica (SEIIC) de INAC.

El “Novillo Campo”, se calcula bajo los mismos criterios, pero tomando en cuenta el sistema productivo de origen del ganado. El “Novillo Campo” es aquel animal que se alimentó a pasto. El indicador se elaboró con el propósito de reflejar con mayor exactitud los precios de las transacciones de éste tipo de novillo.

De los anuarios estadísticos (Instituto Nacional de Carnes (INAC), 2023), se observa prácticamente para todas las categorías un crecimiento del peso promedio de los bovinos faenados. En su boletín anual (Instituto Nacional de

Carnes (INAC), [2022](#)), se exponen que el peso promedio de los novillos fue 278,4 kg, (superior a los 276,4 kg de 2021). Por el lado de las vaquillonas, se registró un peso promedio de 224,7 kg, (superior a los 223,3 kg de 2021). Para las vacas, se da también un aumento en el peso en 4ta. balanza, pasando de 231,8 kg en 2021 a 233,6 kg en 2022.

1.2.2. Precio ganado

El precio del ganado en Uruguay se encuentra determinado por el precio que pagan los frigoríficos, o sea la industria, al productor dependiendo de la categoría. En términos económicos, el precio esta determinado en el mercado industrial donde intervienen frigoríficos (demandantes) y productores (oferentes).

En primer término, se debe puntualizar que es un mercado oligopólico desde el lado de la demanda, son pocos frigoríficos que faenan en comparación con una cantidad importante de productores que ofrecen ganado para faenar. Este tipo de mercados oligopólicos se caracterizan por tener poder para fijar precios y cantidades, los demandantes tiene poder de compra frente a los oferentes. En otras palabras los oferentes, son tomadores de precios. El precio y las cantidades básicamente son definidas por la industria, y ésta lo define en función del precio internacional y la demanda de los mercados externos.

Por otra parte, el oferente (productor ganadero), percibe al precio como dado, y ajusta sus decisiones en función de sus costo. A su vez, debe considerar otros factores como El las condiciones climáticas, las estaciones del año y la producción de pasto, entre otras, para ajustar la carga de ganado que tiene en su campo. Según (Instituto Nacional de Carnes (INAC), [2023](#)) en nuestro país venimos de años con precios altos, donde el precio del ganado en frigorífico alcanzo un récord histórico en mayo 2022, con USD 5,51 y USD 5,52 por kg en 4ta balanza, para el “Novillo Gordo” “Novillo de Campo”, respectivamente.

El resto del año 2022, mostró que en los meses de junio y agosto de 2022 los precios de hacienda se mantuvieron estables con leve tendencia a la baja, no obstante, a partir del mes de setiembre se produjo un abrupto descenso, cerrando el año con valores de USD 3,81 y USD 3,62 por kg en 4ta balanza, para

el Novillo Gordo y el de Campo, respectivamente. Cayendo a valores inferiores de los que presentaba al inicio de la década que se analiza (enero 2013).

1.3. Sector Forestal

El sector forestal ha adquirido importancia en la economía nacional desde finales del siglo pasado, incrementando la misma en el presente siglo. Existe un hito que genera un crecimiento exponencial, Ley Forestal N° 15.939 de 1987. En la siguiente década, se observó en Uruguay un aumento constante en la plantación de bosques, tanto de pino como de eucalipto, impulsado en parte por la mencionada Ley que fomentaba la actividad mediante exenciones fiscales a los inversores.

Antes de la promulgación de la Ley, en 1987, había menos de 50.000 hectáreas forestadas. En el período comprendido entre 1990 y 2010 el crecimiento promedio anual del área plantada con eucaliptos fue de 28.710 hectáreas por año, mientras que el crecimiento promedio anual fue de 11.123 hectáreas por año en el caso del pino.

El sector forestal en Uruguay abarca diversas actividades que engloban distintas etapas del proceso productivo. En muchas oportunidades se analiza el sector forestal como una cadena con un eslabón o fase primaria, un segundo eslabón industrial y actividades que son conexas en distintas partes de la cadena., se ampliará este concepto en la siguiente sección.

Según (Uruguay XXI, [2023](#)), actualmente en Uruguay existe una superficie de 1,1 millones de hectáreas efectivamente destinadas al uso forestal. Del total del territorio, el 11 % se encuentra forestada: el 6 % son bosques plantados y el 5 % bosque nativo. Dentro de los bosques plantados, el 72 % de la superficie corresponde a plantaciones de eucaliptos, mientras que el 19 % corresponde a pino y 9 % a otras especies. En los últimos años las nuevas plantaciones corresponden a especies de eucaliptos.

La mayoría de las plantaciones se encuentran en suelos designados como prioritarios para la forestación, conocidos como suelos de prioridad forestal.

Sin embargo, en las regiones del sur y centro del país, donde predominan suelos del grupo CONEAT 5 y la mayor parte de éste grupo no son de prioridad forestal, la forestación experimentó un notable crecimiento en los últimos años. Concretamente, los suelos del grupo CONEAT 5 que son de prioridad forestal son el 5.01c y el 5.02^a. Del total del área forestada se estima que el 75 % se encuentra en zonas de prioridad forestal.

De acuerdo con (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, [2023](#)) Uruguay cuenta con cerca de 4 millones de hectáreas de prioridad forestal, tiene forestadas poco más de 1 millón, por lo tanto, existe un 75 % del área aún disponible. Los departamentos con mayor superficie plantada son Rivera, Tacuarembó, Río Negro y Paysandú, seguidos por Cerro Largo, Durazno y Lavalleja. Del total de las hectáreas plantadas, cerca del 85 % corresponde a eucaliptos, y el 15 % restante a plantaciones de pino.

En la actualidad la producción forestal representa aproximadamente el 0,7 % del Producto Interno Bruto (PIB) del país. En lo que va del siglo, el sector ha experimentado un crecimiento constante que se refleja en el aumento de la actividad económica, la generación de empleo y la inversión.

Según (Virginia Morales Dimos, [2023](#)) el crecimiento del sector está relacionado con la expansión de las exportaciones experimentado en las últimas dos décadas. En dicho período las exportaciones del sector forestal registraron un crecimiento significativo, pasando de 5 % del total de exportaciones del país en 2001 a casi el 20 % en 2022. En los últimos años el crecimiento de las exportaciones provenientes del sector fue impulsado por la exportación de celulosa. Concretamente, el crecimiento de las exportaciones de 2022 se debió principalmente a la importante expansión de las ventas de celulosa, aumentaron 22 % y representaron el 75 % del total de exportaciones de este sector.

De acuerdo con (Uruguay XXI, [2023](#)) los productos exportados son los siguientes: madera, productos de madera, celulosa, papel y cartón. En su informe (Centro de Estudios de la Realidad Económica y Social CERES, [2023](#)) analiza las exportaciones del sector en 2022, el total de exportaciones del sector fue de USD 2.480 millones. Dentro de las exportaciones de madera, se puede identificar los siguientes productos: chips de madera, madera en rolo, madera

aserrada y tableros. Es importante destacar que estos productos pueden diferenciarse claramente por el valor agregado en nuestro país, lo que se refleja en el precio acordado. De acuerdo con datos de (Uruguay XXI, [2023](#)), analizando las exportaciones de chips de madera, el precio promedio de colocación de la última década se ubicó en el entorno de los USD 100 la tonelada. Para el caso de rolos, el precio promedio de exportación se ubica en USD 82 la tonelada.

En cuanto a los productos de mayor precio, la madera aserrada, en 2022 alcanzó los USD 675 por tonelada, es uno de los productos que agrega mayor valor a las exportaciones uruguayas del sector. Por último, los tableros de madera en los últimos años fueron exportados a USD 807 la tonelada, mostrando una importante diferencia en materia de valor agregado nacional.

Apéndice 2

Entrevista José Dutra Da Silveira - Productor y Presidente de la Asociación de Silvopastoreo

¿Tú eres productor, de qué zona, desde hace cuanto?

Sí, nosotros somos productores, vamos a decir, pecuarios, ganaderos, de familia, familia de mis padres, mis abuelos, productores de ganadería. Y después hace treinta y algo de años mi padre compró el campo que yo estoy, treinta y poquito, que ya tiene más aptitud forestal.

¿Qué zonas del país son más adecuadas para el silvopastoreo?

Si es que hay alguna. Capaz que el tema, no sé si queda claro, en primera parte, que el silvopastoreo no es lo que comúnmente vemos, sobre todo en esta zona, de forestaciones con ganadería. En esta zona hay mucha forestación y la forestación lo aprovecha cuando el suelo, en estos suelos que son muy aptos y son de prioridad forestal, Aca en Tacuarembó, Rivera, clasificación continental 7, pero cuando agarran un predio y van a forestar, cuando llegan a un 60 % 65 % forestable, es un buen rendimiento.

Entonces te quedan un 40 %, un 35 % que queda campo. Y eso se utiliza como ganadería, porque al no tener una forestación maciza, que el macizo te cubre el suelo, te mata el pasto, en esa área que no hay árboles, pones gana-

dería.

¿Qué diferencia tiene esa situación con el silvopastoreo?

Es una diferencia bastante grande con el silvopastoreo, que en el mismo espacio físico hay un diseño de plantar mucho menos árboles, orientación, manejo esos árboles, tipo de árboles, para en el mismo espacio físico que ponemos el árbol queremos el ganado.

Algo parecido que lo tengo acá atrás (muestra foto). Si ponés silvopastoreo en Google, y te van a dar imágenes, te aparecen muchas imágenes, sobre todo hay muchas de casa. Entonces a partir de ahí,

¿Que zona del país son las más aptas?

Y empezás por las dos patas, que son la producción de pasto para la ganadería y la producción de árbol. La zona del país, te digo. Claro, dentro de la zona del país, para eso, ¿cuáles zonas del país son más ganaderas? Porque van atadas. Entonces normalmente las que son más productoras, para la ganadería son las mejores para tener árbol. Entonces te diría que el silvopastoreo va muy atado, en esta zona que estamos nosotros, es una zona muy apta porque el árbol se desarrolla muy bien. Pero. para la ganadería no es la mejor zona.

Entonces, en ese sentido, el silvopastoreo es bastante más amplio que la forestación maciza, porque vos estás en la forma de incorporar el árbol manteniendo la producción que ya está. Entonces, si la producción ganadera es una zona buena ganadera, y podés buscar la variedad de árbol que funcione en ese suelo, para tener un silvopastoreo. Bien, entonces.

¿Qué tipo de suelos son los que están en esa zona?

Para resumir, son suelos más arenosos, tienen un porcentaje de composición de suelo con mucho más arena.

Y cualquier, la mayoría de los árboles, sobre todo el eucalipto, el pino, lo que necesitan son suelos flojos y drenados, y profundidad. No tanta fertilidad de suelo, que es lo que nos falta. Acá no tiene mucha fertilidad.

Soriano, Colonia, tiene mucha fertilidad, pero son suelos más encharcados, menos drenaje. Entonces, para el árbol no son tan buenos.

