



Hub de innovación agroindustrial



Pastech
MANEJO INTELIGENTE DEL PASTO

Informe Final 2025

PASTECH

1. Ficha técnica del proyecto

PASTECH es un emprendimiento agtech que combina ingeniería electrónica, inteligencia artificial, machine learning y big data para medir y monitorear el stock forrajero en sistemas ganaderos. A partir de un pasturómetro electrónico y una plataforma de análisis de imágenes de sensores remotos (satélites y drones), sus modelos predictivos brindan información del stock de forraje disponible en cada sector del campo.

1.1. Datos generales

Página web: www.pastech.com.ar | Ubicación: Mar del Plata, Argentina

Correo: marino.alej@gmail.com | Contacto: +54 9 223 576 4127

1.2. Equipo emprendedor

- Fernando Genin – Cofundador y CEO.
- Juan Ramón Insua – Cofundador y director de I+D y Tecnología Internacional.
- María Alejandra Marino – Cofundadora y directora de Desarrollo de Negocios Regional y Logística.
- Ciro Tapia – Director de Estrategia Comercial.
- Yael Arricar – Directora de Marketing y Comunicaciones.
- Celina Laplacette – Desarrolladora de modelos de simulación.

Adicionalmente, tres técnicos en programación, dos ingenieros electrónicos y un científico de datos colaboran de manera semipermanente.

2. Resumen

Validagro es una plataforma de innovación abierta orientada a la validación experimental de tecnologías AgTech en sistemas productivos reales, con el objetivo de generar evidencia cuantitativa y cualitativa sobre su desempeño agronómico, operativo y económico. La iniciativa provee infraestructura productiva, soporte técnico interdisciplinario y un marco metodológico estructurado para la evaluación de soluciones tecnológicas, funcionando como un puente entre desarrollo tecnológico y adopción productiva.

En el presente estudio, Validagro facilitó el entorno experimental y operativo para la implementación y evaluación de la tecnología desarrollada por la startup, incluyendo la definición de protocolos de uso, la recolección de datos productivos y operativos, y el análisis de indicadores clave de desempeño (KPIs) vinculados a productividad, eficiencia y potencial de escalabilidad.

Si bien el framework de Validagro establece que las tecnologías participantes sean sometidas al cumplimiento de hipótesis técnicas y KPIs predefinidos, en este caso **no se implementó un diseño experimental**

estadístico formal (con replicación, controles y análisis inferencial). La evaluación se orientó a una **implementación adaptativa en condiciones productivas reales**, ajustada al manejo del productor, **con el objetivo de caracterizar la performance operativa de la tecnología y documentar la experiencia de uso en campo.**

En consecuencia, los resultados deben interpretarse como **evidencia empírica exploratoria y operacional**, basada en análisis descriptivo, observación técnica y métricas funcionales, sin constituir una validación estadística concluyente de hipótesis. El trabajo se posiciona como una **prueba de concepto en ambiente comercial**, orientada a reducir incertidumbre tecnológica y a identificar oportunidades de mejora para futuras instancias de validación con rigor experimental y estadístico pleno.

Se llevó a cabo una **validación a campo de la herramienta Pastech Satelital** en la Estancia “*Las Cabezas*”, perteneciente a Fersam Agroindustrial (Guaaleguay, Entre Ríos). El objetivo fue **contrastar las estimaciones de biomasa aérea generadas a partir de imágenes satelitales** con datos productivos reales derivados de la **cosecha y confección de rollos de heno**, así como con **calibraciones in situ mediante pasturómetro**. Pastech suministró al equipo técnico de campo, el pasturómetro electrónico, la plataforma web, los protocolos de uso, la capacitación y el seguimiento para el uso de la tecnología.

Se monitorearon **lotes con pasturas consociadas** destinadas tanto a **pastoreo directo como a la generación de reservas forrajeras**. La validación se estructuró en **dos ventanas temporales contrastantes**:

- **Primavera temprana** (fines de octubre a principios de noviembre de 2025)
- **Inicio de verano** (mediados a fines de diciembre de 2025)

Este diseño permitió evaluar la performance del modelo satelital bajo **condiciones fenológicas y ambientales divergentes**, representativas de escenarios productivos críticos para la toma de decisiones forrajeras.

