

**Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

Trabajo Final de Carrera Ingeniería Agronómica.

---

**Modalidad: Intervención Profesional. Tesis dúo.**

**Área temática: Forrajes y producción animal. Utilización de recursos forrajeros.**

**Funcionamiento y utilización de una pastura de alfalfa  
en un sistema de cría bovina en el oeste bonaerense**

**Alumno: Mongiello, Juan Pedro.**

Legajo: 29164/7

DNI: 42542168

Mail: [juampimongiello@hotmail.com](mailto:juampimongiello@hotmail.com).

**Alumno: Massaccesi, Esteban.**

Legajo: 29114/3

DNI: 43106154

Mail: [tevimassa@gmail.com](mailto:tevimassa@gmail.com)

**Director: Fernández, Federico.**

**Codirector: Rodríguez Guiñazú, Adrián.**

Fecha de entrega: 19 de agosto 2024

## RESUMEN

El trabajo se realizó en un establecimiento mixto, ubicado en Trenque Lauquen. El objetivo general fue generar información del funcionamiento y utilización de una pastura de alfalfa en un sistema de cría bovina. Como objetivos específicos se propusieron: I) Estimar la productividad primaria neta mediante métodos directo (PPNAd) e indirectos (PPNAs); II) Calcular la eficiencia de cosecha del recurso forrajero; y III) Estimar el índice de cosecha y la receptividad ganadera de una pastura establecida de alfalfa. En 7 ha de una pastura establecida de alfalfa se monitorearon 3 parcelas fijas. Para estimar la PPNAd se instalaron 3 clausuras y se realizaron cortes previos a cada evento de pastoreo considerando los aumentos de biomasa para su estimación. Para PPNAs se utilizó el sensor de Sentinel-2 y se aplicó la ecuación de Monteith (1972) y el procesamiento de Grigera (2007). La eficiencia de cosecha fue contemplando la disponibilidad y remanente forrajero con cortes al ras del suelo. La estimación del índice de cosecha se realizó a partir del cociente entre el consumo y la PPNA, la estimación del consumo a partir de la pérdida de biomasa entre la entrada y la salida de los animales en cada franja fija (Vecchio et al, 2008) y la PPNA utilizada fue la obtenida por estimación directa. Durante el ciclo de crecimiento, la PPNAd fue de  $15969 \pm 1128$  kgMS/ha y la PPNAs fue de  $6867 \pm 776$  kgMS/ha. En ambos casos se registró diferencia entre los meses evaluados. La eficiencia de cosecha promedio fue de  $0,75 \pm 0,11$  y el índice de cosecha fue  $0,67 \pm 0,12$ . La receptividad ganadera promedio anual utilizando la PPNA por corte fue de  $4,08 \pm 0,29$  EV/ha y con imagen satelital de  $1,76 \pm 0,2$  EV/ha. Este trabajo proporcionó información importante en el funcionamiento y utilización de una pastura de alfalfa. Es importante continuar con las mediciones con ambas metodologías por sus resultados contrastantes.

## INTRODUCCION

En el país, debido al proceso de agriculturización (Rearte, 2011), ha ocurrido un reordenamiento del stock vacuno nacional y la Pampa arenosa no fue la excepción. En consecuencia, la ganadería en la Pampa arenosa se ha ido desplazando hacia algunas áreas debido a una combinación de factores, incluyendo la expansión de la agricultura, la intensificación de la producción ganadera, los cambios en las prácticas de manejo del suelo, la rentabilidad, el mercado, entre otras. Sin embargo, la ganadería sigue siendo una actividad importante, con relevancia económica y social de la región (Sigaudó & Terré, 2021).

La Pampa arenosa es una región geográfica de Sudamérica conocida por sus características únicas en términos de clima y suelo. El clima es templado subhúmedo, con temperaturas promedio anual de 15,2 °C. En enero se registra la máxima temperatura media de 23,9 °C y en julio la menor de 7,9 °C. Las precipitaciones medias son de 800-900 mm con una marcada estacionalidad en primavera y otoño. El periodo libre de heladas es de 230 días (Álvarez et al., 2009). La evapotranspiración potencial calculada según el método de Penman es de 1092 mm.año<sup>-1</sup> resultando en un balance hídrico negativo, donde el mayor déficit hídrico ocurre en los meses de noviembre a febrero (Hall et al., 1992). Los suelos de la Pampa arenosa se distinguen por predominar los arenoso y franco arenoso, con una media capacidad de retención de agua y nutrientes. Esta composición del suelo puede limitar ciertas actividades agrícolas y requerir técnicas específicas de manejo, como la rotación de cultivos y el uso de fertilizantes. (Scoppa & Di Giacomo, 1998).

