



# ¿Cómo estimamos la disponibilidad de pasto?

Para efectuar un balance forrajero es importante comparar la oferta de pasto con la demanda del mismo. En este artículo presentamos nuevas herramientas que agilizan la cuantificación del forraje disponible

En los sistemas pastoriles de Argentina los recursos forrajeros suelen ser manejados sin cuantificar adecuadamente la disponibilidad de los mismos.

Sin embargo, si se realizarán mediciones más precisas de la disponibilidad de pasto se podría hacer un uso más eficiente de los recursos ya que se lograría sincronizar adecuadamente la demanda (consumo animal) con la tasa de crecimiento de las pasturas. Esto permitiría ajustar la superficie a ensilar/enrollar cuando la tasa de crecimiento es mayor a la demanda (ej. primavera) o definir la cantidad de suplemento para cubrir los déficits de pasto cuando la tasa de crecimiento es menor a la demanda (ej. invierno).

Asimismo, en la producción pastoril, la heterogeneidad del suelo existente dentro de un lote tampoco es convenientemente considerada. Esta variabilidad genera zonas con diferente capacidad de producción forrajera que deberían ser cuantificadas. Conocer las potencialidades y limitaciones de cada ambiente también sería un elemento fundamental para utilizar eficientemente los recursos disponibles.

## Tecnologías que ya están al alcance del productor

### 1. Índices espectrales medidos con drones

Hoy en día existen diversas tecnologías que facilitan cumplir estos objetivos. Por ejemplo, la información espectral provista por sensores remotos o proximales ha sido un método difundido para el monitoreo de pasturas en diversos ecosistemas y regiones debido a que brindan una amplia cobertura espacial. La misma se combina de diversas maneras obteniendo índices vegetacionales. El índice verde normalizado (IVN), también llamado por sus siglas en inglés NDVI, ha sido el más utilizado ya que numerosos trabajos han encontrado que está asociado estrechamente con variables biológicas como biomasa aérea (cantidad de forraje) o área foliar (superficie de hojas sobre el suelo). Por lo tanto, el IVN podría ser una alternativa viable para estimar la biomasa de pasturas templadas como agropiro y festuca, ampliamente utilizadas en los sistemas ganaderos de nuestro país. Entre los instru-

P. L. Cicore<sup>1</sup>; J. R. Insua<sup>1</sup>;  
C. Laplacette<sup>1</sup>; M. A. Marino<sup>1</sup>;  
S. A. Utsumi<sup>1</sup>; G. D. Berone<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Producción y Utilización de Pasturas, Unidad Integrada Balcarce (EEA INTA Balcarce-FCA UNMDP).

<sup>2</sup> Universidad Estatal de Michigan, USA.  
cicore.pabloleandro@inta.gov.ar

mentos usados para obtener el IVN, se encuentran los drones (Figura 1a). Los mismos se han comenzado a difundir dentro de los sistemas agropecuarios dado que permiten capturar variaciones espaciales a nivel de predio comercial con elevada resolución (cada 2 cm), rapidez (~1 minuto por ha) y bajo costo (baterías recargables).

### 2. Medición de la conductividad eléctrica aparente del suelo

Por otra parte, la medición de la conductividad eléctrica aparente (CEa), la cual se define como la capacidad que tiene el suelo para conducir la corriente eléctrica, permite identificar áreas del terreno que puede variar en diversas propiedades del suelo (disponibilidad de agua, salinidad, pH, materia orgánica, etc) que, a su vez, están asociadas a variaciones en el potencial productivo de las pasturas. Como en el caso del IVN obtenido con drones, los sensores que miden la CEa, pueden mapear una gran superficie en relativamente poco tiempo (100-120 ha por día). Por lo tanto, también servirían para estimar, de manera indirecta, la variabilidad espacial de las pasturas.

#### Figura 1 |

(a) Despegue del Drone DJI Phantom utilizado para medir IVN en una pastura de agropiro alargado y (b) rastra Veris 3100 realizando el relevamiento de CEa en una pastura de festuca alta.



