



Innovación para la gestión del pasto, ATN/RF-18077-RG.

Informe técnico final.

Nicolás Baraibar, Mariana Rosas
2024

Ministry for Primary Industries
Manatū Ahu Matua



GLOBAL
RESEARCH
ALLIANCE
ON AGRICULTURAL
GREENHOUSE GASES



FONTAGRO



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directores Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Nicolás Baraibar y Mariana Rosas.

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Índice de tablas	5
Índice de figuras	5
Abstract	7
Resumen	8
Antecedentes	9
Objetivos	11
Metodología	12
Componente 1 Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles.....	12
Actividad 1.1 Formación de una plataforma de innovación en AgTech para sistemas pastoriles.....	12
Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube	13
Actividad 2.1 Desarrollo del prototipo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube.....	14
Actividad 2.2 Ajuste de la herramienta SSD mediante experiencias de usuarios	14
Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech	14
Actividad 3.1 Adopción de SSD de pastoreo y confección de reservas en fincas experimentales	15
Actividad 3.2 Adopción de SSD de pastoreo y confección de reservas en fincas experimentales y comerciales.....	15
Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones.....	20
Actividad 4.1 Calibración de drones para la estimación de biomasa de pastura.....	20
Actividad 4.2 Desarrollo de un protocolo de uso de drones.....	21
Resultados	22
Componente 1. Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles.....	22
Productos generados	23



Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube	24
Implementación del desarrollo basado en la experiencia de usuarios.....	25
Application Programming Interface (API)	27
Productos generados	28
Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech	29
Resultados de la base de datos global	31
Resultados de explotaciones individuales (ejemplo de Uruguay).....	35
Productos generados	40
Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones.....	41
Calibración para especies representativas de Argentina y Uruguay.....	41
Calibración para especies representativas de Costa Rica	43
Productos generados	43
Indicadores Técnicos	44
Hallazgos Destacados	48
Historias en el campo	49
Discusión.....	50
Componente 1 Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles.....	50
Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube	50
Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech	51
Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones.....	52
Conclusiones y recomendaciones.....	53
Anexo 1	55
Referencias Bibliográficas	63
Instituciones participantes.....	65



Índice de tablas

Tabla 1: Calendario de reuniones de la red de pastoreo	13
Tabla 2: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Uruguay.....	18
Tabla 3: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Argentina.....	19
Tabla 4: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Costa Rica.....	19
Tabla 5: Plan de trabajo acordado entre instituciones participantes	22
Tabla 6: Nuevas funcionalidades luego de un año de validación de la herramienta	25
Tabla 7: Algoritmos de calibración ajustadas para cada fecha de vuelo en ambas especies	41
Tabla 8: Indicadores generados al finalizar el proyecto.....	44
Tabla 9: Testimonio de Productores de fincas de Uruguay	55
Tabla 10: Resumen del testimonio de productores de Argentina	60

Índice de figuras

Figura 1 Esquema metodología planteada para etapa de validación de la herramienta	16
Figura 2: Ubicación de los predios seleccionados en Uruguay y Argentina. Imagen tomada de Google Earth.	17
Figura 3. Ubicación de los predios seleccionados en Costa Rica. Imagen tomada desde Google Earth.....	18
Figura 4: Interfaz de inicio de la herramienta web	24
Figura 5: Captura de pantalla de la herramienta con el prototipo que estuvo disponible durante 2022, antes de la incorporación de las nuevas funcionalidades.....	26
Figura 6: Captura de pantalla de la herramienta con el prototipo disponible en 2023, tras incorporar las nuevas funcionalidades.	27
Figura 7: Captura de pantalla del calendario de pastoreo disponible para su descarga por los usuarios.....	27
Figura 8: Datos presentados por Rodrigo Rovira, facilitador del proyecto, en jornada del “Grupo Pastores 10.5”, grupo de productores formados en el marco del proyecto.	30
Figura 9: Datos presentados por Juan Zerbino, facilitador del proyecto, en jornada de productores de FUCREA. Se analizan y comparan el consumo de pasto por animal y crecimiento de pasturas en los predios participantes del proyecto.....	30
Figura 10: Biomasa disponible para todos los registros en kg MS/ha.	31
Figura 11: Rango de biomasa disponible en kg MS/ha para potreros no pastoreados.	32
Figura 12: Rango de biomasa disponible en kg MS/ha para potreros pastoreados.	32
Figura 13: Porcentaje de potreros medidos en función de su condición de pastoreo: no pastoreados, pastoreados desde el ultimo recorrido, en pastoreo el día del recorrido.	33



Figura 14: Frecuencias de tasas de crecimiento diarias de forraje registrados en recorridas realizadas ente agosto 2021 y diciembre 2022, para potreros sin pastoreo. Se indica el n total, la mediana (percentil 50%), y los valores que comprenden 3 de cada 5 datos (percentil 20 hasta 80%) para cada caso.	34
Figura 15: Diagrama de dispersión de las existencias medias de las explotaciones (eje x) y la tasa media de crecimiento (eje y) para cada recorrida quincenal.	35
Figura 16: Evolución de la tasa de crecimiento promedio (gráfico de líneas, arriba) y del stock de pasturas promedio (gráfico de barras, abajo) de la plataforma de pastoreo en un establecimiento ganadero de carne del Departamento de Río Negro, Uruguay, desde abril de 2021 hasta mayo de 2022.	36
Figura 17: Evolución de la tasa de crecimiento promedio (gráfico de líneas, arriba) y del stock promedio de pasturas (gráfico de barras, abajo) de la plataforma de pastoreo en un tambo del Departamento de Colonia, Uruguay, desde octubre de 2021 hasta octubre de 2022.	37
Figura 18: Visor en línea disponible en Uruguay con entradas de recorridas de 44 explotaciones lecheras y de vacuno (impresión de pantalla del 4 de diciembre de 2023).....	37
Figura 19: Biomasa (kg materia seca) consumido por pastoreo directo (A) o por pastoreo directo + reservas por corte mecánico (B) en 12 predios durante 12 meses. La línea de puntos indica consumo teórico correspondiente al 2.2 % del peso de los animales.	39
Figura 20: Producto bruto (US\$/ha) estimado a partir de la cosecha anual de pasto lograda en 12 predios, para dos precios de leche (0.25 y 0.35 US\$/litro), en función de la relación entre margen de alimentación y consumo de pasto generada por el proyecto “Producción Competitiva) para 296 tambos (Chilibroste y Battegazzone, 2023).	40
Figura 21: Efecto de la fecha de vuelo sobre las curvas de calibración NDVI – biomasa para agropiro y festuca.	42
Figura 22: Relación entre los índices de vegetación NDRE, CIRE y la biomasa seca pasto Cynodon obtenidos con sensor multiespectral acoplado a un dron, Cañas, Costa Rica.....	43
Figura 23: Porcentaje de capacitación según genero	45
Figura 24: Total de asistentes a las jornadas de difusión discriminadas por país.....	45
Figura 25: Evolución del número de predios registrados en el sistema 3Rweb (Fecha: 25/5/24).	46
Figura 26: Evolución del área total cargada al sistema 3Rweb y evolución del área con más de 3 recorridas.....	46
Figura 27: Evolución del número de registros de biomasa ingresados en el 3Rweb	47



Abstract

The project's aims were to establish a regional platform that employs an AgTech solution validated in real farms and to innovate towards pastures that are more efficiently managed and are more sustainable. The primary objective of this project was to improve the self-sufficiency and sustainability of livestock intensification, increasing by at least 30 % the pasture harvested by family farms in the Southern Cone and Central America. In the first year, the regional platform was consolidated by the signing of nine letters of agreement on a common work plan. From this initial step, the platform acted as a functional network, advancing mutually beneficial activities, such as developing a functional prototype of the software of a decision support system (DSS) for grazing and forage conservation. The software was made available in the cloud, and farms in Uruguay (18), Argentina (12) and Costa Rica (12) were selected to undergo a 12-month follow-up for DSS testing. In the second year of this project, the DSS was validated by biweekly monitoring by the technical facilitators of all farms participating in the network. In the third year, new technicians and producers were trained to implement the methodology on their farms. In the final year, activities focused on completing the incorporation of new functionalities into the DSS and calibrating tools for remote biomass estimation. Throughout the project, training and dissemination events were organized in the three countries on the implementation of on-farm monitoring, the decision-making process, and the use of the tool, generating numerous instances of dissemination and training (13 workshops for technicians and 34 open days for the general public). A total of 1,858 technical and production assistances were recorded, combining virtual and face-to-face modalities, also 573 farms were loaded into the system, resulting in a total of 11,698 paddocks/parcels. At the end of the project, 103,331 biomass measurements were recorded in the system, and today 18,941 hectares continue to be monitored in 2024. The work team considers that the project has been successful because the platform continues to be functional, and the number of users constantly increases. Currently, efforts are focused on scaling the tool using an API developed by the team.

Key words: AgTech, grazing management, regional platform, workshop.



Resumen

Los objetivos del proyecto fueron establecer una plataforma regional que emplee una solución AgTech validada en fincas comerciales e innovar en la manera de gestionar la producción de forraje de forma más eficiente y sostenible. El objetivo principal de este proyecto fue mejorar la autosuficiencia y sostenibilidad de la intensificación ganadera, incrementando en al menos un 30% la cosecha de pasto de las explotaciones familiares del América Latina y el Caribe. En el primer año, la plataforma regional se consolidó con la firma de nueve cartas de acuerdo sobre un plan de trabajo común. A partir de este paso inicial, la plataforma actuó como una red funcional, avanzando en actividades de beneficio mutuo, como el desarrollo de un prototipo funcional del software de un sistema de apoyo a la toma de decisiones (SSD) para el pastoreo y la generación de reservas. El software se puso a disposición en la nube, y se seleccionaron fincas de Uruguay (18), Argentina (12) y Costa Rica (12) para realizar un seguimiento de 12 meses para probar el SSD. En el segundo año de este proyecto, el SSD fue validado mediante un seguimiento quincenal por parte de los técnicos facilitadores de todas las fincas participantes en la red. En el tercer año, se formó a nuevos técnicos y productores para que implementaran la metodología en sus fincas. En el último año, las actividades se centraron en completar la incorporación de nuevas funcionalidades al SSD y en calibrar herramientas para la estimación remota de biomasa. A lo largo del proyecto se organizaron eventos de formación y difusión en los tres países sobre la implementación del monitoreo en finca, el proceso de toma de decisiones y el uso de la herramienta, generando numerosas instancias de difusión y capacitación (13 talleres para técnicos y 34 jornadas abiertas al público en general). Se registraron un total de 1.858 asistencias técnicas y productivas, combinando modalidades virtuales y presenciales. Se cargaron en el sistema 573 predios, resultando en un total de 11.698 de potreros/apartos. Al cierre del proyecto se registraron en el sistema 103.331 mediciones de biomasa en el sistema, y a la fecha continúan bajo monitoreo 18,941 hectáreas. El equipo de trabajo considera que el proyecto ha sido un éxito ya que la plataforma sigue siendo funcional y el número de usuarios aumenta constantemente. Actualmente, los esfuerzos están en darle escalabilidad a la herramienta a partir de una API desarrollada por el equipo de trabajo.

Palabras Clave: AgTech, manejo del pastoreo, plataforma regional, capacitaciones.



Antecedentes

Las actividades agropecuarias, que incluyen la agricultura, ganadería de carne y leche, son las responsables del 46% del Producto Bruto Interno (PBI) en los países de América Latina y El Caribe (ALC). Estas actividades constituyen el principal ingreso para la mayoría de los productores y sus familias (FAO, 2014). En los países de ALC, la base de la producción pecuaria es pastoril, utilizando pasturas naturales o sembradas. Este enfoque de producción tiene tanto beneficios como limitaciones. Un problema común en los tres países que conforman esta plataforma regional es la baja tasa de cosecha de forraje promedio anual en fincas lecheras y ganaderas intensivas. Por ejemplo, en Costa Rica, la producción de materia seca (MS) de las principales especies forrajeras varía entre 10 y 25 toneladas de MS por hectárea al año. Sin embargo, en promedio, los animales consumen menos del 45% del pasto disponible tanto en sistemas ganaderos como en sistemas lecheros (Sánchez, 2007; Jiménez, 2018). Esta situación es similar en otras regiones: aunque la productividad es máxima en las regiones tropicales, las cargas animales (que determinan el potencial de consumo de forraje) son moderadas o bajas en comparación con las regiones templadas de Europa y Asia (FAO et al., 2014). En áreas templadas y subtropicales de Argentina y Uruguay, se repite este fenómeno. En Uruguay, por ejemplo, los productores lecheros en promedio cosechan solo 4.5 toneladas de MS por hectárea al año sobre pasturas que producen más de 10 toneladas de MS por hectárea al año (Chilibroste y Battezzore, 2014). De manera similar, en la Pampa Deprimida, la principal área ganadera templada de Argentina, se estima que, con la carga animal disponible, se cosechan entre 2 y 4 toneladas de MS por hectárea al año (AACREA, 2012), mientras que estudios de modelación (Durante et al., 2017) y monitoreo satelital (AACREA, 2019) indican productividades de 6 a 7 toneladas de MS por hectárea al año en suelos con limitaciones, y de hasta 15 toneladas de MS por hectárea al año en suelos de buena calidad (Ojeda et al., 2018).

La necesidad de colaborar a nivel internacional para desarrollar soluciones AgTech surge porque, aunque existen herramientas de monitoreo de forraje para países de América Latina y El Caribe (ALC), no hay soluciones digitales que integren estas herramientas o sus resultados con el proceso de toma de decisiones que enfrentan los productores agropecuarios en su día a día. Se han desarrollado este tipo de soluciones en países europeos y de Oceanía con ganadería de base pastoril (Hanrahan et al., 2017). Tomando como base estas herramientas y las tecnologías de procesos locales sobre toma de decisiones en pastoreo (Fariña et al., 2017), se identificó la oportunidad de emprender el desarrollo de esta tecnología en nuestra región. Para ello, la



estrategia fue integrar a técnicos, investigadores, productores y emprendedores de Uruguay, Argentina y Costa Rica para desarrollar una propuesta de valor que pueda tener alcance a lo largo del tiempo y el espacio.

En los sistemas ganaderos de base pastoril, se ha comprobado que un manejo eficiente y uso adecuado de las pasturas resulta en incrementos directos en la producción de carne o leche a través de una mayor producción de forraje y en reducciones de los costos de alimentación, mejorando así el margen bruto por hectárea (Fariña et al., 2013). Por tanto, el éxito de estos sistemas radica en producir más pasto y una alta utilización del mismo. Para lograr esto, los productores necesitan implementar un manejo de pastoreo eficiente basado en ajustes de asignación forrajera que consideren el consumo de forraje por parte de los animales y los cambios en la tasa de crecimiento de las pasturas. Esto les permite ajustar la superficie de reservas para ensilar/enrollar cuando la tasa de crecimiento de las pasturas es mayor que la demanda de los animales (por ejemplo, durante la primavera), o determinar la cantidad de suplemento para cubrir los déficits de pasto cuando la tasa de crecimiento es menor que los requerimientos del rodeo (por ejemplo, durante el invierno).

Para lograr un uso eficiente del forraje a lo largo del año, es esencial realizar un monitoreo sistemático (cada una o dos semanas) de la tasa de crecimiento y disponibilidad de pasto en cada potrero del campo (Fariña et al., 2011). Sin embargo, en la práctica, esto generalmente no se realiza debido a que las técnicas “tradicionales” para estimar la cantidad de pasto (como el corte y pesaje, estimaciones visuales, medición de altura) requieren mucho tiempo y esfuerzo para representar efectivamente la variabilidad en un área específica (López-Díaz et al., 2011; Baeza et al., 2011; Martin et al., 2005; Sanderson et al., 2001; Wang et al., 2022). A esto se suma la falta de precisión cuando estas técnicas o métodos de estimación no se calibran adecuadamente para la pastura o el sitio específico donde se utilizarán (Ganguli et al., 2000).

En América Latina, estos desafíos se ven exacerbados en los sistemas de producción extensiva, donde la falta de monitoreo de pasturas está asociada con una baja eficiencia en el uso del pasto y bajos índices productivos.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar tecnologías aplicables al manejo ganadero que permitan estimar de manera rápida, precisa y repetible la variación espacial y temporal de la cantidad de pasto. El objetivo general de este trabajo es desarrollar una herramienta web conocida como Sistema de Soporte a las Decisiones (SSD) para sistemas ganaderos y lecheros, denominada 3R WEB, e implementar la teledetección multiespectral a través de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) o "drones", para estimar de manera rápida y remota la cantidad de biomasa disponible de pasto.



Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la autosuficiencia y sostenibilidad de la intensificación ganadera incrementando al menos 30% la cosecha de pasto producido en fincas familiares del Cono Sur y Centroamérica.

Los objetivos específicos que se plantearon al inicio de la cooperación técnica son los siguientes:

- i) conformar una plataforma de innovación enfocada en la toma de decisiones de gestión de pastoreo y confección de reservas en sistemas ganaderos pastoriles de Cono Sur y Centroamérica
- ii) simplificar y optimizar la toma de decisiones del productor respecto del área y secuencia de potreros a pastorear o a cosechar mecánicamente a través de una herramienta web (software)
- iii) testear en finca de productores una herramienta de toma de decisiones mediante un proceso de desarrollo basado en los usuarios
- iv) desarrollar un dispositivo de medición remota de biomasa disponible de pastura, de fácil adopción por productores.

La aplicación conjunta de los últimos dos objetivos será realmente disruptiva permitiendo la virtual gestión remota de las decisiones de uso de forraje de toda una finca.



Metodología

En el presente capítulo se detalla la metodología utilizada en cada componente y actividad.

Componente 1 Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles

Este componente constituyó la base de la cooperación técnica. En él se establecieron los compromisos de las instituciones ejecutoras y asociadas, para llevar adelante las actividades del proyecto.

Actividad 1.1 Formación de una plataforma de innovación en AgTech para sistemas pastoriles

Para la conformación de la plataforma, se realizaron 9 reuniones virtuales entre los investigadores y técnicos referentes de las instituciones participantes. A continuación, en la tabla 1 se muestra el detalle de las instancias que se mantuvieron para completar esta actividad.