En términos de CONEAT, ¿qué tipo de coneat son?

Acá son suelos 7. Los suelos mejores para el árbol en el país son los suelos 7; 7.1, 7.7, 4.2, 7.2, 7.3, 7.7. Todo lo que empiezan con 7, Después los suelos 8 también, los suelos 2, pero están dentro de la prioridad forestal, que eso es un tema también, no menor, ¿no? Porque tener que presentar un proyecto forestal que tiene que ser aprobado, por la Dirección Forestal del MGAP.

Y los suelos, hoy denominados de prioridad forestal, que a veces son, estos por ejemplo son de prioridad y aptitud, y hay unos que no son tan aptos para la forestación. Pero fueron determinados como de prioridad forestal porque no servían, vamos a decir, mucho para otra cosa. O sea que la prioridad forestal es la definición que se le dio y la aptitud es la condición que tiene el suelo.

¿Como son los conceptos de aptitud y prioridad forestal?

La aptitud es que sea apto, que el árbol se desarrolle bien, es cierto, y la prioridad va atado con una reglamentación, que en su momento en la nueva ley forestal del 89 creo que fue, marcó suelos de prioridad forestal.

¿Entorno a estas definiciones tiene comunicación con organismos públicos?

Actualmente, nosotros tenemos ahora intercambios seguidos con el director de Dirección Forestal y su equipo porque queremos diferenciar que los sistemas silvopastoriles no tendrían que ser considerados como un macizo forestal. Por el simple hecho, ese de lo que buscamos, cuando se hizo la ley, mal o bien, si son esos o no los suelos, era no tomar que la forestación se desarrollara en suelos de productividad de otro tipo, para agricultura, pero en una mirada silvopastoril nosotros no buscamos desplazar nada, no es cierto, pero hoy en día nos toman como, nosotros tenemos un promedio máximo de árboles por hectárea de 250 árboles, y de ahí hasta 160, y una forestación para UPM, Montes del Plata, te plantan 1300, 1400 árboles por hectárea me dijiste 260, 250 y otras 130, nosotros tenemos lo que tenemos menos son 160 y lo más es 250 y ahí es el número que tenemos en el esquema silvopastoril, y las forestaciones convencionales depende cuál va a ser, pero para Pulpa Celulosa, Las Pasteras, UPM, Montes del Plata, plantan más de 1200, 1300 hasta 1500 árboles por hectárea, entonces el tema es ahí que no existe entrada de luz, entonces nos muere todo lo que está ahí abajo, es lógico, no somos críticos, o sea, yo hice forestación en los

suelos que tengo en el siglo pastoreo, yo fui forestación convencional plantada por nosotros, y vamos a decir que retrocedimos para atrás, esto es lo que ves aquí con pastura en esta foto, esa foto de ahí era con forestación pura, dejamos venir el pasto natural y plantaron un esquema, un sistema silvopastoril, pero está claro que el tema que el tema de una forestación convencional, que en otro rubro, inclusive la vida, no solo la ganadería, la vida sobre ese suelo, fauna, debajo del tapiz, cambia sensiblemente. Ahora consulta, en un campo del siglo pastoreo, si tuviera que más o menos hacer proporciones de área, porque yo veo que son tres actividades, los árboles, el ganado, pero también está la pastura. El ganado tiene que estar porque si no le dejas pastura, no hay ganado.

¿Qué espacio ocupa cada actividad aproximadamente? ¿Qué espacio sería destinado a árboles? Yo sé que está todo mezclado, ¿no?

Sí, pero nosotros estamos plantando un 20 % del área de árbol, o sea ese es el promedio, ahora estamos haciendo plantaciones en este momento con más área, o sea plantamos dos líneas, dos líneas, a 5 metros dejamos 20 metros libres, dos líneas de árboles a 20 metros, y eso se replica en todo el precio.

¿Entre árbol y árbol?

En esas dos líneas, en la línea, ahí es donde marca la distancia, pero tenemos de 5 metros a 3 metros 20 en la línea. ¿Y ahí es donde llega a los 160 o a los 250. Y después plantamos, cuando plantamos 5 por 5, o sea, las dos paralelas, las dos líneas, como dicen los argentinos, paralelas, a 5 metros y 5 metros en la línea, esos 160. En el momento de plantación, después existe pérdida, son pequeñas, pero existe la posibilidad de tener menos árbol, ¿no? Sí, que algunos no te creen. Se murió la hormiga, el viento te lo quebró, sí, eso pasa también.

Volviendo al tema de las zonas y la prioridad y aptitud forestal. ¿Cual es tu opinión al respecto?

Entonces, el silvopastoreo debería ser prioridad forestal y aptitud forestal, nosotros creemos que el silvopastoreo, como tenés la ganadería, es mucho más amplio. Entonces, diría que tendría que ser para la mayoría de los suelos uruguayos. No sea tanto como la forestación, el macizo, que va por un rubro, que es la producción de ese árbol.

Hay que apuntar a que sea de prioridad, y si cuanto más apto sea, más producción de madera. Al ser silvopastoreo, un campo que no tiene mucha aptitud forestal, ni siquiera prioridad, y puede ser interesante, porque también como le damos más espacio a esos pocos árboles por hectárea y la ganadería, y era buen ganadero, una pata ya la tiene segura del silvopastoreo, porque ya es ganadero y lo tiene bien. Y si le da sombra, abrigo, y hace a lo mejor un manejo de esa implantación buena, puede tener una buena producción de árbol en silvopastoreo, pero nosotros entendemos que el silvopastoreo es para la mayoría de los suelos del Uruguay, porque le da esa otra posibilidad.

¿Qué es lo que te marca la cantidad de árboles a plantar?

No es lo que te marca, ¿qué tomas en cuenta para hacer uno o otro? Más o menos, ¿no? Lo que pasa es que, como tú decías, el silvopastoreo en Argentina, en Misiones, Corrientes, cuentan con opiniones de técnicos, después te vas allá a modelos más caribeños, arrancan en el escenario opuesto. El punto de partida es otro. Es como sacar árboles para volver a pastura. Claro, tiene arbustos, tiene otras variedades, otras pasturas, pero es otro escenario.

Nosotros arrancamos en el escenario opuesto. Tenemos los campos como es Pelado, tala ganadería, tala vaca.

¿Cómo le introducimos el árbol? Sin ofender lo menos posible y si pudiendo potenciar esa ganadería. Hoy en día con bienestar, con confort.

Entonces, eso que decís que te marca y nos marca que el silvopastoreo, es que ese árbol esté bien y que vos mantengas pastura. Mientras mantengas pastura. Ahora, claro, yo puedo plantar un árbol y mientras tenga un metro, tres metros, seis metros, ocho metros de altura, puedo tener pastura.

¿Qué pasa cuando tenga 28 metros, 30 metros de altura?

Y bueno, los desarrollos, las plantaciones silopastores son nuevas. ¿Cómo para sacar conclusiones? Yo nomás, que te digo que si le tuviéramos claro cuál fue, cuál es el distanciamiento, la distribución de esos árboles en el predio, y haríamos uno. Yo tengo 14 modelos diferentes de densidad, de distancia, de orientación.

Porque alguien lo tiene que hacer. Porque los plazos son tan largos, muy sin

conclusión, que alguien tiene que estar haciéndolo y probando. Y en Argentina, que tienen mucho más avance, también. Estamos hablando de que tienen 30 años, 35 años, son dos turnos forestales, no son más de eso. Tampoco en términos forestales. Ahí va, aprovecho de preguntarte eso, porque acá vamos a tener que hacer números, vamos a tener que tirar proyecciones, etc.

Entonces, para el tema de la forestación, ¿qué plazo se piensa el negocio? En esquema de eso estamos hablando de 14, 15 años en el sistema silvopastoril, para sacar madera para cerrado. Puede ser algún proyecto que se haga para pulpa, para papel, pero no es la mirada que nosotros consideramos correcta en un sistema silvopastoril. Yo estaba pensando, esa era una pregunta que tenía, ¿cuál era el destino de la madera? En madera cerrado, exportación de rolos, sino producción de madera estructural, para construcción de muebles, casas, etc.

Todo el manejo de un silvopastoril te obliga, volviendo al esquema, esos pocos árboles forestales, a no tener competidores pares, entonces tienen tendencia a tener unas ramas más gruesas. Lo que hacen es que fotosintetizan más y crecen más, porque tienen más espacio. Verificar eso, un árbol en silvopastoril saca más volumen que un árbol de esos 1.300 que ponían por hectárea.

¿Estimación de cuánto más produce un árbol en silvopastoreo?

Por árbol es muy difícil. Cuando hablamos de una especie, si vamos a una especie, a eucaliptos, también dentro de la especie como el eucaliptos, los mejoramientos genéticos son para pulpa celulosa o para cerrado, entonces ni siquiera el mismo eucalipto, que parece el mismo, no es el mismo, tiene otro. Y el avance que ha tenido, también con los mejoramientos genéticos, sobre todo de las pasteras, he estudiado mucho para sacarle lo más posible a ese árbol, más celulosa a ese árbol. Entonces es bastante diferente. Pero se miden toneladas por hectáreas que podría sacar de madera, estimada por nosotros también, no tenemos modelos de turnos finales en el que es más silvopastoril.

Yo, por ejemplo, en casa lo que hicimos es medir, en un momento se midieron algunos montes, los últimos montes de macizos, es medir los árboles de los orilleros, los camineros, los de borde, porque son un poco más gruesos, por lo mismo, porque se agarran a la luz, y reclutan la masa. Los que están ahí en el medio, los locos, están peleando por la luz. O sea, crisis bastante en altura, pero poco en diámetro, porque están peleando por un espacio físico ahí.

Entonces, nosotros estimamos que los sistemas silvopastoriles tienen que producir anualmente, en estos suelos de prioridad, teníamos que andar en los

15 toneladas de madera anuales, de promedio, al turno final. Anuales, ¿no? Estamos hablando de un turno de 15 por 15 años, tendrían que producir 225 toneladas de madera.

¿Qué tipo de especies son las que se trabajan acá?

Normalmente acá lo que se plantea es con el eucalipto, pero podés hacer sistemas con cualquier especie. Eso depende del productor, y ahí vamos al productor y al suelo, porque también hay suelos, como hablábamos, hay suelos que, por decir algo, en los bajos, en los lugares no tan drenados, más encharcados, más húmedos, hay variedades que funcionan. Acá al norte hay mucho eucalipto y pino también, que lo que ven ustedes en los camiones cuando van para el puerto, ahora lo están llevando.

Pero digo, normalmente es con eucalipto, pero la variedad del silvopastoril le da el chance de nogales, otro tipo de árboles. Y después, vos cortás el eucalipto y te da un rebrote, ¿no? Sí. ¿Da para meterlo eso como análisis, o mejor no...? Ahí el tema es que pasás con los rebrotes, nosotros, en los montes propios, dejamos rebrotar un monte, y nosotros no lo hicimos, seguro.