3. Hipótesis

Hipótesis 1: Pastech Satelital es capaz de **estimar con precisión el stock forrajero** de los lotes de Fersam Agroindustrial a través de imágenes satelitales.

Hipótesis 2: La utilización de Pastech para la **asignación periódica de carga mejora la eficiencia en el uso de los recursos forrajeros** de las empresas ganaderas.

4. Indicadores clave de desempeño (KPI)

1. Determinación de lotes y medición con pasturómetro y satelital.
2. Cuantificación de la diferencia entre las estimaciones del pasturómetro y las del sistema satelital.
3. Cuantificación de la diferencia de stock entre pasturómetro y Pastech Satelital (umbral objetivo: menor a 350 kg MS/ha).
4. Cuantificación del coeficiente de variación del desvío de stock de pasto por potrero entre fechas de medición.

5. Materiales y métodos

5.1. Diseño del estudio

Se contrastaron **estimaciones indirectas** de biomasa aérea obtenidas a partir de **imágenes satelitales** procesadas por Pastech Satelital con **datos productivos reales derivados de la confección de rollos de heno y mediciones de calibración con pasturómetro**. El monitoreo satelital de los lotes se inició en agosto de 2025 y se extendió hasta fines de diciembre del mismo año.

5.2. Métodos de estimación

1. Para cada lote y según el tipo de pastura predominante:
 - a. Se midió con pasturómetro, la altura del forraje en múltiples puntos del lote;
 - b. Se cortó la biomasa dentro del área efectiva del pasturómetro (**radio 18 cm**) y se secó en estufa hasta peso constante. Posteriormente se generó una **curva de calibración altura–biomasa**, utilizada para transformar las lecturas de altura en estimaciones de materia seca por hectárea en cada lote.
2. Al no utilizar la superficie completa para corte de cada lote, se compartió al personal pertinente de Pastech, el KMZ de corte, el cual lo utilizó para estimar el stock forrajero.
3. Se estandarizó un peso de 500 kg cada uno. Se estimó un remanente de pastura de 400 kg. Cada rollo fue confeccionado bajo los mismos estándares y protocolos para lograr robustez en los datos resultantes.

5.3. Lotes evaluados

El Cuadro 1 presenta las características de los lotes destinados a producción de rollos, incluyendo la composición de la mezcla forrajera, la superficie de cada lote y la fecha de corte.

Lote	Mezcla forrajera	Superficie (ha)	Fecha de corte
Clé Sur 1	Lotus + Trébol + Festuca + Raigrás	36	02/11/2025
Clé Sur 2	Lotus + Trébol + Festuca + Raigrás	17	02/11/2025
Santa María 1	Alfalfa + Cebadilla + Festuca + Trébol blanco	12	27/10/2025
Santa María 2	Alfalfa + Cebadilla + Festuca + Trébol blanco	13	27/10/2025
San José Norte 1	Alfalfa + Cebadilla + Festuca + Trébol blanco	36	31/10/2025
San José Norte 2	Alfalfa + Cebadilla + Festuca + Trébol blanco	20	31/10/2025
Clé Sur (1 y 2)	Lotus + Trébol + Festuca + Raigrás + Alfalfa	71	27/12/2025
Tablas Sur 1	Lotus + Trébol + Festuca	37	15/12/2025

Cuadro 1. Características de los lotes destinados a producción de rollos.

5.4. Ajuste metodológico para el corte de verano

En la primera fecha de corte (**primavera temprana**), las estimaciones se basaron en **la última imagen satelital** disponible antes del corte mecánico, **corregida mediante la tasa de crecimiento estimada hasta la fecha de corte**. En la segunda fecha (**inicio de verano**), se contó con mayor disponibilidad de imágenes satelitales válidas próximas a la fecha de corte, por lo que **no fue necesaria esta corrección**.