Tabla 1: Calendario de reuniones de la red de pastoreo

FECHA	OBJETIVO	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
8/7/2020	Primer webinar de la Red de pastoreo - capacitación: como realizar la recorrida, como medir número de hojas y como ingresar la información en el prototipo de software de manejo del pastoreo 3Rweb	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica
19/11/2020	Reunión del equipo coordinador	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica
4/12/2020	Repasar objetivos y estructura del proyecto - propuesta de funcionamiento - nuevas oportunidades (productores-grupo facilitador)	INIA Uruguay, Gentos
15/12/2020	Repasar objetivos y estructura del proyecto, propuesta de funcionamiento (productores-grupo-facilitador) b) nuevas oportunidades, pasos a seguir en corto plazo	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica
7/6/2021	Presentación proyecto y bienvenida a facilitadores de Uruguay	INIA, GENTOS, facilitadores
23/6/2021	Inicio formal del proyecto, presentación de productores y facilitadores de Uruguay	FUCREA, INIA, Productores y facilitadores
24/6/2021	Presentación proyecto y bienvenida a facilitadores de Argentina	AACREA, INTA Argentina, INIA, facilitadores
14/7/2021	Inicio formal del proyecto, presentación de productores y facilitadores de Costa Rica	INTA Costa Rica, MAG, Productores, facilitadores
15/9/2021	Elaborar forma de trabajo y seguimiento de facilitadores en cada zona de Argentina	AACREA, INTA Argentina, INIA

Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube

Este componente comprendió las actividades enfocadas en el desarrollo de un servicio que facilite y optimice la toma de decisiones en lo referente al manejo del pastoreo y la confección de reservas. En esta primera etapa, trabajaron en conjunto investigadores referentes en manejo del pastoreo con desarrolladores de software, se mantuvieron instancias presenciales y virtuales, que dieron como resultado un prototipo de una herramienta web. Para el desarrollo de esta herramienta se plantea el enfoque de “desarrollo en base a experiencias de usuarios”, en el cual los usuarios de la herramienta son los encargados de llevar adelante (con el apoyo constante de investigadores y técnicos) la etapa de ajuste (actividad 2.2) y validación de la herramienta (componente 3, actividades 3.1 y 3.2). Esta metodología ofrece numerosas ventajas en el desarrollo de aplicaciones, asegurando que el producto final esté alineado con las necesidades y expectativas de los usuarios. Esta metodología pone a los usuarios en el centro del proceso de diseño, lo que permite identificar y comprender profundamente sus requerimientos y desafíos desde las primeras etapas del proyecto. Al involucrar a los usuarios en ciclos interactivos de



pruebas y retroalimentación, este enfoque facilita la detección temprana de problemas de usabilidad y funcionalidad, permitiendo ajustes y mejoras continuas. Como resultado, las aplicaciones desarrolladas con este concepto tienden a ser más intuitivas, eficientes y satisfactorias para los usuarios finales, lo que incrementa la tasa de adopción y reduce los costos asociados a soporte y formación.

Actividad 2.1 Desarrollo del prototipo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube.

En esta actividad se mantuvieron instancias presenciales y virtuales entre investigadores referentes en el manejo del pastoreo con técnicos desarrolladores de softwares. El objetivo de las instancias de intercambio fue el desarrollo de un primer prototipo de la herramienta residente en la nube, que fuera accesible vía web y que una vez completada esta etapa, se pudiera iniciar la fase de ajuste y validación de la herramienta (actividades 2.2, 3.1 y 3.2) a partir de la experiencia de los usuarios.

Actividad 2.2 Ajuste de la herramienta SSD mediante experiencias de usuarios

En esta actividad se desarrolló el ajuste del prototipo de acuerdo con la experiencia de los usuarios, el foco estuvo puesto en:

- 1- **Optimización de funciones existentes:** Mejorar las funciones existentes en el prototipo mediante la comunicación continua de usuarios, se hizo hincapié en la retroalimentación para optimizar el rendimiento.
- 2- **Inclusión de nuevas funcionalidades sugeridas por usuarios:** En esta etapa, se incorporaron nuevas funciones siguiendo las sugerencias de los usuarios, quienes desempeñaron un papel crucial en la expansión de la utilidad de la aplicación.
- 3- **Testeo y mejora de la usabilidad:** Se realizó un exhaustivo proceso de prueba para evaluar y mejorar la usabilidad de la herramienta, asegurando una experiencia óptima para los usuarios.

Para lograr estos objetivos se utilizaron diversos canales de comunicación entre los facilitadores, quienes se encargaron de canalizar las demandas de los usuarios finales, los técnicos del proyecto y los técnicos desarrolladores de la herramienta web. Estos canales incluyeron, grupos de WhatsApp, formularios en línea de sugerencias de mejoras y talleres presenciales.

Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech

Para llevar adelante la etapa de validación, se planteó una metodología de diseño enfocada en el usuario (misma lógica que actividad 2.2), tanto en fincas experimentales, como en fincas comerciales. Este componente fue llevado a cabo en simultáneo en los tres países.



Actividad 3.1 Adopción de SSD de pastoreo y confección de reservas en fincas experimentales

Esta actividad, se llevó a cabo durante un ciclo productivo (un año) en fincas experimentales de las instituciones ejecutoras del proyecto (INIA Uruguay, INTA Argentina e INTA Costa Rica), manteniendo la metodología planteada en la actividad 2.2, componente 2.

Actividad 3.2 Adopción de SSD de pastoreo y confección de reservas en fincas experimentales y comerciales

Es la misma metodología que la actividad 3.1, con la diferencia que, en esta instancia, se seleccionaron predios comerciales, principalmente de productores familiares, en los tres países, y a su vez mediante un proceso de selección, se contrataron técnicos en los tres países, (denominados “facilitadores” en la cooperación técnica) para llevar adelante la etapa de validación de la herramienta.

El método de trabajo en cada país consistió en la formación de grupos de 3 a 5 fincas, coordinados por un técnico facilitador. En la figura 1, se representa el esquema de trabajo, donde el técnico, desempeñó el rol de “facilitar” el proceso de aprendizaje sobre la toma de decisiones en la gestión del pastoreo, la utilización de la herramienta (software), el progreso en la carga de los datos y la interpretación de la información generada. El facilitador llevó a cabo durante 12 meses el monitoreo regular de la plataforma de pastoreo (mediante recorridas o caminatas de la superficie total de la finca), siempre en colaboración con el encargado del manejo del pastoreo para alimentación del ganado en la finca. Se llevaron a cabo, a lo largo del año, reuniones grupales entre las fincas a cargo de un facilitador, con el fin de intercambiar experiencias y analizar la información generada y compilada. A su vez, los facilitadores de cada país conformaron un grupo técnico en el que participaron los investigadores especialistas en pasturas y ganadería de leche y carne pertenecientes a los institutos nacionales (INIA e INTAs), quienes sirvieron de nexo con los responsables de la programación y ajustes de la herramienta 3Rweb.

Lógica de funcionamiento (por país)

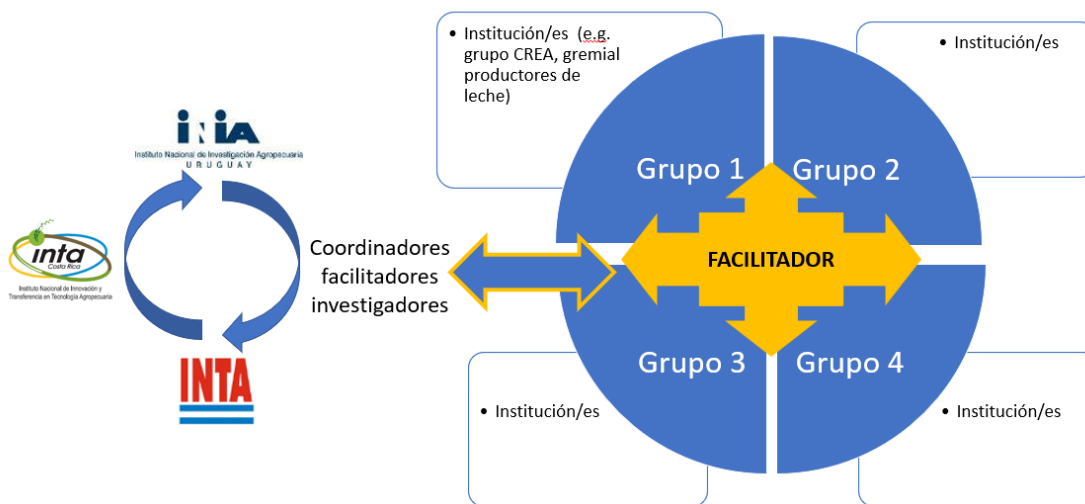


Figura 1 Esquema metodología planteada para etapa de validación de la herramienta

En la selección de los predios que formaron parte de la etapa de validación de la herramienta, se aplicó el acrónimo "c.r.a.c.k." como criterio fundamental. Se buscaron individuos **comprometidos** con la obtención de una cosecha de pasto óptima, considerándola clave para el éxito de su empresa, y capaces de tomar decisiones basadas en un sistema estructurado. Además, se valoró que fueran considerados como **referentes** entre sus pares en el ámbito agrícola, **activos** en la conducción y operación de sus fincas o tambos, y **comunicadores** naturales, capaces de compartir datos de manera efectiva. Finalmente, se consideró esencial que contaran con el **capital (k)** necesario para implementar cambios productivos.

Adicionalmente, se buscaron participantes que mantuvieran una red de estrechos vínculos con otros productores en su comunidad, estuvieran familiarizados con el uso de información para gestionar eficientemente sus empresas, y fueran productores familiares en lugar de entidades corporativas. La disposición para recibir visitas en su predio y tener algún vínculo con instituciones asociadas al proyecto también fueron aspectos claves en la selección. Estos criterios buscaron identificar a participantes comprometidos y proactivos, capaces de contribuir significativamente al proyecto.

Para lograr esto, en cada país se canalizó la búsqueda a través de organizaciones que tuvieran una activa presencia en el terreno y con estrecho contacto con productores. En Argentina, los actores con ese rol fueron AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola) y la empresa semillera Gentos S.A.; ambas organizaciones asociadas al proyecto. En Costa Rica, fueron principalmente el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica y la Cámara de Ganaderos de Costa Rica. En Uruguay los actores fueron FUCREA (Federación



Uruguay de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola) y la empresa semillera Gentos S.A.; ambas organizaciones asociadas al proyecto.

En la figura 2 y 3 se muestra la ubicación de los predios seleccionados para Uruguay y Argentina, y Costa Rica, respectivamente.



Figura 2: Ubicación de los predios seleccionados en Uruguay y Argentina. Imagen tomada de Google Earth.

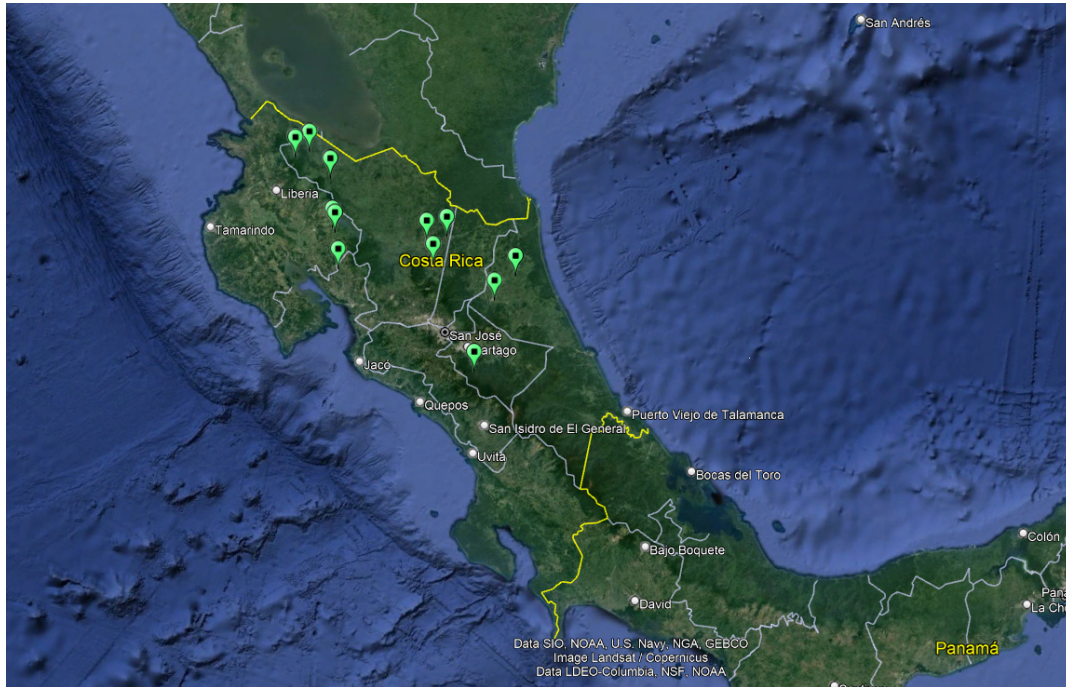


Figura 3. Ubicación de los predios seleccionados en Costa Rica. Imagen tomada desde Google Earth.

A continuación, en la tabla 2, 3 y 4 se presenta la lista de fincas seleccionadas para las regiones de Uruguay, Argentina y Costa Rica, respectivamente. La tabla muestra un resumen de la localización, región, el tipo de producción principal de la finca y el técnico facilitador responsable de llevar adelante las actividades de monitoreo.

Tabla 2: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Uruguay

Localización	Región	Técnico facilitador	Tipo de producción
34°20'13.4"S 57°50'47.1"O	Colonia	Sol Jorcín	Lechería
34°20'24.3"S 57°23'17.5"O	Colonia	Sol Jorcín	Lechería
34°18'47.9"S 57°29'54.4"O	Colonia	Sol Jorcín	Lechería
34°24'25.5"S 57°16'31.5"O	Colonia	Sol Jorcín	Lechería
34°21'10.5"S 57°41'45.1"O	Colonia	Lucía Bentancor	Lechería
33°59'53.8"S 56°18'45.3"O	Florida	Juan Zerbino	Lechería
33°40'52.9"S 56°29'43.3"O	Florida	Juan Zerbino	Lechería
34°02'10.5"S 56°22'50.9"O	Florida	Juan Zerbino	Lechería
34°08'42.3"S 55°56'28.1"O	Florida	Juan Zerbino	Lechería
34°19'58.4"S 56°14'08.5"O	Florida	Juan Zerbino	Lechería
33°17'27.8"S 57°47'36.8"O	Soriano	Natalia Elduayen	Ganadería de carne
33°25'36.9"S 57°52'08.3"O	Soriano	Natalia Elduayen	Ganadería de carne
33°25'07.3"S 57°32'07.3"O	Soriano	Natalia Elduayen	Ganadería de carne
33°11'31.3"S 57°47'11.9"O	Soriano	Natalia Elduayen	Ganadería de carne



Localización	Región	Técnico facilitador	Tipo de producción
33°13'4.22"S 57°40'17.43"O	Río Negro	Natalia Elduayen	Ganadería de carne
32°43'4.68"S 57°28'11.06"O	Río Negro	Rodrigo Rovira	Lechería
32°43'30.50"S 57°26'6.19"O	Río Negro	Rodrigo Rovira	Ganadería de carne
32°43'30.50"S 57°26'6.19"O	Río Negro	Rodrigo Rovira	Ganadería de carne
32°41'04.5"S 57°39'11.6"W	Río Negro	Rodrigo Rovira	Ganadería de carne

Tabla 3: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Argentina

Sitio georreferenciado	Región	Técnico facilitador	Tipo de producción
37°14'1.37"S 59°50'30.43"O	Zona de Mar y Sierras	Lucas Solé	Ganadería de cría
37°31'20.80"S 58°54'3.28"O	Zona de Mar y Sierras	Lucas Solé	Lechería
37°43'38.75"S 58°44'2.57"O	Zona de Mar y Sierras	Lucas Solé	Ganadería de cría
34°92' 4.45"S 61°87'6.10"O	Zona Oeste	Valentina Luberriaga	Lechería
35°05'00.5"S 61°43'04.9"O	Zona Oeste	Emilia Lopez Seco	Lechería
35°11'27.8"S 59°01'50.9"O	Región Este	Andrés Fiorito	Lechería
35°11'27.8"S 59°01'50.9"O	Región Este	Andrés Fiorito	Lechería
32°38""S 59°52'O	Región Litoral Sur	Federico Leber	Lechería
32°50'S 59°38'O	Región Litoral Sur	Federico Leber	Ganadería de cría
31°16""S 61°38'O	Región Santa Fe Centro	Juan Borgonovo Pablo	Lechería
31°49'S 61°15'O	Región Santa Fe Centro	Juan Borgonovo Pablo	Lechería
31°16'1.74"S 61°37'50.20"O	Región Santa Fe Centro	Juan Borgonovo Pablo	Lechería

Tabla 4: Lista de predios y técnicos facilitadores seleccionados para Costa Rica

Localización	Región	Técnico facilitador	Tipo de establecimiento
10°22'08.0"N 84°14'18.2"O	Región Chorotega	Elisio Rodríguez Vásquez	Lechería de bajura
10°30'54.70"N 84°18'52.70"O	Región Chorotega	Elisio Rodríguez Vásquez	Ganadería de Cría
10°34'6.10"N 84°11'1.60"O	Región Chorotega	Elisio Rodríguez Vásquez	Ganadería de Cría
10°22'8.00"N 84°14'18.20"O	Región Norte Huetar	Erick Vargas Carrillo	Ganadería Doble Propósito
10°53'43.90"N 85°19'55.50"O	Región Caribe Huetar	Valerie Salazar Castillo	Ganadería de Cría
10°56'38.90"N 85°14'33.80"O	Región Caribe Huetar	Valerie Salazar Castillo	Lechería de Bajura
10°24'14.00"N 83°39'54.20"O	Región Norte Huetar	Erick Vargas Carrillo	Ganadería Engorde



Localización	Región	Técnico facilitador	Tipo de establecimiento
9°42'42.20"N 83°48'36.70"O	Región Central Occidental	Isaias Gómez Hidalgo	Lechería Especializada
10°26'30.10"N 84°56'59.20"O	Región Huetar Norte	Erick Fallas Álvarez	Ganadería Doble Propósito

Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones

Las actividades de este componente se llevaron a cabo en Argentina y Costa Rica, lideradas por técnicos de INTA Balcarce e INTA Costa Rica. Las calibraciones se realizaron con drones en fincas experimentales durante dos años.

