

# Seguimiento forrajero basado en imágenes satelitales

## El Estudio de Caso del Sistema Ganadero “La Mensualada”

Ing. Agr. M.Sc. Italo Malaquín  
 Gestora Agrop. Manuela de Torres  
 Ing. Agr. Ph.D. Mercedes Vasallo

El sistema de seguimiento forrajero que se presenta fue desarrollado por el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, LART, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA).

A partir de un convenio específico entre el Plan Agropecuario y la FAUBA, se transfirió la tecnología y actualmente es el Plan quien realiza el relevamiento y seguimiento forrajero satelital de campos ganaderos del Uruguay. Se genera información de producción forrajera histórica y actual (desde 2000 a la fecha) por zona agroecológica.



Foto: Plan Agropecuario

Esto permite entre otras aplicaciones, conocer la productividad de forraje anual de cada potrero, cómo es la distribución dentro del año, cómo varía entre años (año seco – año lluvioso), y las diferencias que pueden existir en producción entre los distintos recursos forrajeros presentes en un campo: campo natural, campo natural mejorado, praderas, verdeos, etc.

La variabilidad de la producción forrajera es un factor que provoca múltiples ineficiencias y trastornos, y su acrecentamiento incrementa tanto los riesgos como las oportunidades de las explotaciones ganaderas, que pueden ver sus trayectorias distorsionadas, tanto del punto de vista económico-financiero como social. Por lo tanto conocer dicha variabilidad y poder conocer las curvas de producción forrajera es de extrema importancia.

**La importancia de conocer en un sistema ganadero: la producción y variabilidad espacial y temporal de forraje de campo natural.**

El responsable directo del manejo de una explotación ganadera necesita cono-

cer la producción forrajera para tomar decisiones. Como por ejemplo, para crear un presupuesto forrajero, es decir, estimar a lo largo de un año, cómo va a ser la curva estacional de producción de forraje de ese campo, ya que no se produce todos los meses lo mismo y con alguna idea de variabilidad interanual.

A partir de realizar el presupuesto forrajero en un sistema de producción ganadero de base pastoril, se toma la decisión más importante de la ganadería: cuántos animales puede sostener dicho establecimiento. Posteriormente se define cómo van a estar distribuidos en el espacio y a lo largo del tiempo y qué desempeño productivo puede esperarse de ellos.

No obstante, la producción del campo natural no es estable a lo largo de los años. Depende, entre otras cosas, de la cantidad y de la distribución de las lluvias a lo largo de cada año y de las temperaturas. Por lo tanto, dado que la producción del campo natural varía de año a año, es muy importante contar con información que nos permita estimar la magnitud de dicha variación entre años. De este modo

podremos realizar ajustes de carga en el establecimiento y entre potreros de un mismo establecimiento, así como también planificar y manejar el exceso o déficit de forraje.

Actualmente se cuenta con datos de la productividad forrajera para campos naturales de Basalto en el Uruguay, para algunos potreros de las estaciones experimentales del País. Asimismo, los cálculos de la capacidad de carga de los sistemas ganaderos en campos natural de basalto son estimados en base a datos de producción de forraje correspondiente al pasado (periodo 1980 a 1994). Por lo que resulta de gran utilidad presentar un sistema de estimación de la productividad forrajera en tiempo real y a escala de potrero o unidad de manejo.

El seguimiento forrajero basado en imágenes satelitales, aparece como una herramienta de gran beneficio, ya que brinda información de tasa de crecimiento que es un insumo diario para estimar el forraje producido por el campo natural, a distintas escalas: de potreros, de sistemas ganaderos y dentro de un establecimiento comercial.