Pero digo, y las empresas forestales, la mayoría no deja rebrotar, por una simple razón, el rebrote tiene una seguridad de crecimiento, te imaginas que cortan un árbol de 35 metros, tiene un sistema radicular de ese árbol, lo cortás y ese rebrote tiene una polenta, como decir, brutal, tiene un sistema radicular desarrollado de aquel brutal árbol, pero lo entendible de eso es que en los plazos que estamos hablando, en 12, 13 o 15 años, hay un mejoramiento genético que, cuando lo plantea ahora es muy bueno, pero seguramente, apuntando a las grandes empresas, van a estar siguiendo, investigando, y dentro de 15 años, 12, cuando corten este, que para él es muy bueno hoy, seguramente tiene un mejoramiento.

El costo de la cosecha, ¿no? ¿Hay un estimativo? ¿Cómo se piensa? ¿Lo piensan en toneladas o en porcentajes? ¿Es difícil de estimar eso? ¿Tiene algún número más o menos?

Sí, la cosecha hoy en día anda entre 12 y 15 horas por tonelada la cosecha. De cualquier árbol, o sea, no cambia mucho porque la cosecha anda por ahí. Sí que en ese momento, yo puntualmente vendí cinco montes propios en casa

ahí, y no asumimos la cosecha, o sea, se vendieron en pie, como se dice, se hizo el cálculo, se hizo el inventario, yo golpeé los árboles que quieran, saquen las medidas, asegúrense, pero después se hizo en pie la venta en monte, sí.

Pero la cosecha anda por ahí. ¿los costos fuertes los tienen en el momento de plantar? En el esquema nuestro, o madera para cerrado, tenés que manejar el árbol en el momento de plantar y después el manejo del árbol, el manejo de podas, podarle todas las ramas que el árbol quede sin tronco, para cuando van tus muebles, no tenga los nudos, los puntos negros de los muebles, cuanto la madera menos nudo, más calidad tiene, y para eso tenés que podarlo.

¿Y la poda esa se hace anualmente? ¿Con qué frecuencia se hace?

Sí, se hace, nosotros la empezamos a hacer más específica y la hacemos más próxima a la plantación, porque los crecimientos, volvemos a lo mismo, los crecimientos son buenos, entonces se podan, a partir del año y medio del árbol, de los 18 meses, se podan, te diría cada 8 meses se va interviniendo hasta los 3, 3 años y medio que se llega a los 6 metros.

¿Y ahí ya no lo podás más?

Y bueno, es una pregunta interesantísima, todos me dicen lo mismo, como no hay experiencia, nosotros ya podamos los montes casi todos a 6 metros, y bueno, te va a pedir el monte, porque con el desarrollo que va a tener, los árboles más solos, entonces hay un proceso, tenés que manejarlo, porque hasta 6 metros se podan, las primeras podas se hacen todas con cerruchos de piedra, después con escaleras, y hasta 6 metros con escaleras, escaleras de 5 metros que no, te digo, a mí me da vértigo ya, pero a partir de los 6 metros ya una poda bastante más compleja, porque ya tenía que ser con elevadores eléctricos, o sea, tenés que evaluar, porque tampoco te sirve después de 6 metros, podás dar 1 metro, o hasta 6 metros, los containers vienen en 6 metros, entonces sacás trozas que entran, ahora sí después tenés que por lo menos 2 metros 50 más, de los 6 metros, y para sacarse de metro como estamos nosotros, tenés que irte a 6 metros 50, 6 metros 70, creo que estamos podando nosotros, porque tenemos una pérdida de alto cone ahí abajo, entonces tenés que irte a una poda, lo otro tenés que irte de los 6 metros 70 a los 9 metros, 9 metros y medio, entonces es para evaluar, hoy en día lo tenemos ahí, no sabemos si va a ser eso. Y te hago otra pregunta, con este tipo de madera para cerrado, ¿hay precios de referencia más o menos? Eso es difícilísimo. Sí, ¿no? Eso es lindísimo, pero digo, yo vivo,

no sé si la palabra es peligrosa, digo, nos conocemos, pero la información del sector forestal es la más negada.

Ah, claro. Si vos vas a buscar ahora que andás en publicaciones, en programas radiales, vas a encontrar de todo lo que sale del campo, de la lechuga, el huevo, la zanahoria, la vaca, la lana, el arroz, la papa, ahora de forestación, nada, cuando van a excluirme somos un sector egoísta, las empresas, por distintas razones se desarrolló la forestación acá en Uruguay con grandes empresas. Sí, claro, las empresas son, hay que dar informaciones, son muy cautivas las informaciones de ellas, no la dan, hay muy poca información, pero hasta de cómo plantar, eso no me llama la atención un poquito en el rubro, porque los que estamos diciendo, pero si la gente sabe plantar o no, no hay información.

Y hay modelos que, no sé si, pero entrando al sector forestal, también hay pasteras que son de arrendamiento, te arriendan en el campo y te plantan ellos, entonces no hay un proceso de desarrollo forestal particular, es muy escaso, nosotros lo hicimos, pero acá en Tacuarembó que estamos en una zona forestal, particulares son medio de la mano, o sea, son todas empresas, entonces eso hace que hay muy poca información y de mercado y de precio es tal vez más difícil también llegar a los valores de mercado. Nosotros estamos armando unas cartillas de información ahí, recabando y con un técnico para tener referencia, porque nos parece importante. Te hago alguna pregunta, como es, de la pastura más bien y todo eso, que es un buen tema, que yo por lo que leí le llaman a las tesis componente aguacio, pero más bien la pastura, ¿no? ¿Estamos hablando siempre de praga, de campo natural? En la mayoría campo natural, puede haber alguna implantación de pastura, inclusive se están probando ahí en casa también con el INE, la investigación, pasturas adaptadas a media sombra, con esta sombra que te da el árbol a veces, después tenés sol pleno y el árbol, pastura crece, se desarrolla mejor ahí, pero la mayoría de los emprendimientos son en pasturas naturales.

Y yo una pregunta, capaz que esto es bien de ignorante y no seamos muy del campo, pero vos tenés, estamos hablando de pastura, no quiero decir que todo el campo tenga pastura, porque capaz que hay una parte donde hay mucha sombra o hay algo que no, ¿qué porcentaje se podría tener de pastura en un esquema silvopastoril este que estamos hablando? ¿Las dos filas? O si hay mucha sombra provocada por la plantación silvopastoril. Ahí va, por el árbol capaz que hay algo. En principio nosotros buscamos el 100 % de pastura, tiene

que haber pastura del 100 % en principio, pero vamos, como te decía, con el desarrollo del árbol que ahí nos empieza a dejar a nosotros mismos, cuál es el ordenamiento, cuál es el manejo adecuado de ese árbol, cuál es la distancia, cuál es la densidad, la orientación es importante de esas líneas que hacemos, si son norte, sur, oeste, oeste, por la entrada del sol en esos callejones como llamamos para que fotosintetice mejor la pastura.

Entonces el proceso de poda, por un lado te favorece mucho la pastura porque deja entrar luz, pero las podas finales del árbol más desarrollado, este que estamos hablando de los 4 metros ahí, lo que cae en el suelo también es una rama que está buena porque no está arriba, porque no te hace sombra, pero hay que caer en el suelo hasta que no se descompone, está buscando nada, esa rama ataja al crecimiento de esa pastura en ese lugar. Hay todo un proceso. Por otro lado, yo digo siempre, está buena la sombra y el abrigo, pero si la vaca hablara, si te pongo sombra y abrigo, como es el macizo forestal, y te saco la comida, si hablaras te haría un piquete, déjame la intemperie, pero no me saque la comida.

Entonces esto es lo mismo, pero por otro lado también hay mediciones, ya está la investigación, nosotros hacemos mucho con el pesaje de ganado, el efecto de la sombra en verano, acá en el norte es muy duro, el año pasado en enero tuvimos temperaturas de 43 grados, el ganado está jadeando, como decimos en Anguada, afuera con agua, por el calor, entonces el tener esa sombra, como decimos en el lugar que tiene la comida, ya el ganado tiene otro comportamiento, y lo mismo en invierno, todavía frío en invierno, el ganado ahí corre, le ataja mucho más el viento, entonces tenemos diferencias a favor de los sistemas geopastoriles frente al sol pleno, le llamamos, por el confort del ganado, algunas diferencias de kilogramos a favor, y también hay mediciones en el porcentaje de preñez de las vacas, hay que seguir, pero hay un proceso de investigación que está bueno, se ha sumado, está bueno, pero sí, nosotros pensemos que siempre va a haber una competencia de ese árbol por la pastura, pero hay que evaluar lo otro, hay mediciones también que la pastura en los sistemas geopastoriles tiene más proteína, más proteica, entonces el animal con comer menos pastura tiene el mismo comportamiento que la que comen, entonces todo eso, y después el número de árboles por hectárea, estamos en esa búsqueda, esto es un proceso a recorrer. El componente de pastura, o sea,

no te genera ningún ingreso, no es que hubo importe, no te da para la planta. En ese mes, se le pone ganado libremente al año y medio, en ese año y medio, para que no rompa los árboles que están en desarrollo, se le puede poner ganado, como le llamamos, a los 20 metros, atajando con el arbre eléctrico de lo que ponemos en el estambo, eso sí se pone, y si no va a ser, porque hacen un desarrollo, hacen fardos, pero lo que hace es hacer fardos, normalmente el productor no lo hace para vender, lo hace para uso propio, de que no pudo echar el ganado allí y quiere comer esa pastura, pero normalmente por pastura en Argentina se hacen algunos cultivos en esos 20 metros, maíz y otras cosas, pero acá no hay desarrollo de cultivo en el silo pastoreo.

Vamos al componente animal. ¿En Uruguay solo se hace silvopastoreo con ganado vacuno?

No, y lanares, se puede hacer con lanares también, con ovejas, con lanares, con ovinos, yo particularmente no tengo ovino, no tenía de antes, no es que no tenga un silo pastoreo, no lo tenía de antes, pero se puede manejar muy bien con ovino. Y en cuanto a ganado o a culo, ¿qué raza? Bueno, yo también, la raza es como, ahí volvemos a la raza que tenga el productor en su campo, por eso digo, el silbo pastoreo puede ser muy bien, el silbo pastoreo no lo va a hacer mejor productor, como digo siempre, o sea lo puede llevar con confort, si yo soy un mal productor ganadero con silbo pastoreo, voy a ser un mal productor ganadero con árbol, pero no me va a hacer un buen productor ganadero, entonces, si ese productor anteriormente tenía una ganadería que ya conoce su campo y era adaptada y era mejor la Aberdinangus, Bradford, Hereford, tenía ahí, nosotros estamos trabajando, estamos tan interesados en hacer el estampo de poner silbo pastoreo, eso agregarle, como decimos, no es modificar nada de eso, sino como agregarle árbol a esa ganadería que ya está, que funciona, y bueno, sea la que tenga el productor anteriormente. Justo te iba a preguntar eso, si eras solo mal productor de carne, ya me contestaste que no.