Actividad 4.1 Calibración de drones para la estimación de biomasa de pastura

El objetivo de esta actividad fue desarrollar una herramienta apta para recorrer virtualmente una finca y capturar la disponibilidad de pasto en cada potrero.

En Argentina, el estudio se llevó a cabo en dos sitios experimentales de la Universidad Nacional de Mar del Plata – INTA EEA Balcarce, en las "Reservas 6 y 7". En la "Reserva 6" se trabajó con pastura de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) y en la "Reserva 7" con festuca alta (*Festuca arundinacea*). Estas pasturas fueron seleccionadas por ser representativas de los sistemas pastoriles en Argentina y Uruguay. Se delimitaron parcelas experimentales de 6 m², organizadas en 3 bloques, y se aplicaron diferentes dosis de fertilizante nitrogenado para generar variabilidad en la biomasa y el estado nutricional: 0, 50 y 100 kg N/ha para agropiro, y 0, 50, 100, 200, 400 y 600 kg N/ha para festuca. Los experimentos se llevaron a cabo durante los rebrotes de primavera y otoño de dos años consecutivos (2021/2022 y 2022/2023).

Se utilizó un dron DJI Phantom 4 con una cámara multiespectral Sentera Double 4K NDVI-NDRE. Los vuelos se planificaron con un solapamiento lateral y frontal del 80% y a una altura de 100 metros. Las imágenes fueron procesadas con el software Pix4Dmapper, y los valores de NDVI se calcularon utilizando QGIS. Se realizaron mediciones directas de biomasa mediante el corte y pesado del material vegetal en parcelas de 0.25 m², y las muestras se secaron para determinar la materia seca (kg MS/ha). Se ajustaron modelos de regresión exponencial entre el NDVI y la biomasa, evaluando el efecto de la especie, la estación del año y el estado nutricional nitrogenado sobre las curvas de calibración, seleccionando las ecuaciones con mayor coeficiente de determinación (R²) y menor error absoluto medio (MAE).

En Costa Rica, el estudio se realizó en dos Centros de Innovación Agropecuaria del INTA: el CIA-Enrique Jiménez Núñez (CIA-EJN) en la región Chorotega, evaluando el pasto Bermuda (*Cynodon sp.*), y el CIA-Los Diamantes (CIA-ELD) en la región Huetar Caribe, evaluando el pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*). Se seleccionaron apartos representativos en cada sitio y se aleatorizaron



parcelas de 1 m² en tres estratos (bajo, medio y alto) según la disponibilidad de biomasa. Las condiciones meteorológicas locales fueron consideradas para ajustar las fechas de los vuelos y los muestreos de biomasa. Se utilizó un dron DJI Matrice 210 RTK con una cámara multispectral Micasense Altum. Los vuelos se realizaron a una altura de 80 metros con un solapamiento lateral y frontal del 80%. Las imágenes se tomaron en condiciones de cielo nublado y despejado, y se calibraron utilizando un panel de calibración radiométrica. Las imágenes fueron procesadas con Pix4Dmapper y se generaron diferentes índices espectrales (NDVI, NDRE, CIRE, entre otros).

Se cortó y pesó la totalidad del forraje en parcelas de 1 m² a 10 cm sobre el suelo, y las muestras se secaron para determinar la materia seca, estimando los rendimientos de biomasa verde y seca a partir de estos muestreos. Se realizaron análisis de correlación entre los índices de vegetación y la biomasa obtenida en las mediciones de campo, y se construyeron modelos de regresión para comparar las relaciones entre las bandas individuales, los índices de vegetación y la biomasa. Además, se utilizaron algoritmos de aprendizaje automático (KNN, R-SVM, DT, RF, RPL) para mejorar la precisión de las predicciones.

Actividad 4.2 Desarrollo de un protocolo de uso de drones

Para llevar a cabo esta actividad, el equipo de trabajo de Argentina realizó un protocolo de uso de drones para la estimación de biomasa de pastura común a los 3 países para adaptar la tecnología a cada finca. En el mismo se detalla el paso a paso para realizar la calibración.



Resultados

A continuación, se detallan los resultados alcanzados por componentes, según la matriz de resultados del convenio.

Componente 1. Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles

La creación de esta plataforma de trabajo permitió vincular a investigadores, asesores y productores de los países que la componen, logrando un intercambio de información y metodologías. Como resultado se obtuvo el punto de inicio para generar innovaciones en la gestión del pastoreo, monitoreo de las pasturas y desarrollar soluciones AgTech.

En la tabla 5 se detallan los integrantes de la cooperación técnica y los referentes en función de las actividades del proyecto.

Tabla 5: Plan de trabajo acordado entre instituciones participantes

Actividad	Plazo	Responsable	Institución	Rol
Plataforma regional de innovación consolidada	2020	Santiago Fariña, Germán Berone, William Sanchez Ledezma	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica, AACREA, FUCREA, Gentos, MSU	Discusión entre los organismos (co-ejecutores y asociados) sobre la creación de una plataforma de intercambio
Acuerdo vía carta de compromiso	2020	Santiago Fariña, Germán Berone, William Sanchez Ledezma	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica, AACREA, FUCREA, Gentos, MSU	Elaboración de 9 cartas de compromiso, con detalle de roles y contrapartida
Desarrollo del prototipo de la herramienta (SSD)	2021	Santiago Fariña Fernando Lattanzi	INIA Uruguay, Gentos, AACREA	Prototipo de SSD de Pastoreo y Confección de Reservas residente en la nube
Ajuste de la herramienta mediante experiencias con usuarios	2021	Santiago Fariña, Germán Berone, William Sanchez Ledezma	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica, AACREA, FUCREA, Gentos	10 talleres de testeo y ajustes de la herramienta con técnicos y productores afines a la temática



Actividad	Plazo	Responsable	Institución	Rol
Validación en fincas experimentales de la herramienta SSD	2022	Santiago Fariña, Germán Berone, William Sanchez Ledezma	INIA Uruguay, Gentos, AACREA	Mejora en la toma de decisiones de gestión del pasto (eficiencia) a nivel de finca experimental. Software SSD adoptados en fincas experimentales
Validación en fincas comerciales de la herramienta SSD	2022	Santiago Fariña, Germán Berone, William Sanchez Ledezma	INIA Uruguay, INTA Argentina, INTA Costa Rica, AACREA, FUCREA, Gentos	Software SSD asociado a base de datos compuesta de los registros de biomasa de todas las fincas que usen el servicio.
Calibración de drones para estimación de biomasa	2023	Germán Berone	INTA Argentina, INTA Costa Rica, MSU	Un prototipo de herramienta para estimar biomasa de los potreros de sus fincas de forma remota y en tiempo real a partir del análisis de imágenes tomadas por sensores multiespectrales montados en un dron.
Desarrollo de un protocolo para el uso de drones	2023	Germán Berone	INTA Argentina, MSU	Protocolo de uso de drones disponible y adaptado a los 3 países en base a algoritmos para cada finca.

Productos generados

Se elaboró el [producto del conocimiento 1](#): Nota técnica sobre la conformación de la plataforma regional de innovación y plan de trabajo, disponible en la página web del proyecto, en la que se puede profundizar más en el desarrollo de las actividades, ya que se detallan las reuniones que se mantuvieron para completar la actividad y los compromisos por parte de los investigadores para cada componente y actividades del proyecto.

Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube

Se logró generar un prototipo de una herramienta AgTech residente en la nube, que tiene por objetivo facilitar la toma de decisiones en materia de gestión del pastoreo.

Esta solución AgTech fue denominada por el grupo de trabajo como “3Rweb”. Este SSD brinda resultados en tiempo real para facilitar al usuario la toma de decisiones. Una vez cargada la información necesaria en la herramienta web, el sistema brinda indicadores técnicos relevantes para el manejo del pastoreo, tales como tasa de crecimiento del forraje medido como kg de materia seca MS/ha/día, la evolución de la biomasa promedio de pasto presente en la finca (“stock”, en kg MS/ha), así como también la secuencia de potreros o apartos a seleccionar para pastorear o confeccionar reservas. A su vez, brinda información sobre los kg MS que se deben ofrecer diariamente en base al lote de animales presente en la finca y sus requerimientos (previamente cargados). En caso de darse un excedente de forraje, el SSD indica cuántos kg MS/ha se pueden destinar para la confección de reservas, y en el caso de un déficit de forraje, el sistema indica si es necesario realizar suplementación del rodeo de animales.

Esta solución AgTech llamada 3Rweb es un sistema informático que se encuentra disponible en la nube y es de libre acceso a través de la creación de un usuario con clave y contraseña.

Está destinado a usuarios productores y técnicos que trabajan en sistemas de producción de carne y/o leche de Costa Rica, Argentina y Uruguay con un nivel de familiarización media-alta con interfases digitales (computadora o teléfono celular).

La vía de acceso para la herramienta 3R WEB, se detalla a continuación en el siguiente link:
<https://pasturas.inia.org.uy/3R/gui/login-v2.php>

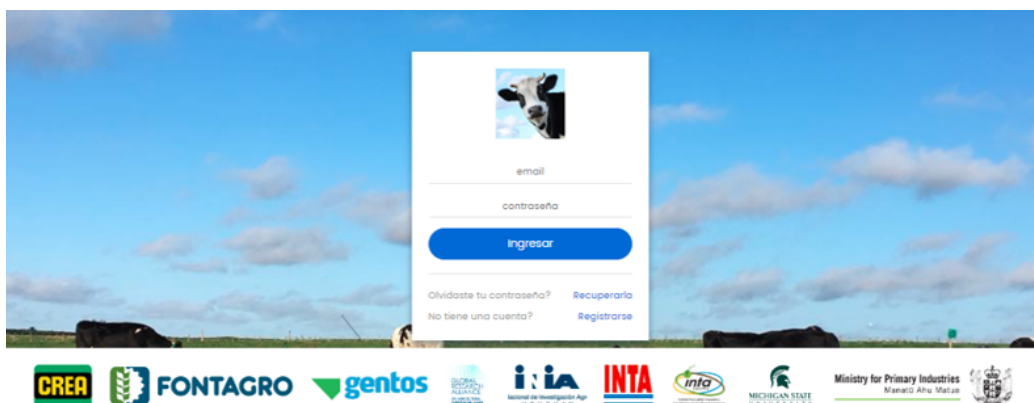


Figura 4: Interfaz de inicio de la herramienta web



Implementación del desarrollo basado en la experiencia de usuarios.

Durante el desarrollo del proyecto, se mantuvo una comunicación fluida con el equipo de programación y dos representantes de INIA, quienes canalizaron las demandas de mejoras de los facilitadores de distintos países. Se emplearon dos medios de comunicación: un grupo de WhatsApp para cuestiones diarias y reuniones virtuales semanales o quincenales para verificar avances y el funcionamiento de la herramienta.

Todas las sugerencias fueron categorizadas según su prioridad y naturaleza, ya sea la inclusión de nuevas funcionalidades o mejoras en el diseño y usabilidad de la herramienta.

Como ejemplo, en la tabla 6, se presenta un resumen de las funcionalidades y mejoras en el diseño sugeridas por usuarios de los tres países (luego de un año de testeo) a través del formulario en línea, entregadas al equipo desarrollador en la etapa 3 para mejorar el prototipo. Se puede profundizar más sobre el proceso en el [producto del conocimiento número 3](#), disponible en la web.

Tabla 6: Nuevas funcionalidades luego de un año de validación de la herramienta

Funcionalidad	Cambio para realizar
Nuevos outputs	Que se calculen las TC para cada potrero y se puedan descargar para analizar.
Calendario de pastoreo	Elegir potreros AM y PM. Poder hacer pastoreos am y pm separados para cada lote.
Calendario de pastoreo	Poner día y fecha específica de la semana para dejar los pastoreos armados de cada lote.
Calendario de pastoreo	Que se pueda imprimir solo la planilla con el circuito de pastoreo y no necesariamente todo el archivo en pdf.
Ingreso de datos	Cuando se ingresa la TC esperada, el stock objetivo es en función de la misma, no deja que uno tenga como objetivo un stock mayor, entonces no es objetivo sino esperado en función de la tasa.
Ingreso de datos	Poder monitorear la TC de los potreros fuera de rotación.
Ingreso de datos	Agregar decimales a las parcelas.
Reservas	En momentos de excedente, a medida que se eligen los potreros para reserva se podrá ir viendo cómo el dato “a reservar” va disminuyendo.
Reportes	Reportes exportables a Excel con información histórica por potrero para poder analizar.
Diseño	Al ingresar un predio que se pueda poner el país y la región para todos los países participantes.
Diseño	Que aparezcan los logos de las instituciones que participan.
Diseño	Cambiar de lugar el botón de guardar, sacarlo del final.
Diseño	“Guardar PDF” y “Guardar reporte” que sea un botón único.



Funcionalidad	Cambio para realizar
Diseño	Colores de la escalera de potreros, verde los disponibles, amarillo y rojo dejarlos para “en pastoreo” y “remanente”.
Diseño	Cuesta encontrar el potrero en el gráfico de stock cuando se tiene muchos potreros, agregar barra de scroll en grafico de potreros.
Diseño	El filtro de las fechas de los gráficos, que tire por defecto el último año.
Diseño	En el gráfico de stock, que no aparezca la etiqueta de cada barra, solo si me paro encima.

Con los aportes de los usuarios, durante el año 2023 se fue mejorando la usabilidad y diseño del “frontend”. Como ejemplo, en la figura 5 se muestra la versión original del prototipo que estuvo disponible durante el año 2022, y en la figura 6 se pueden ver las mejoras que tuvo el frontend durante el año 2023.



Figura 5: Captura de pantalla de la herramienta con el prototipo que estuvo disponible durante 2022, antes de la incorporación de las nuevas funcionalidades.

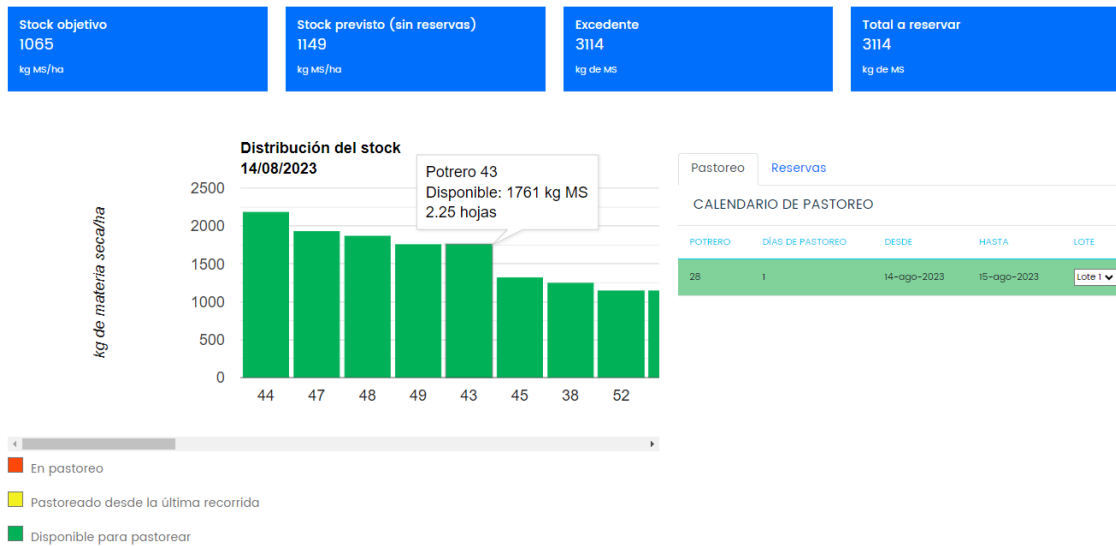


Figura 6: Captura de pantalla de la herramienta con el prototipo disponible en 2023, tras incorporar las nuevas funcionalidades.

Adicionalmente, durante el 2023, se crearon nuevas funcionalidades a pedido de los usuarios. Entre ellas se creó una opción que permite descargar un calendario de pastoreo, como se muestra en la figura 7. En el mismo se detalla la información sobre a qué potrero/aparto debe ir cada lote de animales y el tamaño de parcela que debe asignarse. Este calendario se entrega al productor y su equipo de trabajo como guía semanal para el manejo del rodeo.

Fecha	LOTE 1 AM		LOTE 1 PM		
	Potrero	Tamaño de franja diaria (m ²)	Potrero	Tamaño de franja diaria (m ²)	
lunes	06/11/2023	31	5702	55	14336
martes	07/11/2023	31	5702	60	4120
miércoles	08/11/2023	45	5960	60	4120
jueves	09/11/2023	45	5960	53	4372
viernes	10/11/2023	30	6502	53	4372
sábado	11/11/2023	30	6502	52	4312
domingo	12/11/2023	29	6451	52	4312

Figura 7: Captura de pantalla del calendario de pastoreo disponible para su descarga por los usuarios.

Application Programming Interface (API)

En paralelo al desarrollo de la interfaz mencionada anteriormente, el proyecto incorporó una "Interfaz de Programación de Aplicaciones" (API) para potenciar la tecnología y preservar el valor inherente del código desarrollado, asegurando así su sostenibilidad a largo plazo.

Esta API no solo posibilita a terceros interesados realizar desarrollos personalizados basándose en la infraestructura existente, sino que también establece un fundamento para la evolución



continua de la herramienta. Emprendedores en el ámbito de AgTech pueden aprovechar la flexibilidad de la API para construir interfaces adaptadas a sus necesidades específicas, mientras que empresas dedicadas a la gestión digital de predios tienen la oportunidad de integrar el sistema de toma de decisiones para la gestión del pastoreo, 3Rweb, en sus plataformas existentes.

Estos avances no solo benefician al proyecto en términos de escalabilidad y expansión de la base de datos, sino que también fomentan la sostenibilidad al permitir la adaptación y mejora continua de la herramienta a medida que evolucionan las necesidades del usuario y las tecnologías emergentes.