Sin embargo, dado el **estado fenológico avanzado de las cubiertas vegetales en verano** (mayor proporción de tallos e inflorescencias frente a hoja verde), **se aplicó un ajuste específico sustentado en antecedentes bibliográficos (Katoch y col., 2016; Giles y col., 2026; Titei y col., 2016)** para contemplar los cambios en la estructura de la cubierta asociados al estado reproductivo. Este ajuste resultó necesario porque Pastech Satelital estima principalmente biomasa de hoja verde (pasto de calidad para pastoreo), no la totalidad de la materia seca acumulada.

6. Resultados

6.1. Cosecha de primavera temprana

El Cuadro 2 presenta el stock forrajero estimado por Pastech Satelital para la primera fecha de corte. Se incluye tanto el stock directo como el ajustado por la tasa de crecimiento hasta la fecha efectiva de corte.

Lote	Stock forrajero (kg MS/ha)	Stock + tasa crec. (kg MS/ha)	kg MS estimado total
Clé Sur 1	2.915	3.765	113.940
Clé Sur 2	2.932	3.782	54.094
Santa María 1	2.100	2.750	25.800
Santa María 2	2.100	2.750	27.950
San José Norte 1	2.335	3.135	91.260
San José Norte 2	2.109	2.909	46.180

Cuadro 2. Forraje estimado por Pastech Satelital para la primera fecha de corte (primavera).

La comparación entre los rollos estimados y los efectivamente cosechados se presenta en el Cuadro 3. La estimación global alcanzó un ajuste del 98 % respecto de la producción real (798 rollos estimados frente a 816 rollos cosechados) obteniendo, en promedio 5,7 rollos/ha estimados vs 5,8 rollos/ha cosechados.

Lote	Pastech rollos/lote	Pastech rollos/ha	Real rollos/lote	Real rollos/ha
Clé Sur 1 y 2	373	7,0	410	7,7
Santa María 1 y 2	119	4,8	112	4,5
San José Norte 1 y 2	305	5,5	294	5,3

Cuadro 3. Producción de rollos estimada por Pastech Satelital vs. producción real. Cosecha de primavera.

6.2. Cosecha de inicio de verano

El Cuadro 4 presenta el stock forrajero estimado para la segunda fecha de corte. En este caso, se descontó un remanente de 400 kg MS/ha.

Lote	Stock forrajero (kg MS/ha)	Remanente (kg MS/ha)	kg MS estimado total
Clé Sur	5.883	400	417.717
Tablas Sur 1	4.908	400	181.578

Cuadro 4. Forraje estimado por Pastech Satelital para la segunda fecha de corte (inicio de verano).

La comparación entre estimación y cosecha real se presenta en el Cuadro 5. Aplicando el ajuste metodológico descrito en la sección 5.3, la estimación explicó el 94 % de la producción real de 12,65 rollos/ha promedio estimados frente a 13,65 rollos promedio cosechados (1.410 rollos estimados frente a 1.501 rollos cosechados).

Lote	Pastech rollos/lote	Pastech rollos/ha	Real rollos/lote	Real rollos/ha
Clé Sur	983	13,8	1.027	14,5
Tablas Sur 1	427	11,5	474	12,8

Cuadro 5. Producción de rollos estimada por Pastech Satelital vs. producción real. Cosecha de inicio de verano.

6.3. Análisis de las diferencias

Los Cuadros 6 y 7 sintetizan las diferencias entre las estimaciones de Pastech y los valores reales informados por el productor para cada fecha de corte.

Lote	Pastech (rollos/ha)	Productor (rollos/ha)	Dif. rollos/ha	Dif. kg MS/ha
Clé Sur 1 y 2	7,0	7,7	-0,7	-350
Santa María 1 y 2	4,8	4,5	+0,3	+150
San José Norte 1 y 2	5,5	5,3	+0,2	+100

Cuadro 6. Diferencia entre Pastech y productor. Cosecha de primavera.