O sea, nos parece interesante, los lecheros tienen mucho problema, sobre todo en verano, con las temperaturas altas, y bueno, ya hay en Canelones algunas reuniones con ellos para buscar nosotros lo podemos hacer con la sociedad, apoyos, de vender lo que podamos, pero sí, hay interés. Y si vamos a

la producción de carne, yo, sin ser de palo, cada uno tiene un nicho, hay gente que cría ganado como de Tora, y lo lleva hasta ahí, y hay otros que lo agarran a una parte del sitio, le menden kilo y lo venden. Tal cual, a mí se les llama ciclo completo, los que tienen la vaca, le ponen el toro para ese ternero, y ese ternero lo termina, que si es hembra pasa a ser a producción también como madre, cuando llega la época de gestarse, y el macho lo engorda y lo venden al frigorífico.

Es un ciclo completo. Después hay intermedios, o sea, el que recría, que compra el ternero ya lo compró, y lo tiene dos años y lo vende a otro que lo termina, hoy en día están los filotes que terminan filotes, se llaman filotes, no son filotes, pero digo, terminación a corrales, que lo tienen cien días y te lo terminan ahí. Sí, después hay intermedios, hay mucho.

Y en tu caso, ¿a qué te dedicas?

Nosotros le llamamos un ciclo incompleto abierto, o sea, nosotros no terminamos los novillos, la hembra la entoramos, el pare los terneros, y el novillo se vende a terminación a corral antes del segundo invierno, ahí se vende, pero lo llamamos abierto porque también ahí se compra ganado, se introduce, no es un ciclo cerrado, solo que se produce ahí, después se compra.

Y después, más o menos, habíamos hablado de los 160 árboles y los 200 menos, ¿en cuánto han ganado? ¿Cómo se mide? ¿Por cabeza? ¿Por kilos? ¿Cuánto le ponés por hectárea?

Bueno, el promedio del país de ganancia está en los 90 kilos, o sea, lo que producís de un año lo que podés meter de kilos es el promedio del país. Después, como te digo, podés ver un productor muy por debajo del promedio, mal productor, por los suelos, lo que fuera, pero en términos, si vas a sacar un cálculo de ingreso de kilos de carne producido por hectárea por año.

¿Y eso en sirvopastoreo?

Eso en condiciones sin sirvopastoreo, consideramos que el sirvopastoreo tiene que seguir produciendo lo mismo. O sea, ¿no te cambia? No tendría que cambiar. Eso, ya digo, nosotros hasta ahora no hemos cambiado.

Los árboles nuestros, los silvopastoreos más viejos están cumpliendo 7 años. Tenemos una duda de cómo se comportan a futuro. ¿Y bichos? Si tengo 100 hectáreas, ¿cuántos bichos puedo tener? ¿Cómo haces ese cálculo? Bueno, eso se calcula realmente en la unidad de ganadera.

En Uruguay una unidad de ganadera es un animal de una vaca de 380 kilos. Es una unidad de ganadera.

Entonces el que pesa la mitad es media unidad de ganadera. Y en promedio, el país creo que está en 0.8 unidad de ganadera. O sea, en 380, ¿no? Sería 380 por 0.8. Serían unos 300 kilos por hectárea que se maneja de kilos. Esos 300 kilos anualmente te tienen que poner los 90 kilos por hectárea. Si, por ejemplo, tenés una vaca de gestación, claro, ella no te va a meter porque está gestando, pero el ternero en promedio normalmente produce unos 90 kilos de ternero, ¿no? De producción de gestación de ternero. Y te digo, dijimos que eran los 14 años más o menos, entre 12 y 14, a veces 15, lo de la forestación.

Eso es un ciclo de la forestación, ¿no? Y un ciclo de las vacas, ¿cómo lo podemos decir? En el caso, si nos ajustamos a un ejemplo como el tuyo. Decir, bueno, hay algunas que siguen, ¿entendés? Claro, los machos, lo que pasa es que lo que te cambia el ciclo de la vaca es qué explotación estás haciendo. El macho más de 4 años, ya no, a los 3 años nos queda más en el campo.

El novillo, ¿no? Más de 3 años, no. La hembra lo que pasa es que pasa a régimen de producir hasta que pueda, hasta que sea veterana, vamos a decir, que se lo van mirando la boca normalmente. Pero produce hasta los 8 años una vaca, ¿no? A partir de ahí ya termina, a vaca invernada, lo que se dice, se engorda y se vende también.

¿Y la primer cría cuándo la tiene?

La primer cría la tiene, o sea, se entora normalmente en un entore de 2 años que la tiene a los 3 años. ¿No? ¿Y después de entorar todos los años? Y después de entorar todos los años, no, quiere decir que se preñe. Se preñe, pero igualmente acá podríamos tener más tasa de preñez que si no tuviera los árboles.

Bueno. Eso es lo que hay algunas mediciones que sí, que hay más, y los ca-

lores como las preñezques. Los entores se dan ahora en noviembre, diciembre, enero, febrero, en pleno verano.

Las temperaturas altas y mide a veces la ovulación de la vaca y entonces el cibo-pastoreo le contribuye a eso. No, por eso digo, para mí, tengo una cosa de intuiciones, me parece que todas esas cosas a favor del cibo-pastoreo lo que hacen es atenuar que va a tener menos pastura en algún momento, que el árbol le está haciendo alguna competencia a la pastura, esa pastura tiene más proteína, de animal necesita comer menos volumen para mantener la energía del cuerpo, o por calor, o por frío, le ayuda, entonces no va a producir más y si conseguimos con todo eso seguir hacemos un silvopastoreo muy interesante que para mí es la primera mirada, después también, queremos mirar el árbol como algo no sombra y abrigo y no importa si el árbol es torcido o derecho, queremos tener de esos pocos árboles los mejores árboles y que pasturen también. Seguro.

El destino de la producción es ya me dijiste, los terneros son para finalizar lo que lo finalice otro, las vacas cuando dejan de como es, ya pasan a ser viejas Sí, ahí se engordan y se venden las figuras. Ahí sí tenés precios fáciles de conseguir, ¿no? Sí, en ganadería tenés todo, no vas a tener los árboles, en ganadería tenés de todo en todo el momento, en toda la vida del animal. Y después, en la vida del animal vos no repones suponete, vos te manejas vos no traes los únicos animales que compras que es un toro ese o... No, no, no, yo compro, podría decir que es abierto, particularmente en el sur es abierto, en esta época nosotros compramos porque ahí vamos a otro tema que estos suelos estivales, esto que estamos nosotros con Tahuarenbo arenoso son esos, son estivales, tienen una producción de pastura natural a partir de ahora y hasta mediados de abril muy buena y de mediados de abril hasta septiembre muy baja, casi nula.

Entonces acompañamos con eso, en esta época lo que hacemos es subir la carga, como dices, aumentar los kilos de animales, la dotación, la unidad de ganadería proletaria y sabiendo que a abril hay que bajarlo. Viste, yo había pensado al revés, una cosa que te iba a preguntar es que en invierno no tenés casi pasto, está complicado más que ahí le das de comida, vos regulás por la cantidad de bichos y se incorpora el ganado ahora Sí, ahora estamos en plena... pero eso es muy particular por eso digo que es muy... todo el mundo te dice, ¿por qué no estás comprando pepe porque te subió el ganado? Yo nunca sé cuándo está alto, cuándo está bajo, es intuición lo que sí sé es cuándo el

campo me produce pasto y no me produce, entonces en el momento que te bajas Más o menos esa subida en la dotación, en la carga Más o menos, ¿qué porcentaje? Porcentaje de... Por ejemplo, voy a comprar, tengo 100 o 1000, ¿cuántos compro? Pasamos de un 60 % tenemos el 100 % alcanzamos el 100 % y bajamos un 60 % en abril y ahora volvemos al 100 % Lo que pasa es que ahí entramos, te voy a complicar la vida porque yo lo que hago también es... Sí, te voy a complicar, porque yo pastura naturale pero lo que hacemos es pastoreo racional voisin, capaz que nunca escuchaste ese pastoreo rotativo, racional. Todos los días T tenemos en el predio y en el silvopastoreo el 80 % se maneja así. Son parcelas de una hectárea y media a dos hectáreas o manzanas cuando son grandes y ahí hay 250 animales comen en ese lugar, y se cambian todos los días en parcelas, vuelven a los 60 días o a los 100 días a esa parcela. Esto te aumenta mucho la carga también en sentido común

Es un manejo muy profesional, ¿no? Porque tenés que dar en claro cómo fuiste. No, no, está claro. Y ese cambio no es sincronizado. Tenés que ir, por eso es racional, a la parcela que está mejor, que a veces te llama la atención porque decís, bueno, si comí esta y hace 60 días aquella, y no, aquella, por distintas razones, la mejor es la que la comiste a los 40, implica un seguimiento de la parcela.

Sí, sí, sí, eso es fundamental, el seguimiento de la parcela. Nosotros tenemos 290 parcelas.

Ahora se manejan 4 lotes, después se empieza a aumentar, en realidad manejamos hasta 6, 7, 8 lotes. Se cambian todos los días. Los cambios son relativamente fáciles.

Son rodeos de 250 animales, pero se hacen fáciles porque decimos nosotros que se cambian de adelante los ganados, vos estás echando a una parcela, a un potrero, que hace 60 días, 70, no tiene nada. Y el animal sabe. Entonces cuando el otro día de mañana, lo ponés a horas de mañana, él se pone a comer.

Y cuando el muchacho va, el que va a hacer el cambio de la mañana, ya sabe que lo va a llevar a otra, entonces le abre la cabeza y salen atrás de él. Entonces los cambios son relativamente fáciles. Pero lo que vos es que eso, te aumenta mucho la producción, la carga, la cantidad de cabezas por hectárea, y la producción de lo que te decían los 90 kilos, te vas a dos veces y media más de producción de carne por hectárea, ¿no? Y una consulta.

Vos en la ganadería, ¿no? Vos tenés... Ponés el lote que te va quedando, ¿no? Comprás y vendés. Pero los que se van quedando estables, ¿qué costo

tenés?

¿Tenés costo veterinario todos los años? ¿Cómo? ¿Anual? Sí. Sí.

Nosotros tenemos un costo por cabeza de unos, están entre 8 y 11 dólares, unos 10 dólares por animal. Lo que hacemos es sanidad con ellos. Después hay alrededor de unos 12 dólares de mano de obra, vinculado al establecimiento. Pero sanidad directamente con ellos es eso. ¿Por cada bicho en 12 dólares? Sí, por cada bicho. Por cada animal.