En el contexto del 3Rweb, los usuarios se benefician significativamente al tener la capacidad de elegir interfaces que le pueden resultar más intuitivas y rentables según sus preferencias. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de la herramienta al garantizar su relevancia y utilidad continua en un entorno digital en constante cambio. En resumen, la implementación de la API no solo impulsa la expansión y diversificación de la herramienta, sino que también establece las bases para su sostenibilidad, asegurando su relevancia y eficacia en el futuro.

Productos generados

Se generaron los siguientes productos del conocimiento, comprometidos dentro de la matriz de resultados:

-[Producto del conocimiento número 2](#): Nota técnica sobre el prototipo de Sistema de Soporte a las Decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube. Como lo indica el título, en la nota técnica se describe el prototipo de la herramienta desarrollada por el grupo de trabajo.

-[Producto del conocimiento 3](#): Nota técnica: Descripción del software de Sistema de Soporte a las Decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas ajustado por la experiencia de usuarios.



Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech

El seguimiento del proceso de testeo y validación se llevó a cabo a través de cinco canales de comunicación:

1. **Grupos de WhatsApp para identificación de problemas diarios:** En estos grupos, se mantuvo un contacto fluido entre eventos de capacitación y la gestión de cambios en los facilitadores. Esta vía de comunicación brindó un espacio de intercambio constante entre el equipo técnico del proyecto y los facilitadores, abordando aspectos técnicos y resolviendo dudas en tiempo real durante la implementación del sistema. Este contacto directo facilitó una implementación exitosa y la recopilación de información sobre problemas y sugerencias relacionadas con el software en desarrollo.

Entre los temas de intercambio se destacaron dudas sobre métodos de medición de distintos recursos forrajeros, estrategias para eficientizar recorridos, verificar crecimientos relevados, intercambios sobre estrategias de pastoreo, así como se priorizaron los cambios a realizar en el prototipo del software.

2. **Reuniones semestrales entre facilitadores y equipos técnicos de las instituciones participantes:** Se llevaron a cabo reuniones semestrales entre facilitadores y los equipos técnicos de las instituciones participantes en cada país. Estos encuentros generaron un espacio estructurado para evaluar el progreso general del proyecto y la experiencia individual de cada facilitador en la implementación del sistema. Se proporcionaron herramientas para un análisis más efectivo de la información recolectada, identificando estrategias específicas para mejorar la comunicación de los datos a los productores. Además, se discutieron y definieron estrategias de difusión de los resultados del proyecto.
3. **Reuniones grupales con productores participantes del proyecto:** Se organizaron reuniones grupales con productores participantes del proyecto y facilitadores de diferentes zonas y países. Estas sesiones sirvieron para fomentar el intercambio a través del análisis de la información recabada permitiendo dar visibilidad a los beneficios de la implementación del sistema en los predios. Entre los análisis realizados se compararon consumos de pasto entre predios, crecimientos y estrategias de cosecha (Figura 8 y 9).

Algunos datos que nos dejó el 2021

	La Elvira	Las Margaritas	La Milagrosa	El Aguará	El Ceibo
Área de pastoreo promedio	246	228	342	206	30
Recurso Forrajero	100% PS	22%CN-78%PS	50%CN-50%PS	86%CN-14%PS	100%CN
Sistema	Lechero	Recria-Invernada	Recria-Invernada	Ciclo Completo	Recria
Recorridas Cargadas	22	25	16	9	0
TC promedio set-nov 21	17	14	22	19	sd
KG/MS acumulados	1530	1260	1980	1710	sd
Stock promedio set-nov	488	594	745	1050	sd
Stock objetivo primavera	600	600	sin definir	sin definir	sd

Grupo de productores: "Pastores 10.5"

Figura 8: Datos presentados por Rodrigo Rovira, facilitador del proyecto, en jornada del "Grupo Pastores 10.5", grupo de productores formados en el marco del proyecto.

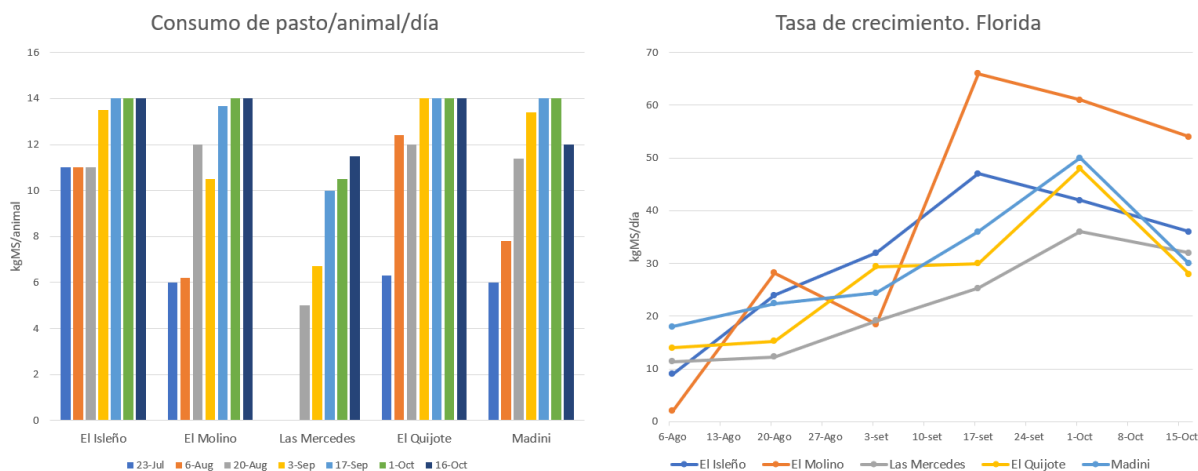


Figura 9: Datos presentados por Juan Zerbino, facilitador del proyecto, en jornada de productores de FUCREA. Se analizan y comparan el consumo de pasto por animal y crecimiento de pasturas en los predios participantes del proyecto.

4. **Visualizador en PowerBI:** En el contexto de Uruguay, se desarrolló un visualizador que posibilitó la observación en tiempo real de la carga de datos por parte de los facilitadores. Esta herramienta brindó una visión instantánea del progreso y desempeñó un papel importante en el monitoreo continuo de la participación y la calidad de los datos ([Acceso](#)).
5. **Formulario online:** Se puso a disposición de los facilitadores un formulario en línea donde los facilitadores podían sugerir cambios en el funcionamiento y diseño de la aplicación web como input para el desarrollo participativo.



La información descrita en las imágenes a continuación (figura 10 a 22), corresponden a información generada por el equipo de trabajo durante el segundo año de ejecución del proyecto (2022), la información fue recabada en las recorridas quincenales desde agosto de 2021 (inicio de la etapa de validación), hasta diciembre de 2022, incluyendo todas las fincas que utilizan el prototipo DSS en Argentina, Costa Rica y Uruguay.

La información generada, trata de reflejar la calidad y cantidad de la información recolectada e incluyen observaciones preliminares realizadas por el equipo. El plan de trabajo para esta fase del estudio (validación en la explotación de la solución AgTech) incluía la elaboración tanto de informes individuales para cada usuario (explotación) como de informes colectivos con fines comparativos.

Resultados de la base de datos global

Las figuras siguientes muestran los más de 40.000 puntos de datos de registros de praderas recogidos en la explotación durante el periodo inicial de 17 meses. La figura 10 muestra que el 60% de los valores fluctúan entre los niveles razonables de biomasa esperados para los residuos post-pastoreo (es decir, 450 kg MS/ha) y los totales pre-pastoreo (es decir, 1.875 kg MS/ha). Aunque este gráfico compuesto incluye una gran variedad de pastos, climas y condiciones de pastoreo, la mediana de 1.050 kg MS/ha se aproxima a los 1.000 kg MS/ha que se suelen adoptar como objetivo de existencias. La Figura 11 muestra el rango de biomasa disponible para potreros no pastoreados con una mediana y rango más altos, ya que excluye los residuos post-pastoreo y los potreros que están siendo pastoreados.

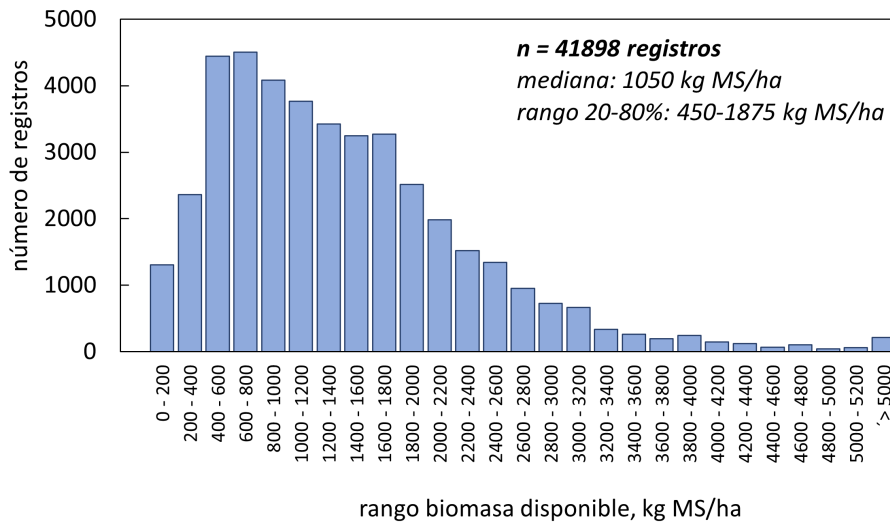


Figura 10: Biomasa disponible para todos los registros en kg MS/ha.

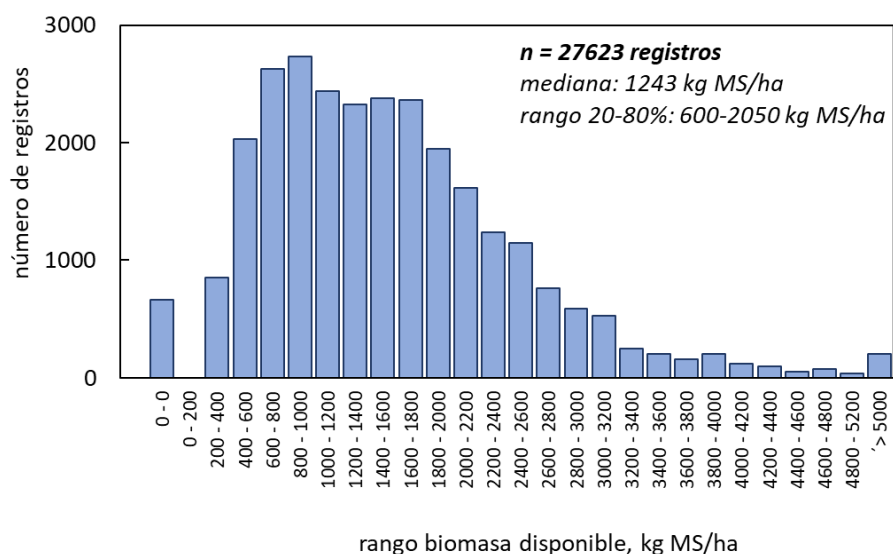


Figura 11: Rango de biomasa disponible en kg MS/ha para potreros no pastoreados.

La figura 12 muestra todos los potreros/apartos que han sido pastoreados entre los recorridos semanales. Esta figura puede darnos una estimación general de la intensidad de pastoreo en la explotación: la mediana de 716 kg MS/há, que oscila entre 300 y 1500 kg MS/há, parece ajustarse a la observación habitual. Considerando el objetivo de ~800 kg MS/ha como diferencia entre el pre-pastoreo y el post-pastoreo, que sumado a la mediana mencionada de 716 kg MS/ha de residual arroja un pre-pastoreo de 1516 kg MS/ha: esta situación significa que podría estimarse una media de 1116 kg MS/ha ($(1516+716) / 2$) en la base de datos global, que se aproxima a la mediana de todos los registros (es decir, 1050 kg MS/ha).

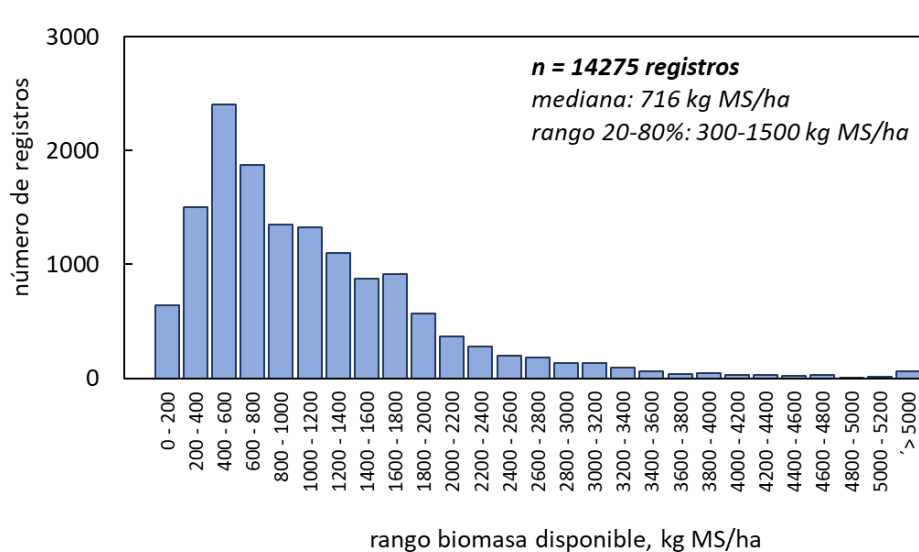


Figura 12: Rango de biomasa disponible en kg MS/ha para potreros pastoreados.



Recogida a lo largo del tiempo, la figura 13 muestra la proporción de las explotaciones que estaban siendo pastoreadas: a) en el momento de la recogida (menos del 2% de la superficie); b) entre los paseos quincenales por las explotaciones (aproximadamente menos del 20% durante el invierno y menos del 35% el resto del año); o c= no pastoreadas. Estos datos muestran el potencial del seguimiento de la biomasa no perturbada en este tipo de sistemas de pastoreo (explotaciones lecheras y de vacuno intensivo).

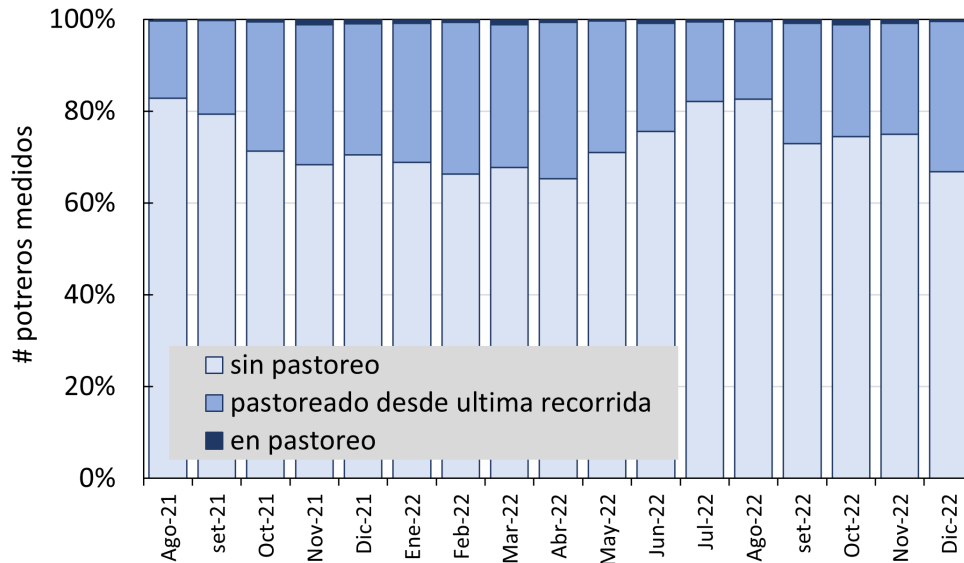


Figura 13: Porcentaje de potreros medidos en función de su condición de pastoreo: no pastoreados, pastoreados desde el último recorrido, en pastoreo el día del recorrido.

La Figura 14 muestra los 23.308 registros recogidos sobre los valores diarios de la tasa de crecimiento (es decir, las diferencias de biomasa entre los pastizales de cada prado no perturbado). Este indicador mostró un amplio rango (60% de los resultados de 0 a 50 kg MS/ha/día), lo que transmite una variabilidad intra anual e intra explotación característica de esta variable.

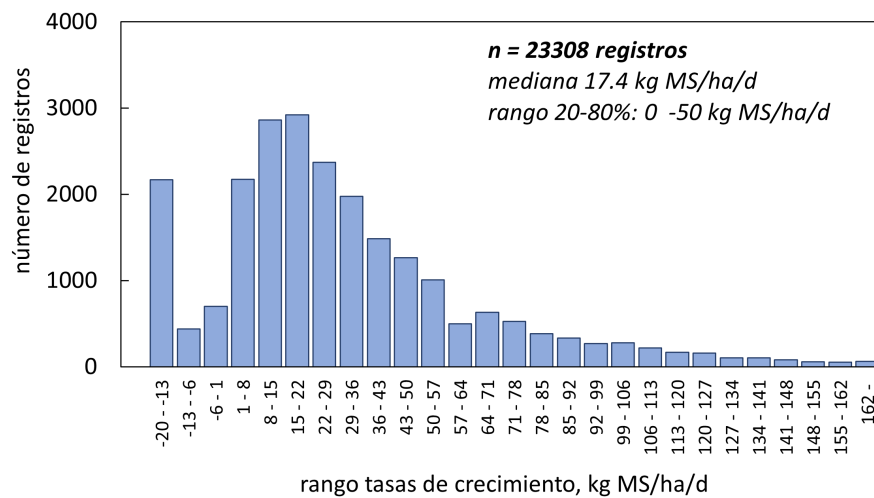


Figura 14: Frecuencias de tasas de crecimiento diarias de forraje registrados en recorridos realizadas ente agosto 2021 y diciembre 2022, para potreros sin pastoreo. Se indica el n total, la mediana (percentil 50%), y los valores que comprenden 3 de cada 5 datos (percentil 20 hasta 80%) para cada caso.