Al usar esta información, los productores ganaderos pueden contar con el dato de la producción de forraje al cierre de un ejercicio agrícola (de julio a junio), y relacionarlo con la producción de carne alcanzada durante el mismo período. A su vez, pueden compararse con la producción lograda por sus pares con sistemas de producción y recursos forrajeros similares, y pueden identificar y analizar las causas de las diferencias en términos de cuánto forraje se produjo por un lado, y de cómo se usó ese forraje para producir carne por otro lado. Este tipo de análisis es imposible de hacer si no se cuenta con una medida de la producción del pasto.

### La tasa de crecimiento del forraje y las metodologías de estimación en sistemas ganaderos con base pastoril.

La tasa de crecimiento del forraje (también llamada productividad forrajera o Productividad Primaria Neta Aérea, PPNA) representa la tasa de generación de nueva biomasa vegetal aérea por unidad de superficie y tiempo. A diferencia de la biomasa forrajera disponible, o stock, la tasa de crecimiento es una medida de flujo. A

pesar de estar más o menos reconocida la importancia de conocer la tasa de crecimiento del forraje, estimarla a campo mediante cosechas de pasto demanda mucho esfuerzo, es muy costoso en términos económicos y de tiempo. Entonces, se disponen de muy pocas estimaciones, por ejemplo, en unas pocas parcelas de una estación experimental durante algunos años. Extrapolar estas estimaciones a otros sitios puede ser adecuado para conocer tasas de crecimiento promedio, pero probablemente resulte en una estimación poco precisa para conocer la tasa de un recurso forrajero en un potrero y fecha particulares. Desde hace algunos años los datos aportados por los satélites pueden ser traducidos a tasa de crecimiento. De esta manera, se puede disponer de información con un detalle en el espacio y en el tiempo prácticamente imposible de alcanzar con cosechas de pasto. Estos datos de tasa de crecimiento permiten, a distintas escalas, desde el potrero hasta la región, analizar resultados

productivos, confeccionar presupuestos forrajeros, tomar decisiones de corto plazo sobre el aprovechamiento del forraje, evaluar el impacto de variables ambientales y de manejo, etc.

### La implementación del sistema de seguimiento satelital del forraje en el establecimiento ganadero “La Mensualada”

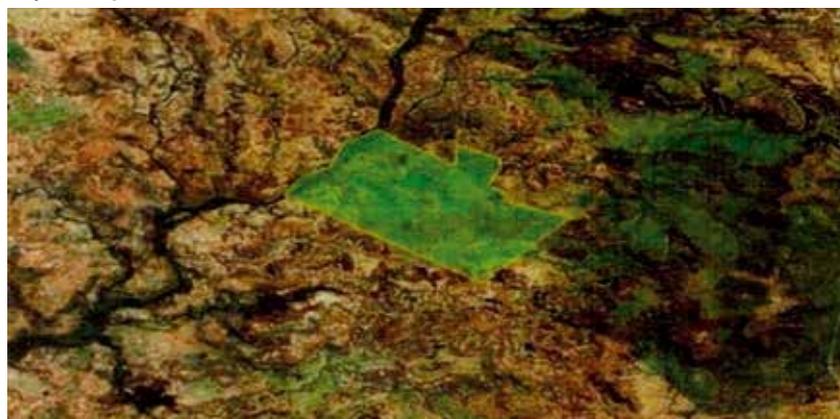
Se implementó el seguimiento satelital de forraje en el sistema ganadero mixto “La Mensualada” del Sr. Roberto Severino Javier García, de ciclo completo en bovinos de carne y criador en ovinos, ubicado en el paraje Corrales de Paysandú. Para esto se requirió de un croquis en papel del campo y/o un conjunto de puntos tomados con un GPS de distintos sectores del predio que sirven como referencia para ubicarlo en una imagen satelital.