Y otra pregunta media genérica que tenía, ¿no? Porque vos cuando tenés el pastoreo, ¿no? Ya tenés que tener como un manejo un poco más... Me parece a mí, ¿no? Capaz que estoy diciendo algo que no es así. Pero un manejo un poco como más profesional, ¿no? Porque no es tan fácil la gestión, ¿no? Tenés que estar planificando cuándo vas a probar, cuándo vas a comprar los animales. O sea, capaz que no todos los productores tienen esa capacidad, ¿no? No, no.

Ese es un cuello que te he ya... Ahí va. Entonces vos necesitás, y capaz que no tenés ni un técnico ese para manejar todo. Capaz que tenés que tener un técnico, un asesor en la parte larga.

Sí. Sí. Sí.

Sí. La parte ganadera, por eso digo, partimos de la base que vamos a este establecimiento que ya es ganadero, ¿no? Ahí va. Así que partimos de la base que ese no es... Nos estamos complicando la vida para instalar un sistema de seguridad, porque... Ya sabes.

Volviendo acá en el río... Son ganaderos. Ya tienen la ganadería, sea lechera, sea lo que fuere, la producción que está sacando, o vino con lana. El productor ya tiene.

Es como lo que le rompe el esquema, es cierto, porque llama la atención, pero no tienen ni idea, es de plantar árboles, manejar árboles. Que no tienen ningún... Cosa extraña, pero sí que no... Y ahí el tema pasa a ser bastante. Falta de información, hay mucha confusión. O sea, eso que decía, se le llama silvopastoreo, a lo que no es.

Ya tuve ganado allá, en un monte de UPM. Le sobró campo a UPM, desperdicio forestal, y era interesante para la ganadería, pero no es un esquema diseñado a que vos en el mismo espacio podés tener las dos cosas. Entonces, sí lo hay.

Y lo que pasa es que cuando vas a profesionales, no hay ni... Ahora se está largando el curso de silvopastoreo, después la fundación de subsilvo, y esto de la sociedad. Pero no hay profesionales en silvopastoreo. No.

Porque podemos lo mismo, vos cuando plantás un silvopastoreo, estás manejando el árbol, pero el árbol lo tenés que manejar por el árbol y por la ganadería que está. ¿No? Nunca... Yo siempre digo cuando... Entonces, ¿cuál es la tendencia de un productor? Y lo bien que hace, entre comillas, ¿no? Que es hablar con un forestal. El forestal le dice, pero no, tenés que plantar 200 árboles por hectárea.

Vos sos loco. Plantá 800. Entonces el tipo se agarra un peludo y no sabía de algo.

Va al árbol y dice, pero con 200 árboles no vas a tener ni árboles. ¿No? Y eso es... Te digo porque yo cada más semanalmente, tengo visitas, la verdad. Y ahora nomás es jueves y son productores que van, y te dicen... Y esa es la pregunta, que te dicen, pues yo estuve con un... Y yo te digo a vos lo que te dijo ese forestal.

Que no es que tenés que plantar más árboles, que tenés más poder de selección. Y es todo cierto. En vez de decir vos, para cualquier rubro, en vez de arrancar de 250 árboles, que dejás 150 en el turno final, de árboles, o de papas fritas, o de autos, que vas a arrancar de mil autos para recibir 150, el poder de selección es mayor.

Sí, pero no vas a tener pastura. Entonces es relevante. Me quedan dos preguntas en cuanto al diseño.

Vos me dijiste que estabas probando, pero que había de norte a sur, ¿no? Y después de este o este. Sí. O más o menos.

Sí. Y vos ahí lo que estabas viendo, ¿cómo proyecta la sombra? La entrada del sol. El sol tenía tanta actitud en la inclinación hacia el norte, ¿no? Entonces, y sobre todo en invierno, que baja, se arco mucho más.

Te digo yo, en el año 2015, ese primer silbo, por eso digo, si faltará información y si estarán chamboneando, y si estaremos chamboneando los que nos creemos, que sabemos, ¿no? Y me pongo en primer lugar. Ante todo, este o este. Porque leían en Argentina que la orientación está ahí en Misiones, ahí arriba.

Pero están en otra latitud y después no. La verdad que ahora nosotros no respetamos la orientación desde el punto cardinal, lo que hacemos es que tenemos más cuidado. Porque ahí viene otra cosa, el manejo en las plantaciones es un tema también.

¿Cómo plantar?

O sea, cuando vas a plantar ese árbol, ¿qué preparación querés darle al

suelo? Cuando es una forestación, ¿cómo decís? No, volvemos a lo mismo. Dicen, no, pero el árbol, para que se crezca bien y se desarrolle, tenés que prepararle bien la tierra y matar toda la competencia, la maleza, la pastura de la vuelta. Está bien, pero un esquema silvopastoril, eso no.

La maleza, ¿cómo le llaman para nosotros? No es maleza, es pasto que tiene tanto valor porque es el alimento de esa vaca, de ese ternero. Entonces, esa mirada es cómo preparar el árbol, estos pocos árboles, entre comillas, y en el lugar que pongo el árbol. Entonces, con menos agresión al suelo, ahí tenemos, nosotros ahora estamos muy cerca de, por eso yo tendría otro agregado en los valores, la carne carbono neutra, o sea, en estos esquemas silvopastoriles, la carne producida, están observadas hoy las emisiones de la vaca, del metano producido en fermentación entérica, que es compensada en el mismo pase por esos árboles que están capturando el dióxido de carbono equivalente.

Entonces, y por otra parte, los bonos, los famosos bonos de carbono, poder vender, hay de puro, vender. Y eso nosotros estamos en casa ahí, con Agustín y Tamuzo, muy cercanos, nos ha costado bastante, pero queremos llegar en un sistema cibopastorial que no lo alcanzan los masís. La famosa palabra adicionalidad.

O sea, que los masís no tienen ningún tipo de certificado de carbono, nada. Certificado es muy difícil, solo porque una palabra elemental es la adicionalidad. ¿Cuánta adicionalidad? Y la adicionalidad está dada porque vender los bonos justifica, para resumir el tema, ese dinero que te va a entrar por venta del daire puro de los bonos que comprobaste, que secuestraste y decidiste porque eso pasa por auditoría, verificaciones, certificación.

Ese dinero justificaba el negocio, si no el negocio era duro. Y en una industria que me monté en planta, ¿Negocio duro eso? La folietación que está, las plantas, estamos hablando de plantas de tres mil millones de dólares, el negocio está cerrado, no es necesario eso. Si puede ser un monte plantado en un negocio que se mina, la extracción de ese monte, de ese particular, de un macizo y bueno, no está asociado ninguna de estas plantas, le hará, vale la pena entrar, pasar una zarja, todo eso da adicionalidad.

Y la adicionalidad decimos, pastor, ¿cuál es eso que te estoy diciendo? No sabemos a quién lo va a vender, no sabemos la distancia, no hay prueba, tenemos la fortaleza que del lado de los macizos y después dicen que eso no funciona, en ese sentido no hacen un favor, es una adicionalidad, una fortaleza. Y lo otro que te pregunto es, porque tampoco tenemos un manejo común de

la forestación, porque imagínate la forestación planta mil trescientos árboles y deben tener una tasa de árboles que plantan y no crecen tantas, o sea, un tanto porcentaje, pero en estas dos hileras de la forma del siglo XIV es menor la tasa. ¿De mortandad? Sí.

Sí, y la verdad que no sé, ahí me mataste, capaz que no. ¿No? No, ¿por qué? Porque la de ellos puede haber una porcompetencia, pero ya tienen todo calculado eso y ya digo, toda la preparación de combate de hormigas, todo eso está hecho para que el árbol crezca. Para que el árbol crezca.

En el nuestro si se quiere, y bueno, nosotros sí, va a estar para el herbicida que se echa, para que no haya pastura, para que compiten con el árbol. Está, es todo el predio vinculado a esa producción que es lo que crece. Y no es tanto en el siglo XIV, no.

O sea, nosotros no queremos ese semántico, pero no queremos matarle ni la mulita, ni el tatú, ni el que queden con la cueva, porque pasa por ahí. Queremos que los suelos sigan siendo para otras generaciones. Pasa por otro, claro.

También eso habría que buscar la forma de ver como, si se puede recoger el suelo de una manera, que fue difícilísimo. Y que no es lo mismo, me imagino, que el suelo o el amanejo del campo después de tener otra actitud a futuro, que si yo le pongo 1300 árboles... yo no lo tengo. Yo volví para atrás por eso, porque perdí suelo.

El suelo mío estaba en el frente tuyo ahí, por eso tenés marrón las playas, no tengas duda. Desde acá, o sea, desde los campos uruguayos que van al río Negro, río Negro, río Uruguay, río Negro, río La Plata, llegando a Piliópolis, punta del Este, ojalá no llegue, pero digo, ¿por qué empiezan a quedar marrones? O sea, el suelo que se va, y el suelo se va, eso te decía acá, son muy poco fértiles, muy arenosos, y la materia orgánica está ahí. Cuando la movemos, se muere el tapiz que es lo que mantiene la erosión, la pastura, cuando nos mandamos, eso... Claro, el árbol tiene una raíz pivotante que mide 8 metros, 6 metros, ¿no? Va a descubrir, o sea, al forestal, y no te voy a dejar, pero es la realidad.

Yo por eso planté lo nuestro, como yo digo, tiro al blanco, era seguir siendo forestal. Yo estoy en el suelo 7273, de los mayores productores forestales, estoy a 1.500 metros de la ruta, que es un tema donde saca la madera, o sea, si ya había hecho forestación propia y había matado la pastura, bueno, pero, eso es lo que hicieron para mis hijos, para tus hijos, por ejemplo, y, con las generaciones es, todo vale, me parece que hay otros modelos que podemos también ser muy rentables, si no son rentables ningún modelo va a proteger.

Pueden ser muy rentables, como digo, manejo de la ganadería con el rodón racional, menos árboles, pero buscar otros mercados, apostar a los bonos, y bueno, y sentirse, che, está bueno, estoy en un suelo, pero lo voy a sacar suelca, lo puedo dejar igual o mejor para otras generaciones, y eso, por ahí, me parece, siendo rentable, si no son rentables, no hay tutía, no hay tutía, ahí sí pasamos, son birds.

Sí, es más, más para atrás, me parece. No, no, está igual. Está bien.

Bueno, más o menos por ahí creo que... No, encantado, y te dejo una picando ahí, estamos en esa, te digo para eso Durante un año, cartas..., ¿sabés? Una carta de ministerios, ¿sabés? Durante un año, cartas, que dicen cartas civilizations y porviven de Sí, sí. Por eso. Entonces, sí, sí, ahí vuelvo a lo mismo que a la vaca, por eso digo, cualquier rubro del país, cualquier mueble, cualquier cosa, buscamos un mercado libre y tiene, se vende en cualquier etapa de la vida, comparativamente a la ganadería.