En la Pampa arenosa, los sistemas de cría bovina en su mayoría se basan en una oferta forrajera compuesta principalmente por especies implantadas conformado por una cadena de pastoreo de alto valor nutricional a lo largo de todo el año generada por la combinación de especies de crecimiento otoño-invierno-primaveral y primavera-verano otoñal. Un sistema característico de esta región es la combinación de verdeos de invierno (avena, centeno) con pastura de alfalfa y/o verdeos de verano para pastoreo (sorgo, maíz, soja). De esta manera se logra que el animal consuma forraje de calidad durante todo el año, permitiendo aumentar la carga animal, mejorar índices productivos y en consecuencia una mayor ganancia para el productor (Cariola, 2019)

Uno de los desafíos de los sistemas ganaderos es ajustar la carga animal en función de la receptividad ganadera. La receptividad ganadera ha sido definida como “la densidad máxima de animales que puede mantenerse en un área determinada, en un cierto nivel de producción, sin deteriorar el recurso.” El marco conceptual más adecuado para entender los determinantes de la receptividad ganadera es el modelo del flujo de energía. De él se desprende que, para lograr un uso sustentable de los ecosistemas pastoriles, los herbívoros deberían consumir sólo una proporción de la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA), conocida como Índice de Cosecha (Golluscio, 2009). En la ecuación 1 se agrega el cálculo de la receptividad ganadera:

$$\text{Receptividad} \left( \frac{EV}{ha} \right) = \frac{PPNA * IC}{CIA} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde PPNA es la productividad primaria neta aérea expresada en kgMS/ha/año

IC: índice de cosecha

CIA: consumo individual animal expresado en kgMS/EV\*/año

Una de las variables para el cálculo de la receptividad es la PPNA la cual representa la tasa de generación de nueva biomasa (Oesterheld et al., 1999). La PPNA se caracteriza por presentar variabilidad en el tiempo (intra e interanual) y en el espacio (sitios, potreros) a diferentes escalas (Lauenroth & Sala, 1992). Se ha demostrado que la PPNA está estrechamente relacionada con la precipitación anual media, el efecto del pastoreo y la variabilidad climática con especial importancia de las fluctuaciones en las precipitaciones (Oesterheld et al., 1999). A nivel local, la producción primaria puede estar limitada por un conjunto de factores, como la intercepción de la luz, la disponibilidad de agua y el reciclado de nutrientes, que a su vez son mayormente regulados por la temperatura y las precipitaciones. (Chapin et al., 2002). Conocer los cambios en la magnitud de la PPNA y las tasas de crecimiento de la pastura, son elementos esenciales para la posterior estimación del índice y la eficiencia de cosecha por parte de los animales.

La PPNA puede ser estimada a partir de métodos tradicionales, como los cortes sucesivos de biomasa (Altesor et al., 2005; Bermúdez y Ayala, 2005; Oesterheld et al., 2011, Pezzani et al., 2017), o a partir de métodos innovadores, como los modelos empíricos (Grigera et al., 2007; Piñeiro et al.,

2006; Paruelo et al., 2011). Debido a las grandes variaciones estacionales que muestra la PPNA, los métodos tradicionales presentan ciertas desventajas para su correcta estimación (Sala et al., 1988; Scurlock et al., 2002). Por un lado, son costosos en tiempo y esfuerzo; además, sus resultados responden a situaciones particulares del sitio en estudio, lo que dificulta las extrapolaciones a nivel regional. En este sentido, los modelos empíricos (principalmente aquellos basados en datos aportados por sensores remotos) toman importancia, ya que resuelven con precisión muchos de estos inconvenientes.