Luego, con ayuda de por ejemplo Google Earth (Ver Figura 2), se hace el croquis digital del campo identificando cada uno de los potreros (Cuadro 1) y áreas no forrajeras que puedan interferir en la medición

**Cuadro 1.** Superficie efectiva de pastoreo monitoreada mediante el sistema de seguimiento satelital forrajero.

POTRERO	HECTÁREAS
Cerro Fondo	120
El Cerro	150
Invernada	40
Iglia B	40
El Fondo	137
El Medio	60
El Pepe	73
Casa Granja	132
La Pradera	30
Eléctrico Calle	50
<b>TOTAL</b>	<b>832</b>

**Mapa 1.** Imagen Satelital del Establecimiento Ganadero “La Mensualada”



(montes, caminos, lagunas). Por último, se eligen la mayor cantidad de píxeles posibles dentro de cada potrero (un píxel es la mínima área “observada” por el satélite). Además, se necesita una planilla de usos o coberturas de cada potrero, en lo posible desde el año 2000 al presente, que debe ser actualizada al menos una vez por año. Una vez hecho todo esto, que suele demorar no más de dos días de trabajo en una computadora, se puede contar con las estimaciones de tasa de crecimiento para los últimos 19 años.

#### Procesamiento de los datos obtenidos en el sistema ganadero “La Mensualada”

Los datos obtenidos desde el año 2001 al 2017 en el sistema ganadero La Mensualada, fueron procesados mediante medidas de estadística descriptiva. Como medida de tendencia central, se utilizó la media (promedio). La media aritmética o simplemente media, es el promedio aritmético de las observaciones, es decir, el cociente entre la suma de todos los datos y el número de ellos. Como medidas de dispersión, fueron utilizados el desvío estándar, el coeficiente de variación y rango. Se quisiéramos saber si la dispersión es muy grande en relación a la media, podemos calcular una estadística conocida como coeficiente de variación, cuanto mayor es el coeficiente de variación, mayor es la dispersión y menor la representatividad de la media. Finalmente, como otra medida de dispersión, el rango. Que es la diferencia entre el valor máximo y mínimo de las observaciones. Los periodos predeterminados para evaluar el crecimiento estacional fueron: a) diciembre, enero y febrero para el verano; b) marzo, abril y mayo para el otoño; c) junio, julio y agosto para el invierno y d) setiembre, octubre y noviembre para primavera. Así también, los periodos predeterminados para evaluar el crecimiento anual fueron los meses de enero a diciembre, por año calendario.

La producción de forraje anual, estacional y mensual se expresa como tasa de crecimiento diario (TCD) en Kg MS/ha/día. Se calcula la media, el desvío típico, el coeficiente de variación (CV) en porcentaje. Para el cálculo de la dotación se considera la unidad ganadera (UG) como una vaca de 380 kilos, que gesta y lacta un ternero

**Cuadro 2.** Tasa de crecimiento diario (Kg MS/ha/día) anual, producción anual de forraj (Kg MS/Ha/Año) y capacidad de carga (UG/Ha/Año).

Año	Kg MS/ha/día	Kg MS/ha/día	UG/ha/Año
2001	11,99	4.378	0,79
2002	11,56	4.218	0,76
<b>2003</b>	<b>13,03</b>	<b>4.755</b>	<b>0,86</b>
2004	11,46	4.184	0,75
2005	11,55	4.217	0,76
<b>2006</b>	<b>10,02</b>	<b>3.658</b>	<b>0,66</b>
2007	11,72	4.279	0,77
2008	10,41	3.801	0,69
2009	10,19	3.721	0,67
2010	11,11	4.054	0,73
2011	11,26	4.111	0,74
2012	11,02	4.021	0,72
2013	11,61	4.237	0,76
2014	12,45	4.545	0,82
2015	11,75	4.287	0,77
2016	12,18	4.446	0,80
2017	12,89	4.705	0,85
<b>Promedio</b>	<b>11,54</b>	<b>4.213</b>	<b>0,76</b>
<b>Desvió (+/-)</b>	<b>0,85</b>	<b>309</b>	<b>0,06</b>
<b>CV (%)</b>	<b>7,34</b>	<b>7,34</b>	<b>7,34</b>
<b>Máximo</b>	<b>13,03</b>	<b>4.755</b>	<b>0,86</b>
<b>Mínimo</b>	<b>10,02</b>	<b>3.658</b>	<b>0,66</b>
<b>Rango</b>	<b>3,01</b>	<b>1.097</b>	<b>0,20</b>

en el año. La asignación diaria de forraje se estima como el 2% del peso vivo (PV). Se considera un factor de uso del 50 %.