En este sentido, en el Grupo Producción y Utilización de Pasturas de la Unidad Integrada Balcarce (INTA-FCA) hemos realizado experiencias para evaluar si el IVN obtenido mediante drones y la CEa obtenida mediante la rastra Veris pueden ser estimadores adecuados de la cantidad de forraje (o biomasa aérea acumulada) en pasturas de agropiro alargado y festuca alta respectivamente. Además, evaluamos si estas relaciones varían según la disponibilidad de nitrógeno (N), con diferentes acumulaciones de forraje en un mismo sitio y período de tiempo.

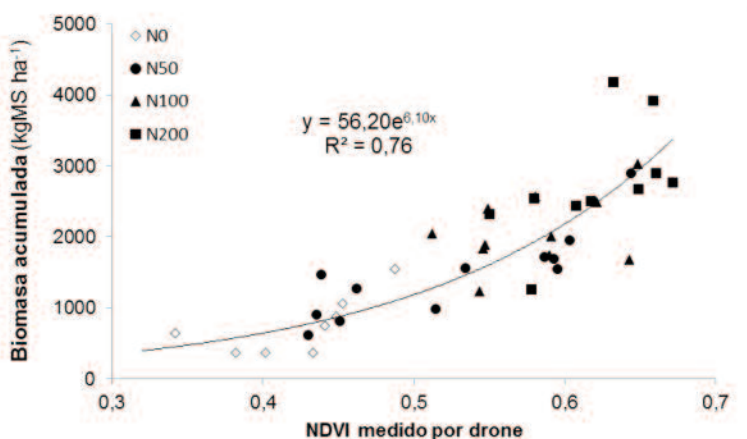
## Experiencias

### 1. Mediciones con drones

En Balcarce, en una pastura de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) establecida en un suelo Natracuol típico se efectuó en seis áreas clausuradas al pastoreo (sitios) un corte de emparejamiento a 5 cm de altura, seguido por la aplicación de fósforo para evitar déficits de este nutriente. En cada uno de estos sitios se delimitaron parcelas experimentales de 1,5 x 5 m donde se aplicaron cuatro niveles de N (0, 50, 100, 200 kg N ha<sup>-1</sup>)

A los 67 días de iniciado el rebrote se midió remotamente con un drone (80m de altura, 75% superposición) el IVN de cada parcela experimental. El vuelo se realizó con un Drone DJI Phantom 4 equipado con sensores multispectrales (cámara Sentera Double 4K). Finalmente, se realizó un corte al ras del suelo de la biomasa aérea acumulada en un marco de 0,25 m<sup>2</sup>, seleccionado aleatoriamente en cada parcela para determinar la cantidad de forraje acumulado desde el ras del suelo (kg MS ha<sup>-1</sup>).

**Figura 2** | Relación entre el IVN medido por el drone y la biomasa aérea acumulada en parcelas de agropiro con diferentes dosis de N.



### 2. Mediciones con Veris

En otro lote de aptitud ganadera, de 5,75 ha ubicado en Ayacucho y que tenía implantada una pastura de festuca alta (*Festuca arundinacea* (Schreb.)) se georreferenciaron 43 sitios ubicados en diferentes partes del lote. En cada sitio se marcaron dos parcelas experimentales de 1 x 1,5 m. Al inicio de dos rebrotes primaverales las parcelas experimentales recibieron fósforo para que este nutriente no fuera limitante, se realizaron cortes de emparejamiento a 5 cm de altura y se aplicaron dos tratamientos de N: 0 (N0) y 250 kg ha<sup>-1</sup> de N (N250). Transcurridos 45-55 días, y utilizando el mismo método del experimento donde se evaluó la eficiencia del IVN para predecir la biomasa aérea acumulada, el forraje fue cortado y secado para la determinación de la biomasa acumulada.