En las últimas décadas, la puesta en órbita de satélites ha permitido coleccionar datos sobre la superficie terrestre. Los sensores remotos presentan características que los hacen sumamente adecuados para estimar la PPNA. Por un lado, es un método poco costoso, además de que permite cubrir grandes extensiones y en períodos constantes de tiempo. Uno de los productos derivados de los sensores remotos son los índices espectrales, entre los cuales el Índice de Vegetación Normalizada (IVN) es uno de los más utilizados. El IVN es calculado a partir de la reflectancia en la porción del espectro electromagnético correspondiente al rojo e infrarrojo. Este índice muestra una estrecha relación con la fracción de Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (fRFAA) por la vegetación verde y por lo tanto con la PPNA (Piñeiro et al., 2006). El marco teórico para su cálculo es el modelo empírico propuesto por Monteith (1972) (Ecuación 2)

**PPNA** ( $\text{g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) = **RFA** ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ) x **fRFAA** x **EUR** ( $\text{g MJ}^{-1}$ ).  
(Ecuación 2):

El componente RFA es obtenidas por información de estaciones meteorológicas con una distancia máxima de cercanía de 400 km. La fRFAA se obtiene del procesamiento del IVN obtenido de los sensores remotos del satélite y la EUR se obtiene de datos de bibliografía o despejando componentes de la formula a partir de daros obtenidos en el propio establecimiento.

Para calcular la receptividad es necesario estimar el índice de cosecha definido como la proporción de la PPNA que puede ser consumida por los animales para garantizar la sustentabilidad de los sistemas ganaderos. Este puede calcularse a partir de estimaciones de consumo animal a campo (Vecchio et al., 2008) o utilizando la ecuación desarrollada por Golluscio et al.,

(1998) sobre la base de relaciones empíricas que se verifican a escala regional (Oosterheld et al., 1992).

Otro aspecto importante en los sistemas de pastoreo es balancear la relación entre la captura de energía solar, la cosecha de hojas y la conversión de nutrientes aportados por el pasto. Dichas herramientas se denominan métodos de pastoreo (Gregorini et al., 2007). En este caso, uno de los métodos de pastoreo utilizados es el rotativo controlado definiendo el momento, tiempo de permanencia, intensidad de pastoreo y tiempo de descanso, en función de la especie de la pastura, de la estación climática del año y de las características ambientales.

Con respecto a la eficiencia de pastoreo ha sido definida de dos modos: a) el pasto consumido en cada pastoreo expresado como la proporción de la masa de pasto en oferta, o más bien b) el pasto consumido, expresado como la proporción de la acumulación de pasto en el mismo intervalo de tiempo; ya sea en un solo o serie de pastoreos. Para un solo pastoreo la definición a) es sinónimo de intensidad de pastoreo. La definición b) se prefiere porque evita la dificultad de contar el remanente de pasto más de una vez (Leaver, 1976), y es más útil para describir la dinámica de la acumulación de pasto y su consumo. Es preferible usar esta última definición en términos del crecimiento de nuevo pasto más que para su acumulación neta; sin embargo, rara vez se realiza. (Agnelli et al., 2007).

### **Utilización de pasturas de alfalfa**

Históricamente en nuestro país, la recomendación para la utilización de alfalfa durante la primavera-verano fue mediante pastoreo rotativo en el cual el momento de ingreso es cuando la pastura presenta un 10% de floración o la altura de nueva onda de crecimiento presenta entre 3 a 5 cm de altura. Seguir esta recomendación permitiría adecuados niveles de producción de forraje de calidad y la recuperación de las reservas en raíz y corona necesarias para el próximo rebrote y el mantenimiento del sistema radical. Mediante estudios se demostró que este manejo es adecuado para sistemas que se dedican a la confección de reservas forrajeras donde se cosecha prácticamente toda la superficie dedicada a alfalfa en un solo día o en un período muy corto de

tiempo, pero no para condiciones pastoriles en donde el forraje debe ser cosechado por los animales.