#### De datos a información para la toma de decisiones en los sistemas ganaderos del Basalto.

La importancia de los datos está en su capacidad de asociarse dentro de un contexto para convertirse en información. Por si mismos los datos no tienen capacidad de comunicar un significado y por tanto no pueden afectar el comportamiento de quien los recibe. Para ser útiles, los datos deben convertirse en información para ofrecer un significado, conocimiento, ideas o conclusiones.

La tasa de crecimiento diario anual de forraje de campo natural de basalto en el sistema ganadero la “Mensualada”, demostró una escasa variabilidad interanual (coeficiente de variación del 7,34%). De igual magnitud la variabilidad en la producción anual de forraje y en la capacidad de carga del sistema ganadero en cuestión (Cuadro 2).

La producción total anual promedio para este periodo fue de 4.213 kg MS/ha registrándose la mayor producción, 4.755

kg MS/ha, en 2003 y la menor producción de 3.658 kg MS/ha en 2006. Siendo, la capacidad de carga promedio anual (UG/ha) para este periodo fue de 0,76 UG/ha, registrándose la mayor y menor capacidad de carga en los años 2003 y 2006 respectivamente. Se observa que, 7 de cada 17 años (41 % de los años), la capacidad de carga fue menor al promedio.

Las estaciones de mayor importancia productiva son la primavera y el verano, donde se produce más del 65% del forraje anual (Cuadro 3 y 4). Mientras que, la estación que concentra la menor cantidad de forraje producido es el invierno.

Las estaciones de mayor importancia productiva son la primavera y el verano, donde se produce más del 65% del forraje anual (Cuadro 3 y 4). Mientras que, la estación que concentra la menor cantidad de forraje producido es el invierno.

Por consiguiente, la primavera y el verano son las estaciones que más contribuyen a la producción total anual de forraje, según la bibliografía examinada, lo que se explica por la alta frecuencia de especies estivales y las condiciones más favorables de temperatura y de humedad que se presentan en estas estaciones para su crecimiento.

**Cuadro 3.** Tasa de crecimiento diario (kg MS/ha/día) mensual y por estación (kg MS/ha/día). Se muestran la media, desvío estándar, coeficiente de variación (%), valores máximos y mínimos en kg MS/ha/Día.

<b>Primavera</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío</b>	<b>CV</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Setiembre	11,61	0,97	8,38	13,02	9,85
Octubre	15,34	1,16	7,57	17,57	13,05
Noviembre	17,60	1,66	9,45	19,86	14,05
<b>Promedio</b>	<b>14,85</b>	<b>0,96</b>	<b>6,48</b>	<b>16,31</b>	<b>12,31</b>
<b>Verano</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío</b>	<b>CV</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Diciembre	16,43	2,95	17,97	21,70	9,26
Enero	15,29	4,45	29,09	21,84	5,95
Febrero	14,60	2,64	18,11	18,70	8,31
<b>Promedio</b>	<b>15,44</b>	<b>2,92</b>	<b>18,90</b>	<b>18,71</b>	<b>7,84</b>
<b>Otoño</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío</b>	<b>CV</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Marzo	12,57	2,31	18,41	16,48	7,52
Abril	9,35	2,04	21,80	11,45	4,64
Mayo	6,66	0,94	14,12	7,83	4,49
<b>Promedio</b>	<b>9,52</b>	<b>1,66</b>	<b>17,44</b>	<b>11,71</b>	<b>5,55</b>
<b>Invierno</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío</b>	<b>CV</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Junio	5,45	0,60	11,08	7,15	4,58
Julio	6,04	0,86	14,23	7,94	4,60
Agosto	7,85	0,97	12,33	9,43	6,34
<b>Promedio</b>	<b>6,45</b>	<b>0,67</b>	<b>10,39</b>	<b>8,18</b>	<b>5,26</b>