Paralelamente la sonda o "rastra" Veris 3100 fue calibrada y remolcada por el lote con una camioneta que se trasladaba a una velocidad de 20 km h<sup>-1</sup>. Así el equipo almacenó valores de CEa (mS m<sup>-1</sup>) a razón de un dato por segundo, y en un GPS se registró la latitud y

longitud al momento de la medición de cada dato para poder vincular las determinaciones de la CEa con las áreas de muestreo donde se instalaron las parcelas experimentales previamente georreferenciadas.

De esta manera, en los dos recursos forrajeros, se pudieron ajustar regresiones que relacionaron matemáticamente las variables predictoras (IVN y CEa) y el forraje acumulado de agropiro y festuca creciendo bajo diferentes niveles de N.

## Resultados

Los R<sup>2</sup> hallados en ambos experimentos indican cuanto de la variación de la biomasa aérea acumulada de las pasturas es explicada por el IVN o la CEa. En agropiro el IVN se asoció de manera directa y significativa con la biomasa aérea acumulada en el rebrote de primavera (R<sup>2</sup> = 76%) (Figura 2). A pesar que el incremento de la oferta de N aumentó visualmente el verdor de las hojas se pudo generar, para todo el set de datos, una sola curva de regresión entre IVN y biomasa aérea (Figura

# HORACIO SAN MARTIN y Cía. S.A.

## CONSIGNATARIA DE HACIENDA

De la Cámara Argentina de Consignatarios de Ganado

REMATES FERIA MENSUALES - NEGOCIOS PARTICULARES  
VIENTRES Y REPRODUCTORES - COMPRA Y VENTA DE CAMPOS  
ARRENDAMIENTOS - ADMINISTRACIONES

Av. Centenario 1109 - Tel. 2266 42 0019 - 2266 537586 - 2266 532292 - Balcarce  
e-mail: horaciosanmartinycia@gmail.com - WWW.SANMARTINYCIA.COM.AR

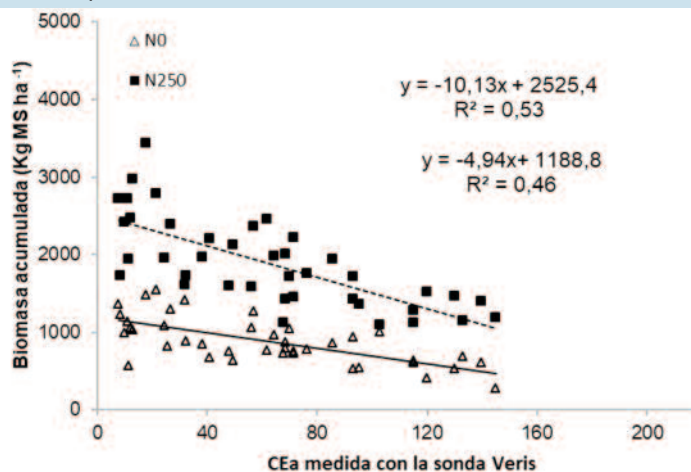
2). Esto sugiere que la estimación de biomasa aérea acumulada a través de una única curva de calibración de IVN sería un método aceptable para el monitoreo de pasturas de agropiro, creciendo en suelos con diferente fertilidad, y/o diferente fertilización nitrogenada. Sin embargo, cuando la acumulación de biomasa de esta gramínea templada es elevada (más de 3000 kg MS ha<sup>-1</sup>) la relación entre estas variables no es "satisfactoria", y el método de estimación con drones perdería precisión. Por consiguiente, este método de estimación de biomasa aérea con sensores multiespectrales montados en drones es confiable y sumamente útil cuando manejamos las pasturas según las recomendaciones de nuestro grupo (ver Guía Práctica para la implementación de las buenas prácticas de manejo de pasturas). Link:

<https://inta.gob.ar/documentos/mas-produccion-de-carne-menos-riesgo-y-mas-flexibilidad-con-pasturas-perennes-en-suelos-bajos>