Sin embargo, en la actualidad existe una nueva propuesta de utilización, donde se propone que en primavera-verano el intervalo entre pastoreos se realice en función de la biomasa disponible, llamado “manejo por biomasa”. La propuesta consiste en comenzar a pastorear una vez que la pastura haya acumulado unos 1500 kgMS/ha de materia seca disponible, independientemente de si la pastura tiene o no tiene un 10% de floración. De esta manera, y siempre pensando en esquemas de manejo rotativo del pastoreo (con 3-5 días de permanencia en la parcela), los animales ingresan a parcelas que poseen alrededor de 1500-2000 kgMS/ha en la primera parcela y unos 3000-4000 kgMS/ha en las últimas. En este rango se mantienen elevados niveles de utilización de biomasa de adecuada calidad.

Trabajos realizados en nuestro país muestran que independientemente del manejo de las pasturas de alfalfa, estas pierden biomasa de raíces durante la primavera-verano. Así, desde el punto de vista del sistema de raíces, encargado de la persistencia de la pastura, realizar un “manejo por biomasa” durante primavera-verano implica prácticamente los mismos riesgos que el “manejo por 10% de floración”, y en este último se debe esperar un tiempo para que la pastura llegue a ese punto de desarrollo. En ese lapso de espera, las plantas siguen creciendo, pero lo hacen básicamente con tallos y no con hojas, perdiendo valor nutritivo para producción de carne. Esa pérdida en productividad animal es consecuencia de dos procesos simultáneos. Por un lado, se pierde calidad de material consumido, ya que en la biomasa ofrecida a los animales aumenta la proporción del componente tallo, de mucha menor calidad que el componente hoja. A su vez, por el paso del tiempo, estos tallos son más “viejos” y, por lo tanto, también el tallo tiene menor calidad. Por otro lado, y no menos importante, se reduce la eficiencia de cosecha, ya que los animales rechazan los tallos. Esto hace que no se logren buenas respuestas productivas y que seamos ineficientes en utilizar el alimento más barato que el campo produce: el pasto.

Otro punto importante para mencionar es que, en el manejo en función de la biomasa disponible, durante el verano avanzado y otoño se recomienda dejar al menos un intervalo entre cortes o pastoreo lo suficientemente largo como

para que se recupere la biomasa radical. Así, en líneas generales podemos decir que un descanso de 45-60 días, ubicado en algún momento entre febrero-abril es suficiente para que las plantas de alfalfa repongan la biomasa radical necesaria para sobrepasar la época invernal y tener un adecuado rebrote al inicio de la siguiente primavera.

En síntesis, para mostrar la eficiencia de esta nueva propuesta de utilización, en la Estación Experimental del INTA de General Villegas se compararon ambas estrategias de manejo durante dos ciclos productivos de invernada (2014/2015 y 2015/2016). Un análisis preliminar de la información muestra que el “manejo por biomasa” produjo en ambos ciclos un 20- 30% más de carne por hectárea, que el “manejo por 10% de floración”, sin verse afectada la persistencia de las pasturas. En resumen, los resultados obtenidos a la fecha pueden sintetizarse de la siguiente manera: “esperar el 10% de floración para iniciar los pastoreos de primavera-verano, respecto de comenzar antes e incrementar la frecuencia de defoliación en función de la biomasa disponible, no implica ninguna ventaja desde el punto de vista de la persistencia, y tiene la desventaja de reducir la producción secundaria, en este caso, carne. (Berone., 2016).

Por todo lo expuesto anteriormente la generación de información en la dinámica de funcionamiento de los recursos forrajeros y las correspondientes a su utilización es importante para realizar análisis y diagnóstico de en los sistemas ganaderos para planificar y llevar a cabo planes de acción en el corto, mediano y largo plazo. Este tipo de información muchas veces no está disponible o generada en sistemas de producción real, por lo que la información generada en este trabajo final de carrera adquiere relevancia para los productores de la zona.

## **OBJETIVO GENERAL**

Generar información en el funcionamiento y en la utilización de una pastura de alfalfa en un sistema de cría bovina en el oeste bonaerense.

## **OBJETIVOS PARTICULARES:**

I. Estimar la productividad primaria neta mediante métodos directo e indirectos.

- II. Calcular la eficiencia de cosecha del recurso forrajero.
- III. Estimar el índice de cosecha y la receptividad ganadera de una pastura establecida de alfalfa.