La vaca la vendemos, si entrás en un remate por pantalla de esto, buscás plaza rural, googleás ahí, se vende la vaca preñada, o sea, si le echó el toro ya la vendemos. Se vende como pieza de cría, o sea, cuando pare, cuando está ahí tomando, se vende. Se desteta, se vende la vaca por un lado, buscás el mismo remate, vaca invernada, ternero, se vende el novillo un año o dos años, o sea, si querés, como productor, podes esperar, no vender nada de eso y esperar el turno final del novillo, como te decía, y engordarlo, y la vaca lo mismo, que voy quedando con los terneros y los vendo con los terneros.

Pero tenés la posibilidad, y eso es lo que yo digo que tiene que haber en la producción de madera. O sea, que el productor, si quiere esperar, y lo bien que hace, al turno final, a voltear los árboles a los 15 años, y lo vende, y capaz que lo más adecuado, pero tenga la chance, y a lo mejor al año, a los seis meses, o a los cuatro, o a los cinco, porque les salió un negocio pegado, porque se va de viaje, la posibilidad de vender. Y por otro lado, bueno, pero dicen, bueno, pero ese mercado no lo hay.

No, claro, si nadie lo hizo, no lo hay. Pero por otro lado, hay que tener la seguridad, a quien lo pueda contratar, seguramente la figura de inversor, un citadino, un abogado, o sea, y bueno, tenga la seguridad, te diría que hoy que hay inversión en ganadería, es mucho más seguro que en ganadería. No es mortal.

Esa oportunidad sea del dueño del monte hasta que... Claro, el monte queda en el imperio, ¿no? Seguro, sí, sí. Pero eso es en la forestadora, o sea, no estoy

haciendo nada, hacerlo en pequeña escala, eso es en la grande forestadora. Uy, ya se vendió alumen de una empresa a otra, cuarenta y cuatrocientos millones de dólares.

La forestadora, ¿qué hacen? Te plantan tus predios, que te decían, en medianería, y tiran el árbol, te hacen dos turnos a veinticuatro años, por doce años, se los ploto y vuelve a ser, te planta vuelta y vuelve a ser mío. Pero que sea a nivel y facilita eso, o sea, que pueda tener ingreso en cualquier etapa de la vida, ¿no? Te sigue generando, si tenés beneficio de la ganadería, la sombra y el abrigo de ese ganadero, pero el árbol lo vendiste porque... Como cualquier cosa, porque lo vendiste. Como una vaca pañal, pero ¿cómo vas a vender una vaca pañal? Y el árbol pasa lo mismo que haya, que haya esa posibilidad, como digo.

Y honestamente, yo que estoy en ganadería y en todos los árboles, es mucho más seguro, es un bicho que no se escapa, no se muere, y el que se muere tiene el seguro. En la ganadería tenés todo lo otro, que te lo cambian, te lo llevan, porque después existe todo eso. Pero entonces eso, económicamente, también le deja otro margen y otra perspectiva al productor, ¿no es cierto? Sí, sí, le da otra seguridad, ¿no? Claro, seguridad y posibilidad.

Nosotros estamos haciendo uno que ya les plantamos y la posibilidad de ellos ya al año es vender el monte a 500, 600 dólares por hectárea, ¿no? De lo que ellos plantaron, lo que plantamos nosotros, que no gastaron nada. Pero como decimos, te conviene quedarte con el monte, porque tenés la chance ya de venderlo. Pero me parece que eso, en la economía del productor, le cambia bastante, ¿no? Sabiendo que ya tiene un producto vendible del momento que lo plantó.

Sí, es fundamental, cualquier cosa que vos la puedas vender es importantísimo. Tener un mercado. Lo normal es decir, yo tengo la ganadería y tengo una jubilación a 15 años.

Sí puede ser, pero no es jubilación, es un negocio, un paseo al año. Exactamente, entonces cambia sensiblemente. Bueno, impecable, José.

Vos me vas a surgir mucho más dudas ahora que antes. Obvio, si recién te las buscabas. No, está bueno, pero ya te dije, ahí en las charlas, no sé si viste, que están bastante explicativas.

Ahí hay una de línea, incluso hay un brasileño que hablaba. En realidad, no sé si acá, pero un brasileño que hablaba del tema. Sí, sí, hay bastante más cosas ahora y ayudan bastante a la comprensión de eso ya dijo.

Nosotros vendimos varios montes, los propios, y los números, los ingresos anuales de la forestación son bastante superiores al mismo que estaría tenerlo con ganadería. Entonces sí buscamos seguir con ganadería, que el productor siga siendo muy bueno.

Porque aparte de eso que hablábamos, el productor, muchos productores son ganaderos y quieren seguir siendo ganaderos. Bueno, entonces le de plata o no, seguramente le está dando, pero es ganadero y es dueño de su precio, y si no, ¿por qué tiene que cambiar?

Entonces que lo apoye con algo, en este caso un sistema silvopastoril, a seguir siendo ganadero, como decimos, formando un parque con sombra y abrigo, y tener un ingreso. Nosotros estamos convencidos que ese productor tradicional de los 90 kilos, con los costos que saca, diría que saca 100 y pocos dólares por hectárea libre hoy en día, con la parte de madera del silopastoril va a sacar bastante más por hectárea.

Va a ser una sorpresa el que lo... ¿Me interesa? Nosotros estamos hablando de por encima de unos 15 años, muy cercano a los 3.500, 4.000 dólares. Y esa hectárea no vale eso. No, ¿no? O sea, voy a decir que capaz que la hectárea en 15 años saca más del valor de la hectárea.

Y bastante más, dos veces y media o tres de la producción ganadera que estaba haciendo. Lo mismo, tenés que esperar los 15 años.

Claro, por eso yo digo que... O teniendo ese estimativo, que haya parte intermedia de acuerdo a los años que expande de la figurante, del inversor. Porque el inversor que le compre... Porque también para un negocio de estos, el productor y el que va a poner la hectárea, tiene que ser un ganar-ganar, si no, no tiene sustento ningún negocio. Si es para el inversor, le va a sacar toda la... O al revés, yo voy a vender los árboles silopastoril para que el que invierta no le vaya más o menos.

Y me parece que eso da por todos lados. Y el productor, porque el productor muchas veces no le interesa, no le interesa ni siquiera el helado. Le interesa tener la sombra y el abrigo, pero no le interesa ni la producción.

Y en el valor, si vos subiste la hectárea esa de la parte del suelo, ¿no pierde valor? ¿La hectárea qué? ¿Hace un silbo? No, vos por ejemplo, te dedicaste a aportación, ¿no? Sí. Aportación 100 %, pero a los 15 años. Sí.

Vos sacás tanto rendimiento. Sí. ¿El suelo ese?

Bueno, este que ves acá se ve muy mal, pero esto que se ve acá todo era árbol, eran 1.250 árboles por hectárea.

Entonces llegan a ver, se dejó volver la pastura y se plantaron estas dos viñas, ya digo, hay 20 metros, dos viñas más, así se ve el modelo. Pero eso que decís vos es muy cierto. Vos lo mirás así, te estoy mostrando eso porque parece que no hubiese habido forestación. Ahora cuando vamos al suelo, y esto tiene que ver con la pastura, pero cuando bajás, perdimos tapiz, lo que llamamos nosotros. Quedamos, perdimos suelo. Y eso es el tema.

¿No baja el valor del campo?

Y bueno, si nosotros logramos con eso, con manejo, con poner el corazón, pero sin duda, no solo el valor, sino que el producto. Los campos, como decimos, los suelos en el mundo son finitos, cada vez menores, no podemos hacer más suelos.

Y si los que tenemos, por administradores, por propiedad, no tenemos el cuidado de producir, tenemos que producir muy bien porque tenemos que producir, o sea, la obligación no es estar arriba del suelo porque me tocó, pero no a cualquier precio. Si sé que algo me está haciendo mal, y eso es irreversible, eso nos parece. Y los turnos forestales, estos sitios forestales, de las forestaciones convencionales, el único caso que plantó un turno, y un turno, como digo yo, de 14, 15 años volvió para atrás, debo haber sido yo, no hay otro en el país, pero los otros siguen con forestación.

Seguro. Entonces, después, no sé cómo van a quedar.

¿Qué ha pasado, no? ¿La marcha atrás es más difícil?

No, son sitios forestales, son empresas forestales, que el producto de ellos es largo. Entonces, sí es un tema. Por eso nosotros, la mirada de mantener el suelo, el tapiz, hoy en día que está bastante más estudiada, la vida del suelo, lo que está por debajo del tapiz, los microorganismos del suelo, que se dice, que ahorita en el TEA hay mucho más que los habitantes. Bueno, eso se termina cuando termina el tapiz del suelo y no hay entrada, que es un suelo, de comillas, un suelo muerto.

Apéndice 3

Entrevistas Dra. Carolina Viñoles -Profesor Titular, Especialista en Reproducción de Rumiantes.

Lo primero que te quería preguntar a ver si para el silvopastoreo, identificás algunos lugares o zonas del país que sean más indicadas que otras, o que las veas como zonas más adecuadas para llevar adelante el silvopastoreo, o si tú pensás que el silvopastoreo se puede aplicar en cualquier área geográfica de Uruguay

Mirá, yo pienso que hay una limitante legal acá, que esto supongo que ya lo hablaste con Pepe. Yo pienso que se puede aplicar en cualquier lugar del Uruguay, porque lo que nosotros estamos tratando desde la Asociación Uruguaya del Silvopastoreo es de que se diferencie lo que es macizo forestal de sistemas silvopastoriles.

Entonces, para eso vos no necesariamente tendrías que hacerlo en un área de prioridad forestal, porque en verdad vos no estás, de la forma en que lo estamos viendo y lo estamos planteando nosotros, desplazando a la ganadería, sino que estás incorporando al árbol, a la ganadería, de forma tal de que no estás ni matando el recurso campo natural, ni estás tapando de árboles que impiden el ingreso de luz y que comprometan el crecimiento futuro de ese

campo natural.

Pensando en el largo plazo, porque los sistemas al principio, bueno, en realidad los sistemas forestales en macizo ponen glifosato, entonces supongo que esto también lo habrás hablado con Pepe. Nosotros acá en Cerro Largo tenemos una plataforma, nosotros le llamamos la primera plataforma de investigación, docencia y extensión en sistemas silvopastoriles, que se hizo en la casa de Viterbo Gamarra, que es un colega ya jubilado, veterinario, y Viterbo, desde que nosotros empezamos con los seminarios en el año 2017, quedó re entusiasmado por hacer algo.

Lo de Gamarra es en la ruta 8 rumbo a Aceguá, en la famosa Curva del Cuajo, tenés que entrar en un camino a la izquierda, y ahí entras más o menos 10 kilómetros. Es en puntas de sauce. Bueno, y Viterbo tiene suelos de prioridad forestal, porque son suelos 8 y 6.15, o sea que son de prioridad. En realidad, los 8 son de prioridad y los 6.15 de aptitud forestal.