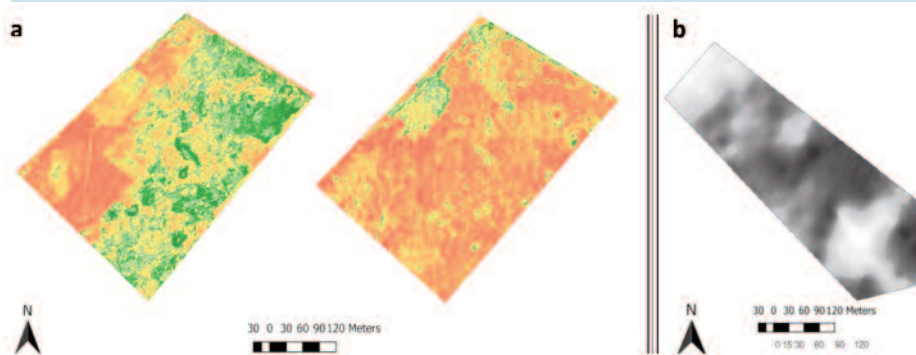
Por otro lado, en el lote que tenía implantada festuca alta, en los dos tratamientos de fertilización, la biomasa aérea acumulada promedio de los dos rebrotes primaverales y la CEa se relacionaron inversa y significativamente (Figura 3). Sin embargo, las curvas de regresión de N0 y N250 no fueron paralelas lo que indicaría diferencias entre sitios en la respuesta al agregado de N. Cabe recordar que la CEa "evalúa" el suelo, por lo tanto, no es una medición directa de la biomasa aérea acumulada o de algún parámetro del conopeo (por ejemplo, su reflectancia). Por ello, los R<sup>2</sup> fueron inferiores (Figura 3) a los hallados cuando se estimó biomasa a través del IVN (Figura 2).

Como vimos el N no afecta la relación entre IVN y biomasa, así es posible usar una única curva de calibración. En cambio, la CEa al medirse en una única oportunidad y obtenerse un solo dato para dos tratamientos de fertilización contrastantes, genera dos regresiones que, como fue mencionado, no fueron paralelas ya que las parcelas con menor CEa presentaron mayores respuestas al agregado de N que aquellas parcelas donde la CEa era elevada (Figura 3). Este comportamiento, justificaría la aplicación de recomendaciones de fertilización con dosis variable de N. En contrapartida,

**Figura 3** | Relación entre la CEa medida con la sonda Veris y la biomasa aérea acumulada en parcelas de festuca con diferentes dosis de N. Cada punto corresponde al promedio de dos rebrotes primaverales.



**Figura 4** | Mapas de distribución del (a) IVN y la (b) CEa en los lotes bajo estudio.



el uso de drones para estimar IVN o de la rastra Veris para calcular la CEa coinciden en la falta de subjetividad de los instrumentos. Por lo tanto, no se

esperan variaciones por ejemplo entre operarios, algo muy común en otros métodos tradicionales que se usan para estimar biomasa.

## CONSIDERACIONES FINALES

Captar el IVN de la pastura, y a partir de éste estimar la biomasa aérea, es muy rápido y tiene un relativo bajo costo cuando se utiliza un dron. Por lo tanto, esta herramienta puede ser usada de manera sistemática (por ejemplo, semanalmente) para generar mapas de disponibilidad forrajera que varían a través del tiempo (Figura 4a) y así poder evaluar las condiciones de las pasturas pre y post-pastoreo para un eficiente manejo del mismo. En cambio, las determinaciones de la CEa captan la variación espacial por factores edáficos que son más estables en el tiempo y explican gran parte de la variación de biomasa captada por dron. Al evaluar características edáficas los patrones de variación de la CEa, son relativamente constantes. Por lo tanto, no tendría utilidad realizar determinaciones sistemáticas de este parámetro para generar mapas de disponibilidad forrajera y así ajustar la demanda con la oferta de pasto. Su utilidad estaría relacionada con la generación de mapas que permitan la delimitación de ambientes que difieren en su potencial productivo (Figura 4b). Esta delimitación de ambientes facilitaría realizar práctica de manejo diferencial. Por ejemplo, la prescripción variable de N en función del potencial productivo de cada ambiente o sector del lote.