Un análisis preliminar adicional relaciona la tasa media de crecimiento de cada explotación con la media de existencias registradas, variables que normalmente muestran una fuerte interacción cuando se analizan caso por caso. Como se observa en la figura 15, cuando se representan todas las explotaciones y fechas, la dispersión es demasiado elevada para detectar una asociación. Sin embargo, se observa que alcanzar un stock medio elevado es condición necesaria pero no suficiente para alcanzar tasas medias de crecimiento elevadas, es decir, no hay valores de tasa de crecimiento superiores a 70 kg MS/ha/día en explotaciones con stocks de pasto inferiores a 500 kg MS/ha. Por otro lado, existen muchos registros de valores de tasas de crecimiento nulas (cero) o negativas en toda la gama de existencias medias de pastos, lo que significa que las existencias medias de pastos de las explotaciones podrían estar determinando un "techo" para las tasas de crecimiento, pero no determinan un "suelo" para las mismas.

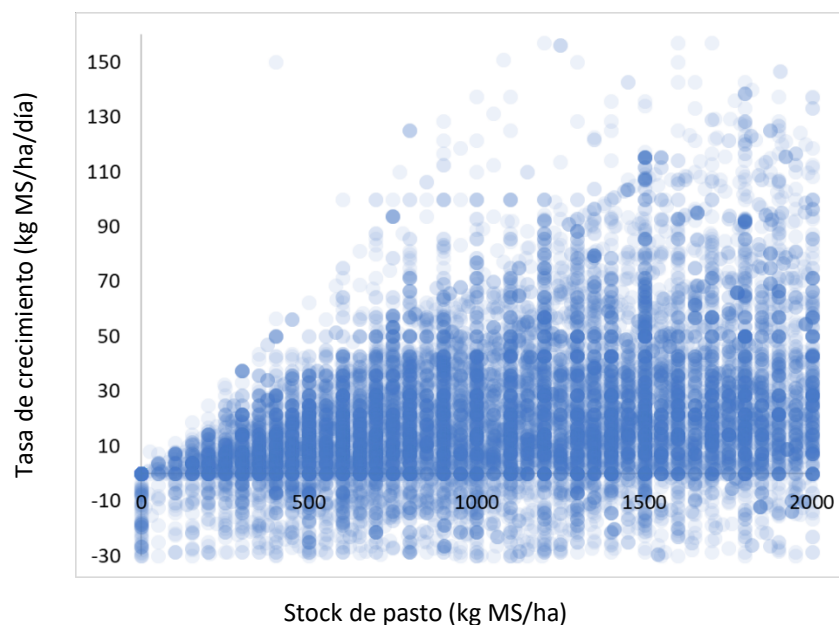


Figura 15: Diagrama de dispersión de las existencias medias de las explotaciones (eje x) y la tasa media de crecimiento (eje y) para cada recorrida quincenal.

Resultados de explotaciones individuales (ejemplo de Uruguay)

Las siguientes visualizaciones son ejemplos de informes que han sido utilizados por los agricultores para tomar mejores decisiones (el [Visualizador Online](#) sólo ha sido construido para Uruguay hasta el momento, con 44 fincas utilizando la plataforma). Estos ejemplos y otros casos se utilizaron en los talleres como información actualizada para que los usuarios (agricultor + facilitador) dieran testimonio de cómo están utilizando la herramienta y cómo les ayuda en su proceso de toma de decisiones (figura 18).

La figura 16 muestra el caso de una finca de ganadería para carne en la que los registros de las recorridas quincenales comenzaron en abril de 2021 (otoño en el hemisferio sur). Las áreas de mejora potencial en el proceso de toma de decisiones en esta explotación pueden observarse comparando la evolución de la tasa de crecimiento y las existencias: como la tasa de crecimiento cayó a cero en junio-julio (invierno en el hemisferio sur), la asignación de pastos no se redujo en consecuencia y, por lo tanto, las existencias totales de pastos disminuyeron gradualmente de 740 a 216 kg MS/ha, muy por debajo de su objetivo de 650 kg MS/ha (línea de puntos en el gráfico de barras). Un contraste con esta situación podría deducirse de la observación del caso mostrado en la figura 17. Se trata de una finca lechera en la que los registros de las recorridas quincenales comenzaron en octubre de 2021 (primavera en el hemisferio sur). En este caso, las existencias medias también cayeron drásticamente (de 2.200 a 570 kg MS/ha, por debajo de su objetivo de

1.150 kg MS/ha) en los dos primeros meses (cuatro recorridas quincenales), ya que las tasas de crecimiento disminuyeron, lo que demuestra que la asignación de pastos no se redujo en consecuencia. Sin embargo, este ganadero parece haber cambiado su patrón de toma de decisiones, ya que cuando las tasas de crecimiento volvieron a descender seis semanas más tarde (enero) no permitió que las existencias cayeran por debajo del objetivo. Esto puede haber implicado reducciones en la cantidad de pasto asignada a las vacas por hectárea (es decir, reduciendo pasto/vaca o vacas/ha).

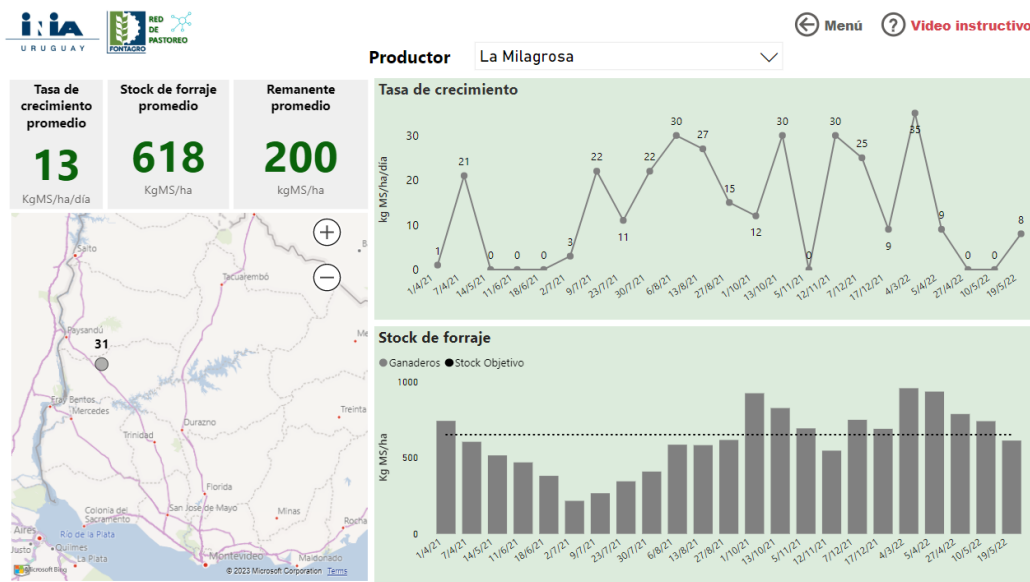


Figura 16: Evolución de la tasa de crecimiento promedio (gráfico de líneas, arriba) y del stock de pasturas promedio (gráfico de barras, abajo) de la plataforma de pastoreo en un establecimiento ganadero de carne del Departamento de Río Negro, Uruguay, desde abril de 2021 hasta mayo de 2022.

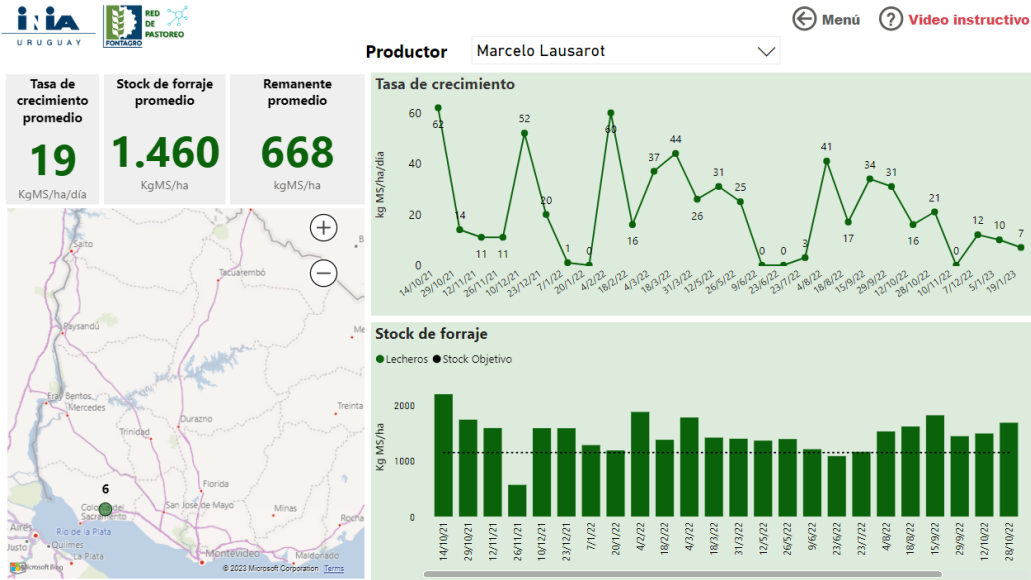


Figura 17: Evolución de la tasa de crecimiento promedio (gráfico de líneas, arriba) y del stock promedio de pasturas (gráfico de barras, abajo) de la plataforma de pastoreo en un tambo del Departamento de Colonia, Uruguay, desde octubre de 2021 hasta octubre de 2022.



Figura 18: Visor en línea disponible en Uruguay con entradas de recorridas de 44 explotaciones lecheras y de vacuno (impresión de pantalla del 4 de diciembre de 2023).

Durante 2023, se inició la actividad de cálculo de la materia seca total cosechada anualmente por hectárea. Esto implicó un taller con facilitadores en las granjas después de los 12 meses de mediciones en granjas de Uruguay para acordar una metodología común para establecer la línea de base y los supuestos para el cálculo de la información faltante (por ejemplo, la conservación



no registrada en el prototipo DSS). Hubo una amplia variación entre granjas en la cantidad de pasto cosechado, debido en gran parte a la carga ganadera media de la granja. Siete de las 12 explotaciones se alinearon casi perfectamente en una línea correspondiente a un consumo teórico del 2,2% del peso vivo de los animales (es decir, cerca del máximo alcanzable para estos sistemas). Las otras cinco explotaciones cosecharon forraje por debajo de su potencial. En promedio, las granjas cosecharon 6800 kg MS/ha/año, esto es 55% más que el promedio de fincas lecheras uruguayas, como se presenta en la figura 19. En la figura 20, se muestran resultados preliminares del producto bruto, de las mismas fincas, en dos escenarios diferentes.

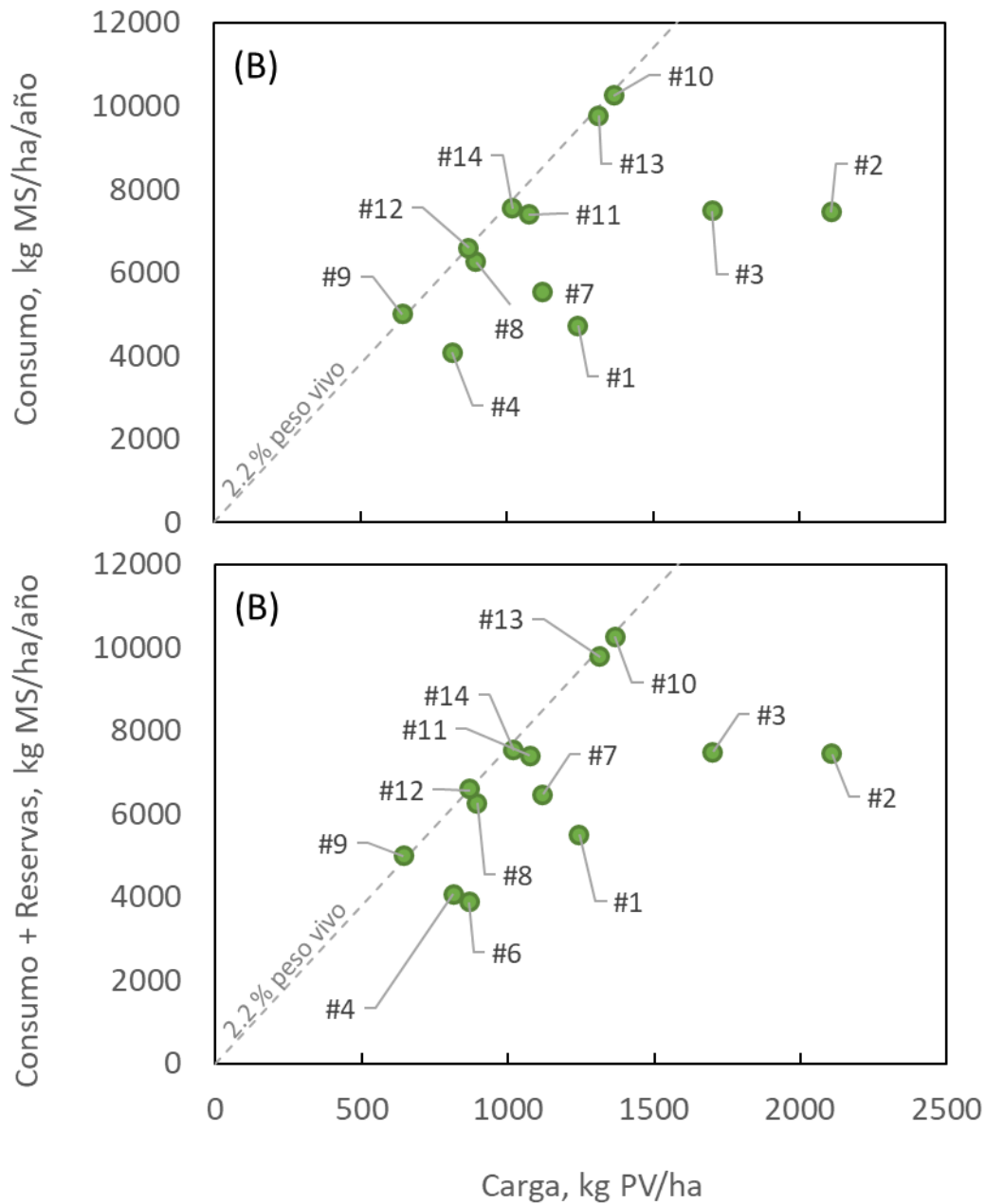


Figura 19: Biomasa (kg materia seca) consumido por pastoreo directo (A) o por pastoreo directo + reservas por corte mecánico (B) en 12 predios durante 12 meses. La línea de puntos indica consumo teórico correspondiente al 2.2 % del peso de los animales.

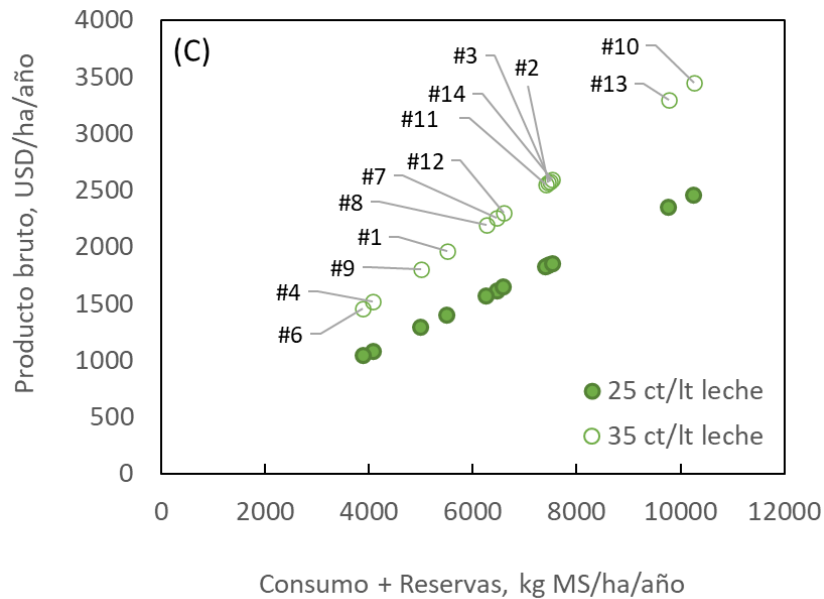


Figura 20: Producto bruto (US\$/ha) estimado a partir de la cosecha anual de pasto lograda en 12 predios, para dos precios de leche (0.25 y 0.35 US\$/litro), en función de la relación entre margen de alimentación y consumo de pasto generada por el proyecto “Producción Competitiva” para 296 tambos (Chilibroste y Battezzore, 2023).

Productos generados

Los productos del conocimiento resultantes de este componente, y comprometidos en la matriz de resultados son:

- [Producto del conocimiento número 4](#). Monografía: Pilotos en fincas experimentales que han adoptado el Software SSD para su planificación y gestión de la alimentación y pastoreo
- [Producto del conocimiento número 5](#). Nota técnica sobre talleres de capacitación realizados para la ejecución de la etapa de validación de la herramienta web.



Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones

Calibración para especies representativas de Argentina y Uruguay

En Argentina, se condujeron experimentos durante dos ciclos de crecimiento en 2021, 2022 y 2023 en Balcarce, evaluando agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) y festuca alta (*Festuca arundinacea*) especies representativas de ambos países. Los datos fueron tomados en parcelas de 6m² con diferente dosis de fertilizante nitrogenado. Se realizaron mediciones durante los rebrotes de primavera y otoño, usando modelos de regresión exponencial basados en 15 vuelos.

Los algoritmos desarrollados para las distintas especies y épocas del año se detallan en la tabla 7 y figura 21. Los rangos de biomasa y NDVI explorados fueron de 853 – 8515 kg MS ha⁻¹ y 0,19 – 0,74, respectivamente. Los modelos de regresión exponencial que se ajustaron en cada fecha presentaron en promedio un R² de 0,83 (0,69 – 0,9) y un MAE de 160 kg MS ha⁻¹ (94 – 257).

El análisis confirmó que la relación entre el NDVI y la biomasa es no lineal y varía según la especie y la fecha, sin ser influenciada por el estado nutricional de nitrógeno de las pasturas.