Lote	Pastech (rollos/ha)	Productor (rollos/ha)	Dif. rollos/ha	Dif. kg MS/ha
Clé Sur	13,8	14,5	-0,7	-350
Tablas Sur 1	11,5	12,8	-1,3	-650

Cuadro 7. Diferencia entre Pastech y productor. Cosecha de verano.

En primavera, la diferencia máxima fue de 350 kg MS/ha, coincidiendo con el umbral objetivo establecido como KPI. Dos de los tres grupos de lotes presentaron diferencias inferiores a 150 kg MS/ha, lo que refleja un **nivel alto de ajuste del modelo bajo condiciones normales de crecimiento**.

En verano, las diferencias aumentaron: Clé Sur registró -350 kg MS/ha y Tablas Sur 1 alcanzó -650 kg MS/ha, ambos **con subestimación sistemática**. Este incremento del error se explica por la **acumulación de**

materia seca remanente asociada al final del ciclo de pasturas y verdeos, que interfirió en la interpretación espectral de las imágenes satelitales. **En un contexto de déficit hídrico sostenido, el sistema no logró discriminar con la precisión requerida entre biomasa útil y material senescente.** Este resultado estaría asociado a la funcionalidad del producto. Pastech Satelital está desarrollada para la estimación de disponibilidad de biomasa de pasto de calidad destinado a pastoreo. Esto implica, cubiertas foliosas, **con acumulaciones de biomasa aérea de hasta 3000-3500 kg MS/ha**, con escasa presencia de estructuras reproductivas y material muerto. Tal como se esperaba, las estimaciones efectuadas en las pasturas evaluadas en verano (con acumulación de materia seca remanente asociada al final del ciclo de pasturas y verdeos, en un contexto de déficit hídrico sostenido) presentaron valores que se alejaron de la cantidad de material acumulado.

7. Evaluación de indicadores (KPI)

KPI 1 y 2 – Medición y cuantificación de diferencias: cumplido. Se completaron satisfactoriamente. Se realizaron mediciones con pasturómetro y satelital en todos los lotes, y las diferencias entre ambos métodos fueron cuantificadas en los Cuadros 6 y 7.

KPI 3 – Umbral de 350 kg MS/ha: parcialmente cumplido. Se cumplió en primavera (diferencia máxima: 350 kg MS/ha) pero no en la cosecha de verano (diferencia máxima: 650 kg MS/ha en Tablas Sur 1).

KPI 4 – Coeficiente de variación del desvío entre fechas: no evaluado. Este indicador no pudo ser calculado dentro del presente ensayo debido a la cantidad limitada de fechas de medición.

8. Validación operativa y experiencia de uso

Luego de la selección de los lotes, se avanzó con las metodologías de calibración del pasturómetro y el ajuste del stock forrajero. Como principal aprendizaje operativo se identificó **la necesidad crítica de capacitar al operario responsable de las calibraciones iniciales a campo**, ya que la precisión en la toma de datos impacta directamente en la calidad y confiabilidad de los resultados posteriores.

Si bien la adopción de la herramienta resultó rápida, la extracción de muestras para calibración exige **protocolos claros**, tanto para el procedimiento de medición como para la interpretación de los datos. Estos protocolos **deben ajustarse según el tipo de pastura** presente en cada potrero y la **frecuencia** de calibración requerida.

La plataforma permite, a partir de las estimaciones y la carga de los rodeos, **construir escenarios predictivos para la asignación de carga, el dimensionamiento de parcelas, la duración de las rotaciones y la gestión del stock forrajero**. En síntesis, se trata de una herramienta de alto potencial técnico y estratégico, pero que demanda calibraciones estacionales, protocolos estandarizados y disciplina operativa para sostener decisiones basadas en datos.