**Cuadro 4.** Distribución estacional de la producción de forraje desde 2001 al 2017 en el sistema ganadero "La Mensualada"

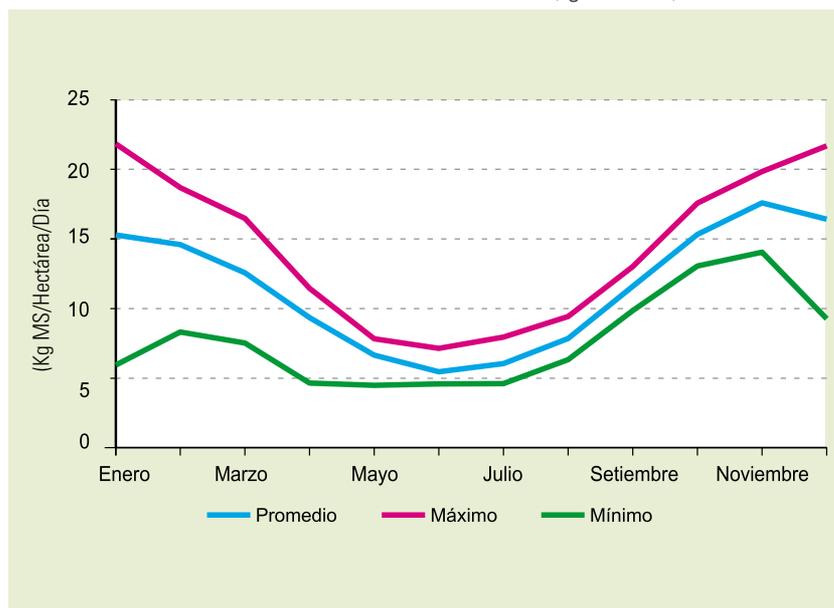
<b>Estación</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>	<b>Total</b>
Kg MS/ha	1.351	1.405	866	593	4.216
%	32	33	21	14	100

No obstante, se observa una gran variabilidad temporal (Cuadro 3) en la producción de forraje en la estación de verano (CV: 18,90 %), siendo la primavera la estación de mayor estabilidad en la producción de forraje (CV: 6,48%).

Sin embargo, a escala temporal mensual, la menor producción de forraje promedio se registró en el mes de junio, mientras que el mes de mayor producción promedio fue noviembre. Así también, el mes de enero resultó ser el mes de mayor variabilidad temporal o el más errático en la producción de forraje (Gráfico 1).

La primavera y el verano son las estaciones de mayor crecimiento del forraje y por lo tanto la cantidad de forraje que se produzca en ellas, condicionará la respuesta animal en el otoño e invierno,

**Gráfico 1.** Distribución mensual de la tasa de crecimiento diario (Kg MS/ha/día).



como así también, los resultados productivos, económicos y financieros de los sistemas ganaderos de basalto con base pastoril (Gráfico 2).

En este estudio se presentó, la tasa de crecimiento promedio diario (kg MS/ha/día), anual, mensual y por estación en el establecimiento ganadero “La Mensualada” desde 2001 a 2017. Además, la distribución mensual y estacional (%) de la producción de forraje de campo natural de basalto. Y se cuantificó la variabilidad de la tasa de crecimiento diario (kg MS/ha/día), anual, por estación y mensual.