Tabla 7: Algoritmos de calibración ajustadas para cada fecha de vuelo en ambas especies

Estación	Año	Fecha	Ecuación	
			Agropiro	Festuca
Primavera	2021	F1		$y = 441,63e^{3,12x}$
		F2	$y = 390,46e^{3,81x}$	$y = 328,4e^{3,53x}$
		F3	$y = 853,92e^{3,22x}$	
	2022	F2	$y = 967,71e^{2,04x}$	$y = 854,4e^{1,99x}$
		F3	$y = 1656,84e^{1,87x}$	
Otoño	2022	F1	$y = 238,38e^{3,57x}$	$y = 682,77e^{1,87x}$
		F2	$y = 618,19e^{2,34x}$	$y = 597,3e^{2,17x}$
	2023	F1	$y = 201,62e^{3,70x}$	$y = 246,32e^{3,59x}$
		F2	$y = 192,48e^{4,43x}$	$y = 567,41e^{2,72x}$

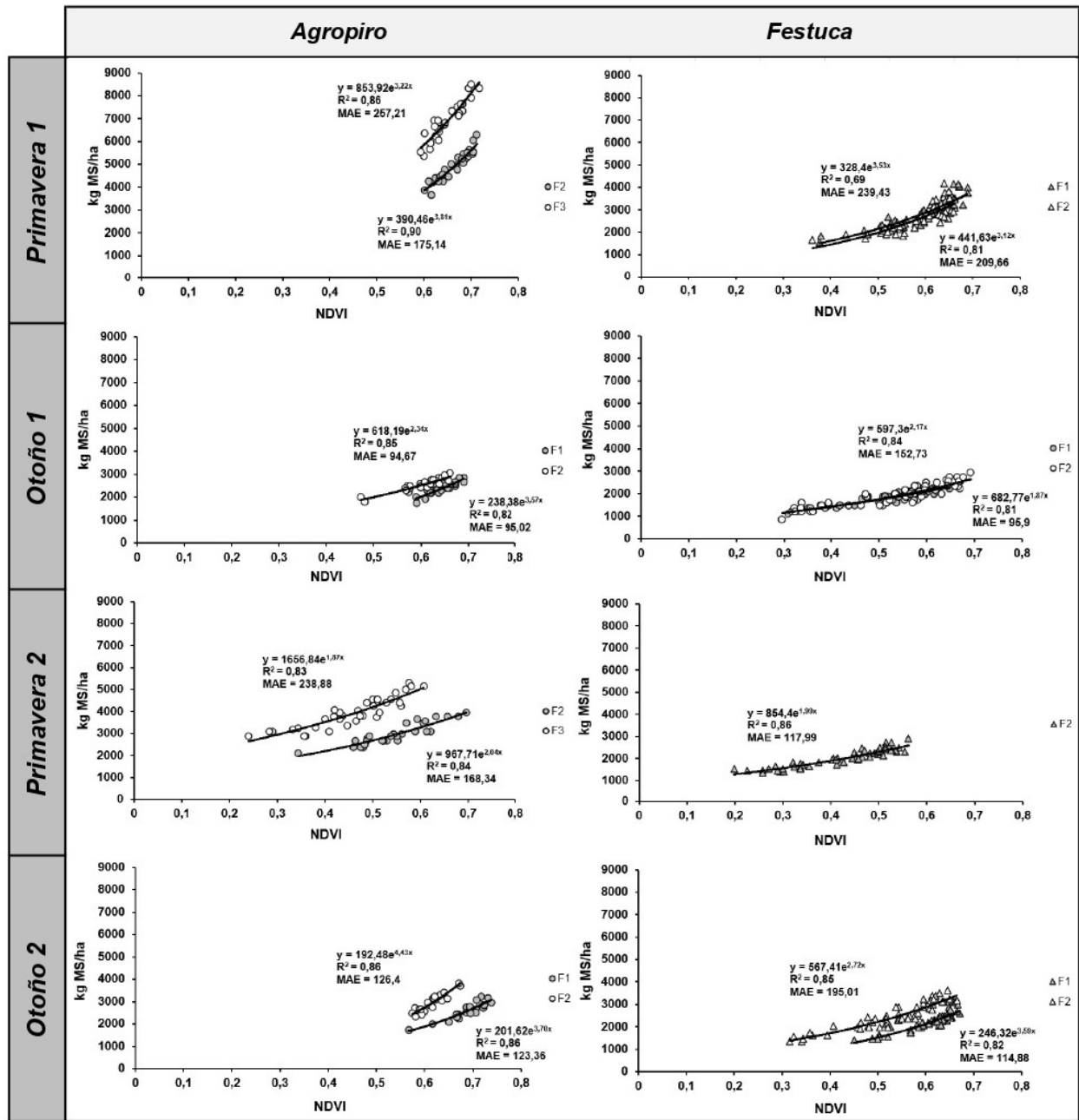


Figura 21: Efecto de la fecha de vuelo sobre las curvas de calibración NDVI – biomasa para agropiro y festuca.



Calibración para especies representativas de Costa Rica

En Costa Rica, se estudiaron pasturas de *Cynodon* sp y *Brachiaria brizantha*. Para el caso del pasto Bermuda (*Cynodon* sp), usando los índices de vegetación NDRE y CIRE como variables predictoras de biomasa seca, se obtuvieron modelos con una precisión intermedia, R^2 de 0,62, 0,60 y un RMSE de 400 y 408 kg MS.há⁻¹, respectivamente, figura 22.

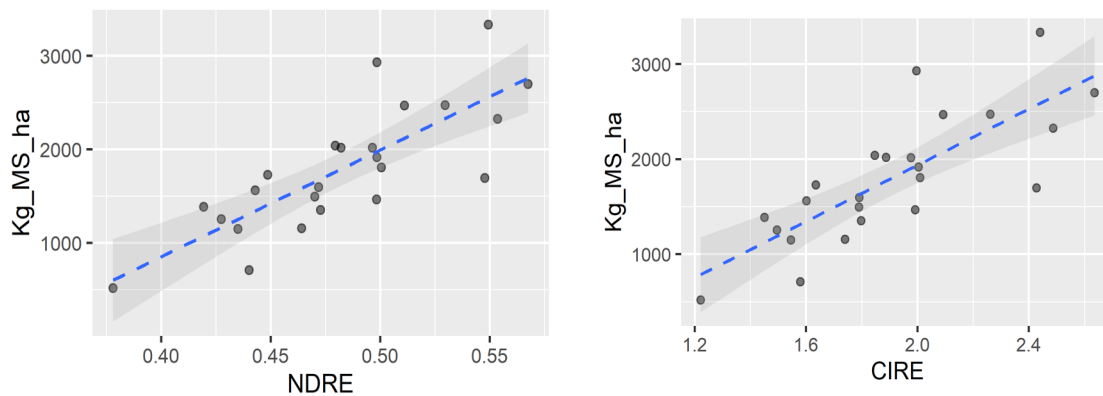


Figura 22: Relación entre los índices de vegetación NDRE, CIRE y la biomasa seca pasto *Cynodon* obtenidos con sensor multiespectral acoplado a un dron, Cañas, Costa Rica.

Sin embargo, cuando se integraron más índices en un modelo de Random Forest (RF), la precisión del modelo fue el más preciso para predecir la biomasa seca, logrando un R^2 de 0.87.

En el caso del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*), los índices NDRE, CIRE y GCI mostraron las correlaciones más altas con la biomasa seca ($r \geq 0.55$), y el modelo RF integrando varios índices, también fue el más adecuado para esta especie, alcanzando un R^2 de 0.62.

Productos generados

Como resultados de este componente, están disponibles en la página web del proyecto para que el lector pueda profundizar más en el desarrollo de las actividades, los productos del conocimiento comprometidos en la matriz de resultados:

-[Producto del conocimiento número 6](#): Nota técnica: Algoritmos que estiman disponibilidad de pasto a partir de valores de índices multiespectrales tomados con drones en pasturas típicas de los 3 países.

-[Producto del conocimiento número 7](#): Nota técnica: Protocolo para el uso de drones en la estimación de pasto.



Indicadores Técnicos

A continuación, en la tabla 7, figura 23 y 25, se presentan indicadores generados a partir de la cooperación técnica.

Tabla 8: Indicadores generados al finalizar el proyecto

Indicadores	Unidad del indicador	Total
Fincas de validación	Número	44
Finca piloto lechera	Número	24
Finca piloto ganadera	Número	20
Hectáreas bajo monitoreo en 2024	Hectárea	18.941
Productores	Número	35
Mujeres productoras	Número	5
Profesionales hombres capacitados	Número	106
Profesionales Mujeres capacitadas	Número	43
Alcance público en general	Número	1.858
Usuarios de la herramienta	Número	338
Numero de predios cargados	Número	573
Número de potreros/apartos cargados	Número	11.698
Número de mediciones de biomasa cargadas	Número	103.331
Número de hectáreas afectadas	Número	103.238
Publicaciones	Número	7
Talleres y jornadas	Número	47

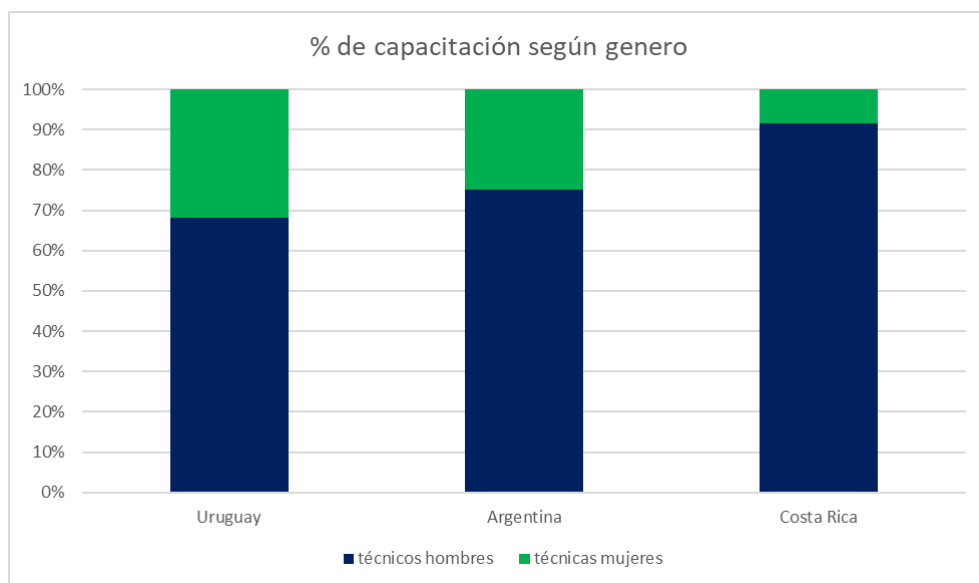


Figura 23: Porcentaje de capacitación según género

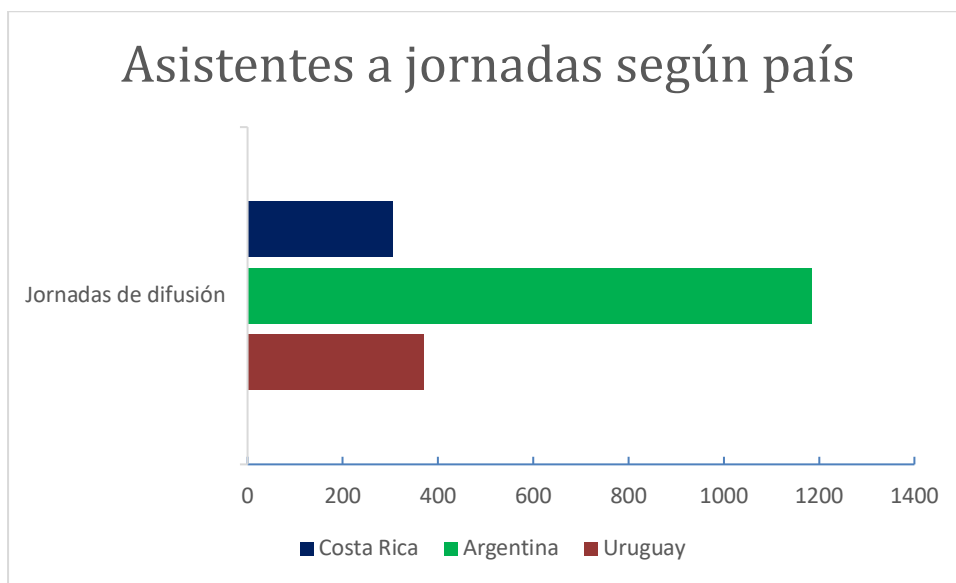


Figura 24: Total de asistentes a las jornadas de difusión discriminadas por país



Por último, con el objetivo de ilustrar la adopción de la tecnología por parte de los productores, se presentan varias gráficas: la evolución del número de predios registrados en el sistema 3Rweb (Figura 25), el aumento del área cargada al sistema (Figura 26) y la progresión del número de registros de biomasa incorporados al sistema (Figura 27). Estas gráficas muestran que la adopción de la tecnología continuó aumentando tras finalizar la etapa de validación en campo en junio de 2022. Actualmente, el sistema cuenta con 338 usuarios registrados, cerca de 12 mil potreros/apartos registrados y más de 5 mil recorridas cargadas.

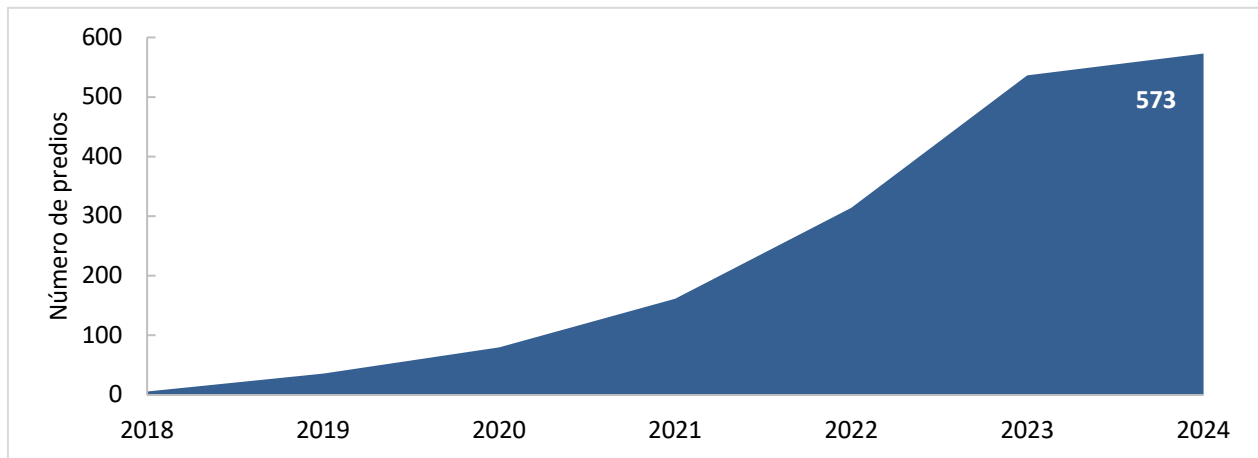


Figura 25: Evolución del número de predios registrados en el sistema 3Rweb (Fecha: 25/5/24).

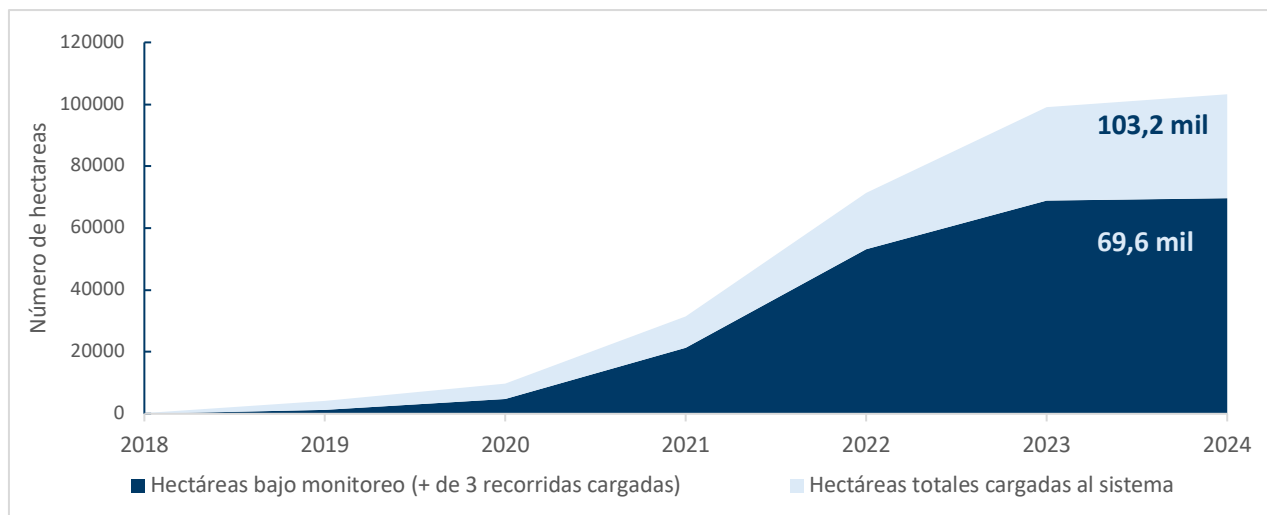


Figura 26: Evolución del área total cargada al sistema 3Rweb y evolución del área con más de 3 recorridas.

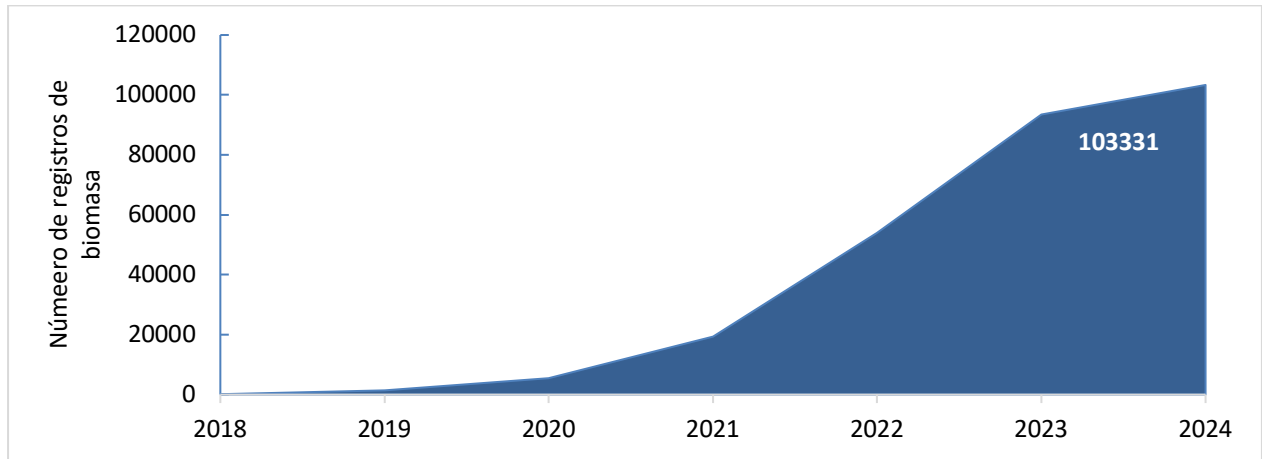


Figura 27: Evolución del número de registros de biomasa ingresados en el 3Rweb



Hallazgos Destacados

El proyecto se caracterizó por una gran participación e involucramiento de todos los actores, técnicos, productores e investigadores. Se generó una plataforma que sigue funcional luego de finalizada la ejecución del proyecto. A pesar del éxito conseguido en la etapa de validación de la herramienta, se encontraron algunos desafíos. En Argentina, algunos productores abandonaron, lo que llevó a la implementación de un proceso de suplantación para asegurar la continuidad y representación en la participación de este país.