9. Contrastación de hipótesis

Hipótesis 1 – Pastech Satelital es capaz de estimar con precisión el stock forrajero de los lotes de Fersam Agroindustrial a través de imágenes satelitales: validada parcialmente. Pastech Satelital demostró alta capacidad de estimación del stock forrajero en condiciones normales de crecimiento y pastoreo

(primavera), con un ajuste del 98 % y diferencias dentro del umbral de 350 kg MS/ha. Sin embargo, durante el período estival, en un contexto de déficit hídrico y acumulación de materia seca senescente, el error de estimación aumentó (hasta 650 kg MS/ha), superando el umbral aceptable. Es importante distinguir entre dos usos del modelo: para la estimación de biomasa cosechable en cortes puntuales o en condiciones de monitoreo continuo en pasturas o verdeos con acumulaciones de forraje de calidad (hojas con escasa proporción de material muerto) de hasta 4000 kg MS/ha, el sistema mostró ajustes del 94–98 % en ambos períodos; para el monitoreo continuo orientado al manejo de rotaciones durante el verano, la acumulación de remanente (material muerto y estructuras reproductivas de baja calidad forrajera) compromete la confiabilidad de los mapas y el dashboard.

Hipótesis 2 – La utilización de Pastech para la asignación periódica de carga mejora la eficiencia en el uso de los recursos forrajeros de las empresas ganaderas: no validada. La capacidad de Pastech para mejorar la eficiencia en la asignación de carga fue observada durante el uso práctico de la herramienta en el período primaveral, pero no pudo ser validada cuantitativamente dentro de este ensayo. Esta hipótesis queda como una línea clara de trabajo y validación futura, que deberá evaluarse mediante un diseño experimental que permita medir el impacto en eficiencia productiva.

10. Conclusiones

Las estimaciones de biomasa generadas por Pastech Satelital en lotes de pasturas consociadas (mezclas de especies forrajeras) mostraron alta concordancia con los valores reales cosechados, independientemente del lote y de la fecha de corte analizada. En ambos momentos evaluados, la diferencia relativa entre la estimación y el valor real fue inferior al 6%, lo que valida la **robustez del modelo para estimar biomasa cosechable**.

No obstante, al ingresar en la temporada estival y en un contexto de déficit hídrico sostenido, la acumulación de materia seca remanente (asociada al final del ciclo de pasturas o verdeos, donde se evidenciaba la acumulación de estructuras reproductivas y material muerto) afectó la interpretación espectral, comprometiendo la capacidad del sistema para estimar el stock forrajero con la precisión requerida para el manejo operativo de rotaciones. Si bien se realizaron ajustes de calibración mediante pasturómetro, la magnitud y heterogeneidad del remanente superaron el umbral aceptable para la toma de decisiones.

La experiencia de uso indica que, desde la salida del invierno hasta el inicio de los períodos restrictivos por sequía y altas temperaturas, el modelo reproduce con alto grado de fidelidad el stock de pasto disponible. En ese rango temporal, la herramienta presenta un alto potencial para la toma de decisiones vinculadas al ajuste de carga y manejo según tipo de rodeo.

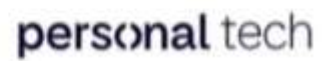
BIBLIOGRAFÍA

Katoch, R., Thakur, M., & Kumar, N. (2013). Effect of morphological stage and clipping intervals of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and Setaria (*Setaria anceps* Stapf.) on biochemical composition and in vitro dry matter digestibility in mid hill Himalayan region. *African Journal of Agricultural Research*, 8(19), 2183-2188.

Giles, P. Y., Menegazzi, G., Mattiauda, D. A., Utsumi, S. A., & Chilbroste, P. (2026). Forage Production and Sward Structure Dynamics of Tall Fescue (*Lolium arundinaceum*) Pasture Grazed to Different Sward Heights. *Agronomy*.

Tîtei, V., Blaj, V. A., & Marusca, T. (2019). The productivity and the quality of green mass and hay from romanian cultivars of *Festuca arundinacea*, grown in the Republic of Moldova. *Journal of Plant Development*, 26, 189.

Socios



Partners



www.validagro.com.ar