Tendencias similares en términos de variabilidad temporal en la producción de forraje, fueron reportadas por trabajos de investigación realizados en el pasado para la región del Basalto, pero sus datos se consiguieron a escala espacial de parcela experimental diferenciados por tipo de suelo. A esta escala espacial (parcela experimental diferenciadas por tipo de suelo), la variabilidad estacional en la producción del forraje de campo natural de basalto que se reportó, fue muy superior a la que se observó en este trabajo.

### Consideraciones Finales

En este trabajo se cuantificó la productividad y variabilidad de la producción de forraje de campo natural de basalto desde 2001 a 2017, mediante un sistema de seguimiento forrajero basado en imágenes satelitales a escala de sistema de producción en el establecimiento ganadero de base pastoril “La Mensualada”.

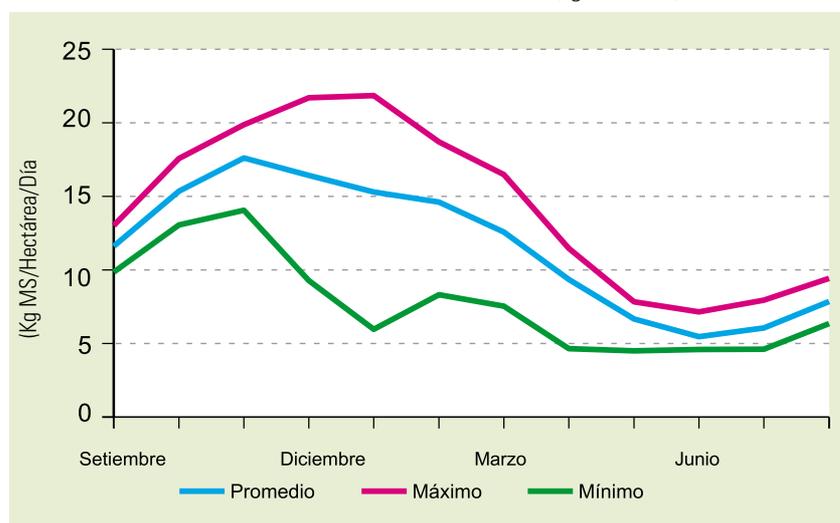
Para este periodo de evaluación, la tasa de crecimiento diario anual de forraje de campo natural de basalto en este sistema ganadero, demostró una escasa variabilidad interanual (7,34%). La primavera y el verano fueron las estaciones de mayor crecimiento del forraje, siendo la primavera la estación de mayor estabilidad, mientras que el verano y el mes de enero exhibieron los mayores coeficientes de variación en la producción de forraje, lo que significa, que cuanto mayor es dicha variación, menor es la representatividad de la producción promedio como indicador de atributos de una pastura. El invierno es la estación que concentra la menor cantidad de forraje producido.

Como consecuencia de lo expresado anteriormente, para reducir la inestabilidad



Foto: Plan Agropecuario

Gráfico 2. Distribución mensual de la tasa de crecimiento diario (Kg MS/ha/día).



productiva, económica y financiera de los sistemas ganaderos del basalto bajo frecuentes variaciones climáticas, resulta de suma importancia la gestión temporal del forraje producido en la primavera y el verano (Gráfico 2).

A escala espacial, en las 832 hectáreas de superficie efectiva de pastoreo monitoreada, “la Mensualada” presenta una gran variabilidad de suelos entre y dentro de potreros y niveles de intensidad o presión de pastoreo muy disímiles entre potreros en el tiempo. Por lo que, trabajos futuros de investigación deberían estudiar la producción y variabilidad temporal de la pro-

ducción de forraje a escala de potreros en este sistema ganadero.

Esto permitiría, una mejor comprensión para este sistema de producción bajo estudio, el conocimiento de la heterogeneidad espacio-temporal de la productividad del campo natural sometido a cambios en la intensidad de pastoreo a escala de potrero, lo que resulta prioritario para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. La inestabilidad climática afecta la producción física y económica de los sistemas ganaderos. El campo natural constituye un recurso estratégico para favorecer la resiliencia. ●