Bueno, entonces cuando nosotros empezamos a trabajar en esto dijimos, bueno, está a mínimo 20 metros de callejón, buen distanciamiento entre árboles para que crezcan en volumen, etcétera, pero además queríamos, por diferentes motivos, queríamos hacer orientación norte-sur, porque los trabajos de Jean Casio, que trabaja, Fédrigo, que trabaja con nosotros en la parte de pastura, decían claramente, como había información anterior, de que la orientación norte-sur te permitía ingreso de luz en todos los momentos del año entonces eso te favorecía el crecimiento de la pastura.

Entonces, como hicimos orientación norte-sur, en un momento empezamos a ver y todas las líneas nos quedaban a favor de la pendiente. Entonces dijimos, bueno, acá tenemos que hacer algo que impida la erosión. Entonces ahí hicimos una especie de ateneo en el campo con Pepe Dutra, con Roberto Scoz, que en ese momento era el director nacional del programa forestal de INIA.

Y estaba Gamarra y estaba yo, porque justo Valentina, que es la forestal de nuestro equipo, no podía estar. Y entonces allí discutiendo, cómo hacemos esto, no sé cuánto, entonces salió lo que hoy se llama la cruz de Gamarra. Sí.

Entonces, con un cincel, en el punto en donde va el arbolito, o sea, cada

cinco metros, con el cincel en profundidad en un sentido y en el otro sentido, entonces queda una cruz, y en ese lugar se trabajó con una asada a la tierra, se puso glifosato solamente ahí y allí se puso el árbol. Entonces la concepción nuestra es esa, es un sistema que capaz que no le da las mejores condiciones al árbol, pero no te mata el recurso campo natural, ni te compromete la productividad de ese recurso en el futuro por haberle echado glifosato en exceso y haber hecho un tratamiento muy agresivo, que después te vengan una cantidad de malezas y otras especies de campo, o sea, que no son forrajeros, ¿entendés? Más bien malezas y cosas que no son comestibles, digamos, o no son de alta calidad. Entonces, por eso nosotros pensamos que en realidad se pueden implantar en cualquier tipo de suelo, el tema es que si vas a lo legal, hoy vos vas a plantar un sistema silvopastoril y tenés que pasar por exactamente todas las fases que pasa un macizo forestal.

Entonces nosotros, por ejemplo, tuvimos una entrevista que capaz que está bueno que hables con él, con Urioste de Florida, trabaja en la Intendencia de Florida. Florida es el único departamento que tiene claramente diferenciado lo que es un sistema silopastoril de un macizo forestal, porque ellos cuentan el área efectiva, no el área comprometida, el área afectada, el área efectiva de plantación, entonces eso te reduce muchísimo, o sea, el área es mucho menor plantada, porque vos tenés los callejones de 20 metros, porque tenés buen espacio entre líneas y entre árboles y todo. Entonces, bueno, Pepe ha tenido varias reuniones con la gente de Dirección General Forestal para sugerirles, bueno, nosotros el sábado tenemos el año de su silbo, y después tenemos la asamblea de socios, y ahí vamos a estar presentando toda la gente que ha ido a lo de Pepe Dutra, todas las autoridades, o sea, la movida que ha habido desde el punto de vista político, colonización, la comisión de agro de Tacuarembó, la comisión de agrodiputados, el ministro de ambiente, el ministro de ganadería, el ministro de industria, impresionante la cantidad de gente que se ha interiorizado y desde que se creó su silbo, nosotros hemos notado, porque además hemos hecho fuerza y hemos trabajado en función de que la gente no use el término silvo pastoreado para cualquier cosa.

Pero es un sistema planificado, el inicio, no es que van a tener árboles y tirarlos para cada lado, sino que vos los planificas, los pensás como para que convivan entre ellos, y que sea como un sis-

tema, una simbiosis, y que cooperen entre ellos los sistemas

Exactamente, porque todos los beneficios que te da el árbol, lo usás a favor del ganado, y tiene muchísimos beneficios, porque realmente la sombra, el cambio de temperatura que provocan los árboles es brutal, y el pasto que crece debajo de los árboles tiene más calidad, si bien es de menos volumen, entonces el animal, cuando vos le ofrecés X cosas a un animal, capaz que no es tan selectivo como el humano que vos le ofrecés un bufé y va y elige, pero el animal también lo elige, esto como, esto no como, entonces, justo ahora en este curso de posgrado, Patricia Bertonecelli, que es la esposa de Jean, brasileña, hablaba de que las especies E4, que son las más tropicales, hay como una mayor cantidad en los callejones, y las que les gusta más el clima más frío, estarían ubicadas en las zonas debajo de los árboles, y contra los árboles. O sea que podríamos decir que en los callejones, estar en el abrigo de los árboles, a las especies más tropicales, les permite crecer, por decirlo de una manera.

En realidad en el callejón va a crecer lo mismo que en el campo abierto, pero debajo de los árboles iban a predominar las especies que se llaman C3, y al haber ese cambio de calidad, porque tienen más proteínas y son más digeribles, el animal puede comer C4, pero después, cuando hace mucho calor, va y pastorea a la sombra del árbol, otro tipo de forraje con más calidad. Entonces de esa manera puede componer su dieta de una forma diferente.

Y eso termina redundando en, nosotros ya lo hemos comprobado, termina redundando en más tasa de ganancia de peso en vaquillonas, más tasa de ganancia de peso en los terneros y en las vacas. Incluso en el trabajo que hicimos en lo de Pepe Dutra, que lo hicimos dos años ya, el segundo año todavía no lo tenemos analizado, encontramos que las vacas después del parto tienen un periodo que no manifiestan celos, o sea, no se puede empreñar, lo que se llama el anestro postparto. Eso depende mucho de la nutrición de la vaca y demás, y de otros estresores, y uno de los estresores más grandes es el estrés calórico.

Y cuando están en sistemas silopastoriles, el reinicio de la actividad ovárica es más rápido. Esa información que no existía y que la estamos generando ahora con toda esta barra, con estudiantes de grado, de maestría. Pero hay una cantidad de cosas en la parte animal que todavía no las conocemos, porque

en general se están haciendo como evaluaciones, capaz que es lo que hay más cantidad de información en la parte de servicios ecosistémicos.

Y te hago una consulta, arrancamos con el tema de las zonas, ¿Qué tipo de suelos? Vos me dijiste que son todos aptos, pero si quisiéramos decirles hoy por hoy más o menos, ¿Qué tipo de suelos serían los mejores?

Bueno, vos sabés que cuando yo estaba en INIA, Juan Manuel Suárez de Lima, estuvimos visitando varios predios, Bueno, él lo que propone es que los suelos 502B, que están ahí en la zona de Durazno, Florida, en esa zona centro del país, serían los más aptos para los sistemas silopastoriles.

Creo que también, cuando él propuso ese tipo de suelo, estaba pensando también en la cercanía a las plantas procesadoras, pensando en un silvopastoreo probablemente para pulpa de celulosa, que no es lo que nosotros estamos pensando.

Entonces, en verdad en ese tipo de plantaciones no se hace toda la poda y el raleo, que sí se hace con Grandis, que vos lo estás pensando como para aserradero. Incluso el Grandis es como en las vacas y en las ovejas decimos que es un doble propósito, porque unas producen carne y leche, y la oveja lana y carne, etc. A mí me encanta llamarlo así, capaz que por la asociación con los animales, es doble propósito, porque los primeros 6 a 9 metros es donde vos hacés la poda esa para que quede libre de nudos.

Y bueno, pero la parte de arriba, yo que sé, el otro día hablando con Pedro Pose, que hoy es el director de INIA Tacuarembó, me decía que crecen hasta 30 metros, entonces los primeros 9 metros se van para una cosa, pero la parte de arriba se va para celulosa. O sea que es como un doble propósito, es para hacer río una parte, pero la otra parte es para celulosa.

Claro, lo que pasa es que el Glóbulus es una especie que se plantó muchísimo, parece que la calidad del papel que sale del Glóbulus es espectacular, porque es muy blanco, pero es una especie muy sensible a cantidad de plagas, había diferentes tipos de insectos que lo atacaban, entonces por ese motivo se

dejó de plantar, por un tema de sanidad, porque las plantaciones se terminaban muriendo una cantidad de árboles, entonces lo que es verdad, y al principio los sistemas silopastoriles con Glóbulus se planteaban con callejones de 7 metros, y en verdad callejones de 7 metros es una risa, porque a los 3 años tenés todo el sombreado.

¿Cuáles son los componentes del sistema?

Básicamente serían como tres componentes de un sistema, la parte herbácea, el pasto, los árboles y el ganado, y en verdad si querés son dos, porque la parte vegetal es la pastura y el árbol, en realidad sí son tres componentes, es el árbol, la pastura y el animal, pero tenés el componente vegetal y el componente animal.

¿Quién te parece que condiciona qué?

En lugar de dudas el árbol, vos lo primero que tenés que definir cuando te planteás un diseño silvopastoril es qué especie y con qué objetivo, ¿cuál es tu objetivo de plantar un sistema silvopastoril?

En general tu objetivo es económico, es de rentabilidad, de agregar otro rubro al predio de diversificar de darle una visión temporal distinta con otro ingreso en el largo plazo etcétera. Cuando vos te planteás lo primero que te definís es el objetivo, si es celulosa, si es aserrío lo que sea decís, bueno, entonces planto esta especie y lo voy a plantar con tanta distancia entre árboles en la fila de dos o tres filas o cuatro y con esta distancia de callejones.

Entonces básicamente vos ahí lo que definís es cuántos árboles vas a plantar y decís la cantidad, también definís las distancias, la distancia entre árbol por la fila, entre filas y los callejones. Son varias las distancias.

Te hago una consulta y después cuando vos haces el diseño, ¿qué tomás en cuenta para hacer el diseño? Porque tenés el tema de la luz, la pendiente, entre otras.

Claro, vos primero que nada, por ejemplo, cuando te planteás el objetivo, también eso lleva implícito si tenés que hacer podas o no. Si vos plantás para celulosa, no tenés que hacer podas porque no te importa que la madera sea

libre de nudos.

Lo que sí es importante, el tema de hacer una poda hasta el metro y medio, es cuando vos querés ingresar a los animales, porque viste que el primer año y medio, dos años de vida de los árboles no podés ingresar a animales porque te empiezan a morder la corteza de los árboles y te terminan matando los árboles.

Entonces cuando vos te planteás el objetivo de qué vas a hacer, voy a producir celulosa, voy a producir madera para aserrío, bueno, ahí ya definís cuáles son las intervenciones que le vas a hacer. Después definís con qué distancia lo voy a hacer, con una fila o con dos filas o tres filas, que eso tampoco está claro porque aparentemente cuando vos lo hacés de una fila no pasa nada porque el árbol no tiene competencia, pero si lo hacés de dos filas, la parte interna de los árboles compiten unos con otros y eso genera competencia y ahí puede afectarte la calidad de la madera posteriormente, entonces por el efecto borde de la parte de afuera de los árboles. Entonces si plantás de cuatro filas, las dos filas del medio van a tener competencia, pero la calidad va a ser adecuada porque es homogénea la competencia, mientras que la de los bordes puede tender a crecer más hacia un lado o hacia el otro, tener más ramas o torcerse o tener nudos más grandes, no sé, diferentes tipos de cambios, pero en definitiva.