En Costa Rica, la supervisión de los predios debió ser realizada por extensionistas del Ministerio de Ganadería ya que fue difícil encontrar técnicos que cumplieran con los requisitos formales necesarios para la contratación, debido a este motivo, en Costa Rica se retrasó el inicio de las actividades de monitoreo en las fincas.

Estos desafíos, se abordaron con estrategias flexibles y adaptativas, asegurando que el seguimiento del proceso se ajustara a las particularidades de cada contexto. La gestión proactiva de cambios y la coordinación estrecha entre los técnicos de las instituciones participantes fueron clave para superar los obstáculos y mantener el curso exitoso del desarrollo participativo de la herramienta AgTech.

En cuanto al desarrollo del software 3Rweb, se identificó que existe un “trade-off” entre la complejidad de la herramienta, su usabilidad y su capacidad para aportar valor a los productores. En este sentido, la metodología de “diseño basado en la experiencia del usuario” permitió que se alcanzará un equilibrio, pero el equipo técnico del proyecto entiende que el mismo es dinámico y a futuro podrían requerirse la incorporación de nuevas funcionalidades en la medida que los usuarios se familiaricen con la nueva tecnología.

Por otra parte, la creación de la API ha generado un nuevo paradigma de oportunidades para las instituciones participantes. Al posicionarse como generadoras de Sistemas de Soporte a las Decisiones (SSD), estas instituciones pueden ahora tercerizar la creación de interfaces más complejas que respondan a las necesidades dinámicas de los usuarios. Esto abre la puerta al desarrollo de emprendedores, fomentando oportunidades de negocio que aumenten la escalabilidad de la herramienta, mejoren su usabilidad y aseguren su sostenibilidad a largo plazo.



Historias de campo

Se han desarrollado 34 jornadas de difusión, durante la ejecución del proyecto en los tres países, generando un vasto material de historias de campo. Para profundizar más sobre testimonios de los participantes, se invita al lector a leer el producto de conocimiento número 4 (nota técnica), disponible en la página web del proyecto. A continuación, se presentan únicamente dos testimonios de productores de Uruguay, que participaron en las jornadas de difusión realizadas en dicho país “Digitalizando la gestión del pasto” (agenda descrita en producto del conocimiento 4), y respondieron la siguiente pregunta: **“¿Que cambió en tu establecimiento, en los últimos meses, tras la incorporación de este sistema de gestión del pastoreo?”**

Productor 1. *“Nos ayudó mucho a manejar la cuenta corriente de pasto, y a mejorar la calidad. Nosotros teníamos remanentes muy altos y logramos bajarlos con los datos que la herramienta nos daba y con las discusiones post-campo. A la hora de cerrar un potrero, nos sentíamos más seguros, ya que la herramienta nos decía que número de potreros cerrar, ya que antes lo hacíamos a ojo. La herramienta nos daba la hoja de ruta para la semana, aunque luego en la diaria a veces se cambiaba un poco. Nos ayudó mucho a planificar y lograr reservas de buena calidad.”*

Productor 2. *“En el caso nuestro, la implementación del programa nos ayudó a consumir pasto de mejor calidad, y así mejorar la producción. Hicimos más reservas. Se mejoró la producción desde que comenzamos este sistema. Las decisiones se tomaban en base a los datos y a la discusión. Fuimos bastante arriesgados para la generación de reservas, si ya sobraba un poco de pasto se cerraba el potrero para reserva. En eso nos ayudó muchísimo, y más hoy en día, que estamos entrando al invierno con poco pasto. Nosotras estamos muy tranquilas porque tenemos muchas reservas. En conclusión, obviamente que nos ordenó, pero, sobre todo, comer pasto de buena calidad, y eso se ve en la producción. Para implementar el programa, el trabajo que hay que hacer es relativamente rápido, y la información que da es muy buena y práctica. La información que da la herramienta, sin dudas paga el esfuerzo de tener que recorrer el campo cada quince días o semanalmente.”*

En Anexo 1. se presenta la tabla con los comentarios de los productores debido a la extensión de la misma supera el límite permitido en la presente sección.



Discusión

Componente 1 Formación de una plataforma regional de innovación en AgTech para sistemas pastoriles

La plataforma regional de trabajo en esta temática surgió por la confluencia de diagnóstico de los investigadores y técnicos de los 3 países: los niveles de cosecha de pasto en América Latina y el Caribe son muy bajos, en Costa Rica los animales en sistemas ganaderos y lecheros consumen el 45% del total de materia seca (MS) producido; en Uruguay, los sistemas lecheros cosechan 4.5 toneladas de MS/ha/año y en zonas ganaderas templadas de Argentina se estiman cosechas de forraje entre 2 y 4 toneladas MS/ha/año. En los tres países existe un potencial cercano al doble de los niveles actuales, por lo registrado en diversos estudios de campo en los cuales se ajustó el manejo del pastoreo y reservas a través de forma sistematizada. Si bien las técnicas y principios para sistematizar el manejo son conocidos, se carecía de herramientas disponibles para facilitar su implementación y escalamiento en tiempo y espacio. Sin embargo, existían algunos antecedentes de interés. Un centro de investigación en Irlanda ha desarrollado un sistema online que, a partir del ingreso de los valores de forraje disponible de fincas de productores, brinda información sobre el manejo del pastoreo, actualmente para nuestras condiciones no existe tal herramienta. En INIA Uruguay se desarrolló un prototipo para realizar mediciones bajo situaciones experimentales y estaba pendiente su ajuste y adaptación para aumentar usabilidad en diferentes contextos de fincas, rotaciones, usuarios. Por ello, se vio la oportunidad de generar una herramienta automatizada en la cual las decisiones en la gestión del pasto sean de fácil acceso y entendimiento para productores.

Componente 2 Desarrollo del sistema de soporte a las decisiones (SSD) de pastoreo y confección de reservas residente en la nube

El desarrollo de la herramienta 3Rweb ha demostrado ser un paso significativo hacia la modernización y optimización de la gestión del pastoreo en Argentina, Costa Rica y Uruguay. La colaboración entre estos países ha permitido abordar una brecha tecnológica existente en América Latina y El Caribe, específicamente en el desarrollo de un Sistema de Soporte a las Decisiones (SSD) para la gestión de potreros y la confección de reservas.

La introducción de la herramienta 3Rweb ofrece a los productores agropecuarios una solución tecnológica para simplificar y optimizar la toma de decisiones en tiempo real relacionadas con el pastoreo y la gestión de recursos forrajeros. La falta de un Sistema de Soporte a las Decisiones en este ámbito en la región ahora ha sido abordada con éxito.

Argentina, Costa Rica y Uruguay han combinado sus esfuerzos y recursos para superar los desafíos tecnológicos y adaptar la solución a las condiciones específicas de la región. El proceso de "diseño



basado en experiencia de usuarios" ha desempeñado un papel crucial en garantizar la adopción y escalabilidad de la herramienta. La participación de técnicos y productores en el proceso de prueba y ajuste de usabilidad ha permitido adaptar la interfaz y las funcionalidades de la herramienta según las necesidades y preferencias reales de los usuarios finales. Este enfoque centrado en el usuario ha contribuido significativamente a la aceptación positiva y la integración exitosa de la tecnología.

Además, se ha desarrollado una API que favorece la sostenibilidad y escalabilidad a largo plazo de la herramienta. Esta interfaz de programación no solo mejora la interoperabilidad y la adaptabilidad de la herramienta a futuros avances tecnológicos, sino que también facilita su integración con otros sistemas agrícolas, ampliando así su utilidad y alcance en la toma de decisiones en tiempo real y la gestión eficiente de recursos forrajeros en la región. La creación de la API no se limita a soportar la funcionalidad actual del software, sino que abre la puerta a futuros emprendedores e iniciativas que deseen desarrollar planes de negocio basados en esta tecnología. Al permitir que terceros puedan construir sobre la plataforma existente, se fomenta un ecosistema de innovación continua, asegurando que la solución pueda evolucionar y adaptarse a nuevas necesidades y oportunidades del mercado. Esta capacidad de expansión y adaptación no solo garantiza la relevancia del sistema a lo largo del tiempo, sino que también proporciona un modelo sostenible para su crecimiento y mejora constante.

Componente 3 Validación en fincas de la solución AgTech

Analizando los resultados obtenidos en la presente cooperación técnica, podemos destacar el éxito de la iniciativa. Inicialmente, nuestro objetivo era mejorar la eficiencia en la cosecha de pasto, implementando una innovación tecnológica AgTech. Durante el proceso se han presentado diversos desafíos, que, gracias a una fluida comunicación entre los distintos actores, hemos sido capaces de superarlos. Consideramos un caso exitoso desde un punto de vista técnico y social, ya que, si bien ha finalizado la etapa de validación de la herramienta y la financiación con fondos de FONTAGRO, continua a la fecha la participación de técnicos y productores, ya que creen en los resultados que brinda la utilización de la herramienta para la gestión del pastoreo, ayudando en la toma de decisiones a los productores.

El enfoque de desarrollo participativo con los usuarios finales posibilitó que la aplicación web incorporara efectivamente las demandas de estos, logrando un equilibrio óptimo entre la complejidad de la herramienta, su usabilidad y su capacidad para aportar valor a los productores. Este equilibrio, que es difícil de alcanzar con otros enfoques, fue fundamental para la adopción y escalabilidad de la tecnología.

Adicionalmente, dicho enfoque propició el entendimiento y la apropiación de la herramienta por parte de los productores, aspecto crucial para su difusión posterior entre pares, impulsando así la adopción de la tecnología y favoreciendo su aceptación en el ámbito productivo.



Consideramos que el visualizador diseñado para Uruguay, el cual exhibe los indicadores más importantes de la implementación tecnológica para cada productor individual, representa un paso inicial hacia la creación de un observatorio del funcionamiento de los sistemas pastoriles de producción animal en la región. Creemos que este visualizador tiene el potencial de expandirse para cubrir toda la región y, a medida que se sumen nuevos usuarios, se podría desarrollar un sistema que brinde valores agregados representativos de las distintas regiones agroclimática.

Componente 4 Estimación automática de la biomasa disponible mediante drones

El monitoreo de pasturas mediante sensores multiespectrales montados en drones ha demostrado ser una herramienta eficaz para la estimación ágil y no destructiva de la biomasa disponible. Este proyecto ha sido exitoso en calibrar el uso de drones para la estimación de biomasa en pasturas comúnmente usadas en Argentina, Uruguay y Costa Rica. Los distintos algoritmos generados están disponibles en el producto de conocimiento número 6.

Este proyecto demostró que la predicción de la biomasa basada en índices de vegetación varía según la especie forrajera y la época del año, y no se ve afectada significativamente por la dosificación de fertilizante nitrogenado. Esto sugiere que no sería adecuado utilizar una única curva de calibración para todas las especies y condiciones, sino que cada especie requiere una calibración específica que podría necesitar recalibraciones en diferentes momentos del año. El [producto de conocimiento número 7](#) de este proyecto aborda un protocolo sobre el uso de drones para estimación de biomasa que puede ser utilizado con este fin.

Este trabajo subraya la necesidad de futuros esfuerzos enfocados en el desarrollo de calibraciones temporales del uso de drones, con el fin de mantener la precisión en las estimaciones de pasto a lo largo del año para las distintas especies forrajeras de la región.



Conclusiones y recomendaciones

El proyecto ha concluido con éxito, alcanzando importantes hitos a lo largo de su desarrollo. Durante el primer año de ejecución, se logró la consolidación de una plataforma regional. En el segundo año, se llevó a cabo la validación del prototipo de la herramienta en fincas experimentales y comerciales. Finalmente, en el tercer año de ejecución (2023), se completaron diversas tareas clave:

- a) Se desarrolló un sistema de soporte a la toma de decisiones (SSD) para pastoreo y conservación de pasturas, disponible ahora en la nube.
- b) Un total de 42 fincas, tanto comerciales como experimentales, en Uruguay (18), Argentina (12) y Costa Rica (12) completaron exitosamente un período de monitoreo de 12 meses para las pruebas de SSD.
- c) Se realizó la calibración de drones para la estimación de biomasa.
- d) Se llevó a cabo una efectiva comunicación de los resultados y herramientas desarrolladas, mostrando la integración de la plataforma con los usuarios finales.

Se realizaron 34 eventos de difusión dirigidos a agricultores y técnicos, además de 13 talleres para aquellos interesados en implementar la herramienta en sus fincas. La funcionalidad de la red de pastoreo se ha mantenido, y el número de usuarios continúa aumentando. A la fecha, 44 productores en Uruguay, 30 en Argentina y 11 en Costa Rica utilizan la herramienta SSD. Es alentador observar cómo los productores y técnicos que han adoptado la herramienta SSD comparten sus experiencias, lo que contribuye al crecimiento continuo de la base de datos generada.

Los productos logrados representan un paso significativo en la modernización y optimización de la gestión del pastoreo en Argentina, Costa Rica y Uruguay. La colaboración entre estos países permitió abordar una brecha tecnológica en América Latina y el Caribe, desarrollando un SSD que facilita la toma de decisiones en tiempo real sobre el manejo del pastoreo y la confección de reservas. La herramienta ha demostrado su eficacia al mejorar la eficiencia en la cosecha de pasto y contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de la región.

El enfoque centrado en el usuario ha sido crucial para la adopción y escalabilidad de la tecnología. La activa participación de técnicos y productores en el proceso de prueba y ajuste de la herramienta permitió adaptar sus funcionalidades a las necesidades reales de los usuarios finales, resultando en una alta aceptación y uso continuado de la tecnología. Además, el desarrollo de una API ha mejorado la interoperabilidad y la capacidad de la herramienta para integrarse con otros sistemas agrícolas, ampliando su utilidad y siendo un componente clave para su escalabilidad y sostenibilidad.



El proyecto también ha creado una base sólida de datos y conocimientos que podrá ser utilizada para futuros desarrollos tecnológicos, proporcionando un marco de referencia valioso para la gestión de sistemas pastoriles en la región. En conclusión, el proyecto ha logrado su objetivo principal de desarrollar una solución AgTech que simplifica y optimiza la toma de decisiones en la gestión de pasturas, representando un avance significativo en la mejora de la productividad y sostenibilidad de la actividad ganadera en América Latina y el Caribe.

Desafíos para abordar en el futuro:

- **Escalabilidad y expansión de capacidades:** Es esencial continuar con la expansión de la herramienta "3Rweb" para incluir módulos adicionales, como la nutrición de vacas en lactancia y ganado en crecimiento, y la estimación de emisiones de GEI de animales. Estos desarrollos no solo mejorarán la precisión de la herramienta, sino que también aumentarán su relevancia y utilidad en una variedad de contextos ganaderos.
- **Integración con otras plataformas:** Es crucial fomentar la integración de la herramienta "3Rweb" con otras plataformas AgTech mediante APIs. Esta estrategia permitirá que la solución sea adoptada por una gama más amplia de usuarios y plataformas, aumentando su impacto y alcance en la gestión de recursos forrajeros.
- **Capacitación continua:** Se recomienda seguir capacitando a productores y técnicos en el uso de la herramienta, no solo en los países participantes actuales, sino también en otros países de América Latina y el Caribe. La formación debe incluir tanto aspectos teóricos como prácticos, utilizando datos y escenarios reales para asegurar una adopción efectiva y sostenible de la tecnología.
- **Monitoreo y evaluación:** Implementar un sistema continuo de monitoreo y evaluación de la herramienta en diversas condiciones agroclimáticas y de manejo. Esto permitirá realizar ajustes interactivos y mejoras basadas en el feedback de los usuarios, asegurando que la herramienta permanezca relevante y eficaz.
- **Fortalecimiento de la colaboración internacional:** Mantener y fortalecer la colaboración entre los países participantes y expandir la red de cooperación a otras naciones interesadas en adoptar la solución AgTech. La colaboración internacional es fundamental para compartir conocimientos, recursos y experiencias que puedan enriquecer el desarrollo y la implementación de la tecnología.

Estas recomendaciones no solo garantizan la sostenibilidad y escalabilidad de la herramienta desarrollada, sino que también contribuyen al desarrollo agropecuario de América Latina y el Caribe.



Anexo 1

Tabla 9: Testimonio de Productores de fincas de Uruguay

Productor	Región	Testimonio
Martin Negrin	COLONIA	“El sistema es impecable, nos ordenó. Nos muestra cuales son los potreros para cerrar para hacer reserva. Nos ayudó a entrar a los potreros con buena calidad de pasto y ordenar los turnos de pastoreo por potrero.”
Andy Vignolo	COLONIA	“Al inicio nos costó entender y agarrarle la mano. Una vez que la entendimos le agarramos más confianza a los datos que nos daba. La experiencia estuvo muy buena, nos ayudó a ordenarnos en el manejo del pasto y de las reservas. Este año hemos generado más reservas que en años anteriores.”
Marcelo Lausarot	COLONIA	“Nos ayudó mucho a manejar la cuenta corriente de pasto, y a mejorar la calidad. Nosotros teníamos remanentes muy altos y logramos bajarlos con los datos que la herramienta nos daba y con las discusiones post-campo. A la hora de cerrar un potrero, nos sentíamos más seguros, ya que la herramienta nos decía que numero de potreros cerrar, ya que antes lo hacíamos a ojo. La herramienta nos daba la hoja de ruta para la semana, aunque luego en la diaria a veces se cambiaba un poco. Nos ayudó mucho a planificar y lograr reservas de buena calidad.”
Analia Bonjour	COLONIA	“En el caso nuestro, la implementación del programa nos ayudó a consumir pasto de mejor calidad, y así mejorar la producción. Hicimos más reservas. Se mejoro la producción desde que comenzamos este sistema. Las decisiones se tomaban en base a los datos y a la discusión. Fuimos bastante arriesgados para la generación de reservas, si ya sobraba un poco de pasto se cerraba el potrero para reserva. En eso nos ayudó muchísimo, y más hoy en día, que estamos entrando al invierno con poco pasto. Nosotras estamos muy tranquilas porque tenemos muchas reservas. En conclusión, obviamente que nos ordenó, pero, sobre todo, comer pasto de buena calidad, y eso se ve en la producción. Para implementar el programa, el trabajo que hay que hacer es relativamente rápido, y la información que da es muy buena y práctica. La información que da la herramienta, sin dudas paga el esfuerzo de tener que recorrer el campo cada quince días o semanalmente.”



Productor	Región	Testimonio
Antonio Rodríguez	FLORIDA	"En el caso nuestro lo que más nos cambió fue ordenarnos, tener un stock de pasto cada 15 días, tenemos una franja asignada, así como tenemos tantos kg de ración en el silo, tantos silos en la bolsa, sabemos cuánto pasto hay y hay que racionarlo y ver cuánto se puede dar."
Martín Cabrera	FLORIDA	"Te ayuda a aprender a agarrarle la mano a cuántos kg de pasto hay y a sacar de cuenta por lote cuántos kg de pasto le queremos dar. Y por otro el orden que te da, obligarse cada quince días a salir y hacer la recorrida. Porque yo soy de pasear, pero no de andar sacando cuentas de cuántos kg tenés de pasto, cuánto te queda. Esto te ayuda mucho a verlo. Estamos pensando en tratar de hacerlo en otros lugares para tratar de ser más eficientes. "
Sebastián Piriz	FLORIDA	"Lo que más nos aportó en la práctica fue el hecho de tener esa aplicación que te ayuda a ordenarte en la semana, cuánto pasto tenés, cuánto podés abrir la franja, y cuánto realmente está consumiendo para a la hora de hacer la cuenta en la dieta, ver realmente cuánto precisás. Manejar el pasto es un procedimiento que tenés que ir llevando semana a semana o cada quince días, que tiene que ser constante. El pasto está totalmente atado al clima, la cosa va cambiando, la tasa de crecimiento no es constante, y eso capaz que el arte de saber manejar el pasto es un poco eso. No hay una sola forma de hacerlo, los distintos moderadores de cada zona lo hacían unos con plato, otros a ojo, esa estrategia es lo que te lleva a ver cómo lo haces semana a semana."
Diego Madini	FLORIDA	"Somos unos privilegiados al poder contar con el aporte de tantos técnicos que hacen a la lechería y nos permiten a nosotros acceder a toda esta práctica y teoría que es la producción de pasto. Todos estamos convencidos que lo mejor es lo más barato, lo que nos permite ser competitivos, pero no le damos mucha pelota a la hora de dárselo a las vacas. Creo que es clave para el consumo de pasto la cantidad y calidad de reserva que tengamos, porque para poder mantener ese stock, es fundamental tener mucha calidad y cantidad de reserva."



Productor	Región	Testimonio
Bernardo Hareau	SORIANO	<p>“Han mejorado mucho el tiempo de permanencia, desde el inicio del proyecto, pero falta mucho camino por recorrer y seguir disminuyendo el tamaño de potreros porque siguen excediéndose en los días. Lo ideal sería no más de 72 horas y a veces están más de 7 días, hoy en día han achicado casi el 50% del tiempo de permanencia mediante la división de potreros (eran muy grandes). Al momento no se dividen más las parcelas por el acceso al agua. Veo como algo muy positivo que venga alguien externo a realizar las recorridas y que sea un día fijo en la semana. Ya que, si es el productor quien lo tiene que hacer, van a priorizar otras cosas, en cambio sí es alguien externo a la empresa le van a dedicar el tiempo, aunque no sea INIA (pensando en el futuro), sea de una cooperativa o la unión de varios productores.”</p>
Nelson Moleda	SORIANO	<p>“En nuestro caso teníamos muchas parcelas de no más de dos hectáreas cada una, entonces era imposible medir cada una de ellas, lo que resolvimos sobre la marcha era hacer grupos de parcelas y medir una de ellas, otro problema operativo que yo veo es que la tasa de crecimiento no es homogénea, hay parcelas que crecen mucho y otras muy poco, también la medición del stock de pasto es muy subjetiva y para mi da un margen de error muy importante. El problema de fondo que yo encontré es que el objetivo es tener determinado stock de pasto y hay dos variables de ajuste. Una es la suplementación del ganado y la otra es la carga. En la ganadería no es como en la lechería, no podemos usar nosotros la suplementación como variable de ajuste, en nuestro caso no es práctico. Tampoco es práctico ajustar por la carga, yo no puedo comprar y vender ganado en función de la tasa de crecimiento del pasto. Se compra y se vende en los momentos que es más rentable. Si bien la facilitadora le metió toda la onda, nosotros no nos sentimos cómodos con el programa. No nos ayudaba en el dato más importante, o en la decisión más importante, que es: que carga voy a tener este año o cuantos kg de carne quiero producir con las pasturas que tengo. Esa planificación con esta herramienta yo no la pude hacer.”</p>



Productor	Región	Testimonio
Ignacio Campanela	SORIANO	“La implementación del 3R WEB nos ayuda a tener un dato y planificar, antes se hacía más o menos a ojo y se iban tomando decisiones sobre la marcha. Ahora con los datos se puede tomar la decisión antes. El stock varía mucho, pero poder ver de antemano que te vas a quedar sin pasto te ayuda a prevenir. La planificación es fundamental, se puede subir y bajar la carga y te da un respiro, ya no se hace cuando te quedaste sin pasto.”
Alejandro Arrieta	SORIANO	“Al principio nos llevaba mucho tiempo nos fijábamos en la entrada y en la salida, pero le dábamos prioridad a la permanencia, no nos podíamos pasar de los dos o tres días. Con la implementación de este sistema nos cambió bastante porque empezamos a dar un número que antes no teníamos al remanente, a manejar stock y tener el orden de las parcelas. Nos sirve mucho este programa para tener una previsibilidad, siempre tenemos 15 días por delante para tomar una decisión y eso me parece que es clave, otra cosa que me pareció importante es poder visualizar las tasas de crecimiento, me pareció brutal”.
Juan Madruga	RÍO NEGRO	"Tengo un predio ganadero, cría y ciclo incompleto en campo natural y algo de pastura sembrada. Si bien yo no soy de acá de la zona estoy muy agradecido por el grupo, porque me abrieron las puertas. Creo firmemente en el sistema y en el grupo, esta gente está despegada, están muy inquietos y además son muy abiertos, eso permite crecer. Hace un año que estamos usando esta herramienta, convencido porque permite tomar decisiones, genera muchos datos, mucha información, y creo que va por ahí el sistema."



Productor	Región	Testimonio
Chacho Stirling (I)	RÍO NEGRO	"Recorremos una vez a la semana cada campo, cada área, y llego y lo primero que pregunto, que no tenía ese hábito, es el tema de tasa de crecimiento, que para mí es algo nuevo. Ya veníamos de probar otros métodos muy complicados. Y bueno, hubo que salir a aprender a manejar el pasto, aprendimos muchísimo sobre todo a poder estimar la tasa de crecimiento."
Marcos Medero	RÍO NEGRO	"Es una herramienta que es muy útil. Cuesta arrancar, cuesta salir a medir pasto, hay veces que tenemos bastante trabajo y da pereza, pero hay que hacerlo. Después que uno le empieza a agarrar la mano, después que uno se pone más baquiano en la recorrida, empieza a ver que hay cosas que se aprovechan bastante. En dos o tres horas uno recorre todo el campo, porque se tiene que atravesar todo el campo para llegar a los potreros que está midiendo, y en pocas horas tenés un pantallazo de todo, ves todo. Es una herramienta muy útil, nos ayuda a cuidar las plantas, nos ayuda a tener un control más de esas pasturas. Las parcelas las tratamos de hacer de dos a tres días, no más de eso, evitando comer los rebrotes, evitando que la planta entre en un pico de estrés por el corte, por el animal. Nos ayuda mucho a planificar, ya sabemos que área podemos cerrar."
Alvaro	RÍO NEGRO	"Lo que es la aplicación, en general, cuando lo arrancamos en el 2016 si no mal recuerdo, era mucha planilla Excel, cargábamos datos y llegó un momento que era un gorro de lana analizar, no teníamos cómo sacar los reportes, que sacás y ya te da la tasa de crecimiento, el stock, podés ir jugando con la planificación a un lote, dos lotes, que creo que eso es fundamental, por lo menos en la lechería que es parcela a parcela, cada para medio día. Lo otro que es fundamental de esto es el pastor, el que hace la recorrida es el que tiene que tomar la decisión."



Tabla 10: Resumen del testimonio de productores de Argentina

Productor	Región	Testimonio
Adalberto Marisco	Este	Se cumplió el primer año de haber implementado las mediciones con FONTAGRO y se alcanzaron los objetivos propuestos. Muy buena experiencia junto con el facilitador, ya que adoptó la mecánica de las mediciones correctamente. Los datos resultantes de las mediciones cargadas en la plataforma, les permitió tener con certeza el stock de todo el campo, la tasa de crecimiento, y en consecuencia ajustar el manejo. Un aspecto para destacar es que, gracias al seguimiento de la gestión del pasto, confeccionaron reservas, lo que les permitió afrontar la sequía. La intención es seguir con este esquema de mediciones para poder obtener datos que permitan realizar el manejo diario. En líneas generales, la herramienta les resultó muy útil, decidieron capacitar a una persona del equipo para efectuar las mediciones correspondientes.
Andrés Egli	Este	La herramienta les fue útil para poder definir con precisión la superficie a pastorear y la velocidad de rotación en función a las tasas de crecimiento. A su vez, lograron ajustar el stock de pasto. Continuarán midiendo el stock de pasto, por lo cual han capacitado a personal del establecimiento para hacerlo. En un futuro les parecería conveniente encontrar un sistema remoto para alivianar el esfuerzo de caminar todas las semanas con el pasturómetro.
Darío Dell Erba	Santa Fe Cerro	Previo al proyecto ya estaban trabajando en el manejo del pasto, es por ello que les pareció un buen desafío participar del proyecto. Pese a esto, no seguirán midiendo el pasto con la plataforma debido a que consideran que no está adaptada a climas cálidos como los que se presentan en la región.
Julián Imhoff	Santa Fe Cerro	En un principio los entusiasmó el proyecto. Luego, por cuestiones internas como falta de constancia en la toma de mediciones o dificultades para entender la dinámica, no lograron sacar el máximo provecho del proyecto. A su vez, a la hora de utilizar la plataforma, tenían cierta falta de confiabilidad en los datos que arroja, con lo cual los limitaba a la hora de tomar decisiones. Frente a esto, decidieron no continuar con el proyecto.
Gonzalo Pujato	Santa Fe Cerro	El proyecto les permitió mejorar la técnica de medición de pasto y su frecuencia. En este caso, tuvieron muy buena experiencia con el uso de la plataforma, y a su vez, continúan haciendo las mediciones con personal propio del establecimiento.



Productor	Región	Testimonio
Enrique Delpech	Mar y Sierras	Frente a la baja de uno de los establecimientos que participaban del proyecto dentro de la región, se unieron al proyecto 2 meses antes de que se terminen las recorridas del facilitador. Pese al poco tiempo dentro del proyecto, les parece muy interesante y tienen la intención de continuarlo.
Dolores Méndez	Mar y Sierras	El proyecto les permitió ajustar la carga a partir del seguimiento y manejo periódico del pasto. El facilitador no continúa tomando mediciones y tampoco lograron capacitarse en el uso de la plataforma. Sin embargo, el interés por acceder a la plataforma está.
Familia Barsottini	Mar y Sierras	El proyecto les permitió ajustar la carga a partir del seguimiento y manejo periódico del pasto. El facilitador no continúa tomando mediciones y tampoco lograron capacitarse en el uso de la plataforma. Sin embargo, el interés por acceder a la plataforma está.
Pedro Brandi	Litoral Sur	Antes de comenzar con el proyecto, estaban utilizando otra plataforma para el manejo del pasto. Sin embargo, al ingresar al proyecto adoptaron la nueva plataforma. En sí el proyecto les pareció muy útil para la gestión del pasto, lograron muy buenos resultados con la plataforma y los datos aportados por la misma. Continuaran con el uso de la misma, y las mediciones de pasto la realizará un encargado dentro del establecimiento. No obstante, algunas debilidades que registraron de la plataforma fueron: la falta de registro de la información que se va generando, la imposibilidad de manejar dos rodeos por separado, y que la plataforma no mide el aprovechamiento del pasto que vas haciendo a medida que ajustas el manejo. Más aún, proponen realizar un convenio con INTA con el fin de seguir utilizando la plataforma e ir en búsqueda de la mejora continua de la misma.
Eduardo Sere	Oeste	El proyecto les permitió diferenciar entre manejo eficiente y poco eficiente de pastoreo. A lo largo del proyecto lograron ajustar la técnica para medir tasa de crecimiento, rotaciones en lotes, stock, y así, entender el desarrollo de las diversas especies y sus requerimientos para definir ambientes. En el marco del proyecto, implementaron rutinas de recorridas, planificaciones y manejos como la resiembra. Los informes del facilitador fueron muy positivos porque en función a ello, tomaban las decisiones. Hoy en día no están utilizando la plataforma debido a la falta de familiarización con la misma. No obstante, consideran que hay varios puntos a mejorar en ella.



Productor	Región	Testimonio
Francisco Lugano	Oeste	El proyecto les permitió tener datos más certeros en cuanto a la medición de pasto y realizar manejos en función a las curvas de disponibilidad de oferta forrajera que iban obteniendo. Seguirán utilizando la plataforma y el facilitador será quien realice las mediciones.



Referencias Bibliográficas

AACREA (2012) De la Tierra al país – Informe para la Mesa de Enlace. Unidad de Investigación y Desarrollo de AACREA.crea.org.ar/images/documentos/compromiso/De%20la%20tierra%20al%20pa%C3%ADs%202011-12.pdf

AACREA (2019) Sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganadero crea.org.ar:8080/index.php/investigacion/ganaderia#forrajesyproduccionforrajes.org.ar/index.php/resultados/productividad-de-pasturas/ Accedido 17.04.2019.

Baeza S.; Paruelo J.; Ayala W. 2011. Eficiencia en el uso de la radiación y productividad primaria en recursos forrajeros del este de Uruguay. Agrocienza Uruguay. Volumen 15 (2): 48-59

Chilibroste P. y Battezzare G. (2014) Proyecto Producción Competitiva. CONAPROLE, Montevideo, Uruguay. 31 pp.

Chilibroste and Battezzare, 2023. Proyecto producción competitiva, sin publicar.

CONAPROLE (2019). Seguimiento forrajero satelital. eleche.com.uy/files/seguimiento-forrajero-satelitales.

Durante M., Piñeiro G., Irrisari G. y Oesterheld M. (2017). Primary production of lowland natural grasslands and upland sown pastures across a narrow climatic gradient. Ecosystems 20, 543-552.

Fariña S.R., Garcia S.C., Fulkerson W., Barchia I. 2011. Pasture-based dairy farm systems increasing milk production through stocking rate or milk yield per cow: Pasture and animal responses. Grass and Forage Science. 66, 316-332.

Fariña S.R., Alford A., Garcia S.C. y Fulkerson W.J. 2013. An integrated assessment of business risk for pasture-based dairy farm systems intensification. Agricultural Systems. 115, 10-20.

Fariña, S.R., Tuñon, G., Pla, M., Martinez, R., 2017. Sistema de pastoreo La Estanzuela: guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo 5–6. Boletín de Divulgación, INIA Uruguay.

FAO: La ganadería y sus desafíos en América Latina y el Caribe - Agronews. 2014.



<https://www.agronewscastillayleon.com/fao-la-ganaderia-y-sus-desafios-en-america-latina-y-el-caribe/>

Ganguli, A.C., Vermeire I., Mitchell R.B., Wallace M. 2000. Comparison of four nondestructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. *Agronomy Journal*, 92, 1211-1215.

Hanrahan L., Geoghegan A., O'Donovan M., Griffith V., Ruelle E., Wallace M. y Shalloo L. (2017) PastureBase Ireland: A grassland decision support system and national database. *Computers and Electronics in Agriculture* 136, 193-201.

Jiménez J.P. (2018) Efecto de la época y los días de rebrote sobre la producción y la calidad nutritiva de pastos en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Costa Rica. 108 pp.

López-díaz, J., Roca-Fernández A., González-Rodríguez A. 2011. Measuring herbage mass by non-destructive methods: a review. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 1, 303-314.

Martin, R.C.; Astatkie, T.; Cooper, J.M.; Fredeen, A.H. 2005. A Comparison of Methods Used to Determine Biomass on Naturalized Swards. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 152-160. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00145.x>

Ojeda J.J., Caviglia O.P., Agnusdei M.G. y Errecart, P.M. (2018) Forage yield, water- and solar radiation-productivities of perennial pastures and annual crops sequences in the south-eastern Pampas of Argentina. *Field Crops Research* 221, 19-31.

Sánchez J.M. (2007) Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. En: XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela. 25 pp.

Sanderson, M.A.; Rotz, C.A.; Fultz, S.W.; Rayburn, E.B. 2001. Estimating Forage Mass with a Commercial Capacitance Meter, Rising Plate Meter, and Pasture Ruler. *Agronomy Journal* 93:1281-1286.

Wang, Z.; Ma, Y.; Zhang, Y; Shang, J. 2022. Review of Remote Sensing Applications in Grassland Monitoring. *Remote Sensing*. 14(12):2903. <https://doi.org/10.3390/rs14122903>



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org