Todo eso tenés, por ejemplo hay gente que dice que la pendiente es una cosa muy importante a considerar. Nosotros elegimos norte-sur en la plataforma de Gamarra porque queríamos priorizar la producción de forraje, pero hay gente que hace curvas de nivel, como se hacen muchos cultivos, para evitar la erosión.

¿Cómo son considerados los aspectos económicos? ¿Es adecuado comparar un sistema silvopastoril con un sistema puramente ganadero?

Yo pienso que sí porque si vos al sistema silvopastoril lo pensás y lo implementás de forma adecuada no desplazás a la ganadería y le das todos los beneficios. Entonces, capaz que el árbol no te va a crecer si lo haces con un sistema forestal puro y duro porque capaz que le preparás el suelo de otra manera porque te interesa solamente el aspecto forestal, pero acá que te interesan las dos producciones es justamente decir, bueno, si yo no desplazo a la ganadería,

tengo todos estos beneficios ecosistémicos para la vaca, sé que la vaca gana más, el ternero gana más, la vaca se recupera más rápido después del parto, tengo otros beneficios.

Además, asociado está todo el tema de si vendés o no bonos de carbono, que ahora está re de moda el tema de los bonos de carbono. Entonces, para mí sí es súper comparable y realmente no tenemos duda nosotros de que tenés que tener una marcada diferencia de ingreso si vos sos el dueño, si vos te encargas, si vos lo haces como vos lo querés o como te lo recomienda la gente que sabe.

¿Existen personas capacitadas para planificar y gestionar sistemas silvopastoriles?

Lo que tenemos que hacer, y por eso un poco surgió la carrera nuestra, es formar gente para que trabaje en sistemas silvopastoriles, pero que trabaje a conciencia, no queriendo llenarse de plata, como están acostumbrados a ser los forestales, las empresas estas que tercerizan los servicios.

Nosotros, cuando fuimos a hacer lo de Gamarra, no habíamos ganado un proyecto, lo hicimos todos nosotros, controlamos la hormiga, compramos los plantines. Cuando fuimos a plantar, nos habían cotizado una barbaridad. Yo creo que era cerca de 1000 dólares por hectárea.

¿Cómo afecta la forestación al forraje?

De producción de forraje se sabe que baja un 20 % aproximadamente a los 7 años, pero todavía no se saben las especies de campo nativo y cuánto baja la biodiversidad en una situación de sol pleno versus sombreado.

Entonces eso es lo que se está estudiando, pero igual es esperable que baje. Es esperable que baje, pero también no se sabe cuánto.

¿Influye la forma en que se plantó el monte?

Pero también tenés que considerar cómo fue hecha la plantación, si le pusiste glifosato en toda la línea, si le pusiste glifosato en toda el área plantar, si solamente hiciste en el punto de plantación. Yo creo que todas esas cosas

deben influir muchísimo.

¿Existe la posibilidad de cosechar el monte sin problema?

Claro, porque en esos 20 metros te entra perfectamente la maquinaria, es más, te entra en los 5 metros.

¿Qué producción de carne manejan en un sistema de silvopastoreo?

¿Sabés dónde podés encontrar esa información y que te sirva de referencia? En las carpetas verdes del plan agropecuario. Pero en general, pensar en una producción de 85 o 100 kilos de carne por hectárea es una producción normal para un campo natural. Por supuesto que la gente que hace las cosas mejor llega a más. Y si usás pastoreo rotativo saca mucho más. Pero en una situación de pastoreo continuo, digamos, con una asignación de forraje moderada, pensar en 85 o 100 kilos de carne es lo esperable.

Si estás debajo, como que el número de oro es el 100. Todo el mundo espera cuando venís ahí, bueno, llegar al 100 kilos de carne por hectárea. Eso ya significa que estás trabajando bien, que estás trabajando con buena asignación de forraje y teniendo los cuidados de los requerimientos de los animales. Es importantísimo también el pastoreo rotativo.

¿Cómo le llamas cuando dejás el ganado pastoreando sin ningún manejo?

Eso es continuo, pastoreo continuo. Pero en general los productores, cuando hacen pastoreo continuo, también tienen una cierta rotación de los potreros. Siempre liberan un potrero, en la medida en que ese potrero baja mucho la altura de forraje, lo cambian para otro.

O sea que es continuo en un periodo determinado de tiempo, pero después se va para otro potrero. Y el otro es, vos tenés las parcelas armadas y vas viendo las parcelas. Por ejemplo, el Pepe que usa el rotativo Boissin cambia diariamente la parcela.

¿Cómo se llama el rotativo?

Voisin, es un francés que lo describió el método. Eso lo podés googlearlo y

seguramente te vayan a aparecer cantidad de charlas y de artículos también. Como yo voy a comprender las cosas, vos podés hacer ciclo completo en el ganado o podés dedicarte a partecitas de ella o a engordarlo o a la cría, etc.

¿Alguna actividad vos la ves más fácil para el silvopastoreo?

Sí, la cría.

Claro, porque en realidad todos esos sistemas más intensivos, cuando vos tenés engorde de animales, tenés un sistema más intensivo. Y ahí ya estás hablando de otro tipo de pastura, de pasturas mejoradas. Entonces esas pasturas mejoradas debajo de los árboles no prosperan igual. Es como un sistema más extensivo. Y el sistema extensivo es cría-vacuna. O sea, vos podés tener en tu campo un área definida con sistema silvopastoril donde manejas la cría y la recria y otro con campos de otro tipo, de otra calidad, donde tenés buenas pasturas y hacés el engorde de los animales. Lo que se llama la invernada.

La cantidad de pasturas va cambiando con el año ¿Vos podés ajustar la cantidad de ganado a esos pastos? ¿Es algo factible?

Eso es lo que tenés que hacer para producir 100 kilos de carne por hectárea. En eso te va la vida. Sí, vos tenés que hacer coincidir los requerimientos de los animales, los máximos requerimientos de los animales con los máximos momentos de producción de forraje.

Entonces, para eso, lo que tenés que hacer es tener partos a fines de invierno, a principios de primavera. El pico de producción de forraje del campo natural se da en primavera. Y esa producción de primavera, y en algunos campos primavera-verano, es lo que te permite llegar al otoño con determinada cantidad de pasto y sobrevivir en el invierno. Entonces, en eso se basa. Y justamente, los requerimientos más altos de la vaca de cría, que es una vaca que está preñada, son en el último tercio de gestación y en la lactancia.

¿En cuanto a razas? ¿No hay ninguna raza que digas este tipo de raza sería más adecuada?

Bueno, en Uruguay, la mayoría del ganado es Hereford y Aberdeen Angus. Y el Aberdeen Angus va creciendo impresionantemente. Y son las razas que

más predominan. Pero hay otras raza, las que te mencione son las que predominan.

En un determinado campo. ¿Qué cosas que hayan fuera o qué cosas te limitan el área que vos podrías dedicar al silvopastoreo?

Primero que hay una regulación que hoy en día que obliga a dejar un espacio mínimo entre el alambrado de siete hilos y la primera fila de árboles. Después, que en los bajos, por ejemplo, donde es muy anegado, no podés plantar. Porque a los árboles no les gusta.

Hay algún tipo de árbol que sí le gusta la humedad, pero los eucaliptos no, se te mueren.

¿Dónde se pone el énfasis en producir más madera para pulpa o en madera de calidad?

Y bueno, nosotros estamos convencidos de que la diferencia es madera de calidad. Pero madera de calidad generando esos mercados locales, porque ¿qué pasa? En esto de la comercialización de la madera lo que te mata es el flete.

ANEXOS

Anexo 1

Pruebas para definir el número de simulaciones

Pruebas para determinar el n con un $Ph_0 = 0,2$

| VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0, 2$ y diferentes n | | | | | | |
|--|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Estadística | $n = 5$ | $n = 100$ | $n = 1000$ | $n = 2000$ | $n = 10000$ | $n = 15000$ |
| E(VPN) | 192.980,5 | 160.095,50 | 157.825,90 | 156.844,00 | 157.384,20 | 157.690,10 |
| Desvío (VPN) | 70.575,95 | 866.953,21 | 67.746,47 | 68.266,97 | 68.203,64 | 67.919,26 |
| Coefficiente de variación (%) | 36,57 | 41,82 | 42,75 | 43,54 | 43,34 | 43,07 |
| Valor mínimo | 85.132,13 | 2.446,97 | -2.821,68 | -11.412,00 | -11.412,00 | -14.034,13 |
| Valor máximo | 249.746 | 273.260,7 | 273.260,7 | 282.609,00 | 293.332,00 | 304.912,3 |

Tabla 1.1: VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,2$ y diferentes n

Pruebas para determinar el n con un $Ph_0 = 0,3$

| VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0, 3$ y diferentes n | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Estadística | $n = 5$ | $n = 100$ | $n = 1000$ | $n = 2000$ | $n = 10000$ | $n = 15000$ |
| E(VPN) | 226.114,90 | 179.918,50 | 177.449,60 | 176.100,8 | 176.733,00 | 177.142,30 |
| Desvío (VPN) | 88.317,06 | 83.883,41 | 85.033,10 | 86.004,30 | 85.912,82 | 85.595,14 |
| Coefficiente de variación (%) | 39,06 | 46,62 | 47,92 | 48,84 | 48,61 | 48,32 |
| Valor mínimo | 93.095,60 | 8.991,03 | -20.829,72 | -27.626,63 | -34.675,72 | -34.675,72 |
| Valor máximo | 296.432,40 | 315.491,30 | 324.497,90 | 324.497,90 | 334.606,00 | 342.453,80 |

Tabla 1.2: VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,3$ y diferentes n

Pruebas para determinar el n con un $Ph_0 = 0,4$

| VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0, 4$ y diferentes n | | | | | | |
|--|------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Estadística | $n = 5$ | $n = 100$ | $n = 1000$ | $n = 2000$ | $n = 10000$ | $n = 15000$ |
| E(VPN) | 259.249,10 | 199.741,50 | 197.0763,20 | 195.357,60 | 196.081,70 | 196.594,5 |
| Desvío (VPN) | 106.098,00 | 100.998,10 | 102.782,40 | 103.396,00 | 103.820,20 | 103.469,3 |
| Coefficiente de variación (%) | 40,92 | 50,56 | 52,15 | 53,20 | 52,95 | 52,63 |
| Valor mínimo | 101.059,10 | -8.662,24 | -38.837,60 | -43.840,99 | -55.317,31 | -55.317,31 |
| Valor máximo | 343.118,6 | 359.631,60 | 359.631,60 | 366.386,70 | 375.879,60 | 379.995,3 |

Tabla 1.3: VPN - Estadísticas de resumen con $Ph_0 = 0,4$ y diferentes n