## **PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento “Las Tunitas” perteneciente a la familia Mongiello. El campo está ubicado en el partido de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires. La superficie total es de 1000 ha, siendo destinadas a la ganadería 101 ha. Las actividades productivas que se realizan son la agricultura y la ganadería de ciclo completo. La estructura forrajera para la cría está constituida por 32 ha de alfalfa con festuca, 7 ha de alfalfa pura, 12 ha de verdeo de avena y 50 ha de agropiro (Figura 1). En todos los casos, se realizó fertilización fosforada y nitrogenada a la siembra con la dosis respectiva para cada especie. En el caso de los recursos perennes al segundo año se volvió a fertilizar con el mismo criterio al voleo. En invierno por la disminución de las tasas de crecimiento, se complementó los verdeos con suplementación de silo de maíz y rollos comprados en caso de ser necesario para cubrir los requerimientos de los animales. La recría de hembras y el engorde (machos y proporción de hembras) se realizó a corral. Cuando las hembras alcanzaron el 66% de su peso adulto con una edad promedio de 15 meses y presentaron su aparato reproductor en óptimas condiciones ingresan a su primer servicio mediante inseminación artificial y luego se realizó el repaso con toros llevándose a cabo en los meses de octubre, noviembre y diciembre. En la Tabla 1 se describe las categorías de animales con sus respectivas cantidades. La genética es Angus colorado.

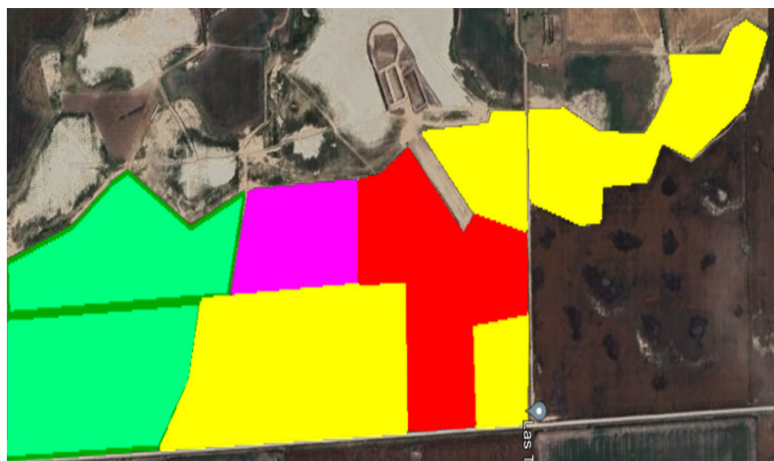


Figura 1: Mapa de recursos forrajeros de Las Tunitas. Cada color corresponde a un recurso diferente. Áreas de color amarillo: Agropiro. Color verde: Alfalfa + festuca. Color violeta: Alfalfa pura. Color rojo: Avena.

Tabla 1: Categoría de animales y sus respectivas cantidades.

Categoría	Cantidad
Vacas multíparas	145
Vacas 2º y 3º parto	94
Vaca 1º parto	69
Vaquillonas 15 meses	114
Ternereras	138
Terberos	145
Novillos	105
Toritos	9
Toros	8

El estudio se realizó en un lote con 7 ha de superficie sobre una pastura de alfalfa pura, establecida, sembrada el 7 de abril del año 2021, con una densidad de  $16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . La variedad utilizada fue "Verdor", que consiste en una alfalfa de grupo de maduración 8. Con respecto a la fertilización, fue al momento de la siembra con  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  mezcla N/P 7-40. Luego, en el invierno de ese mismo año, antes de su primer pastoreo se refertilizó con  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de fosfato monoamónico. Por último, en el segundo año, en el invierno se volvió a fertilizar con  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de azufertil, este es un fertilizante elaborado a base de azufre, calcio y magnesio con el fin de incorporar macronutrientes que potencializan los nutrientes primarios y promueven un mejor desarrollo libre de elementos tóxicos como hierro, aluminio y manganeso, sin impactar el pH del suelo. Se evaluaron 3 parcelas fijas de monitoreo (Figura 2) de las 8 en pastoreo con una superficie aproximada de 0,9 ha. El periodo de evaluación fue

desde el primer pastoreo hasta el último que presento un periodo de duración de 179 días. En la tabla 2 se adjunta las fechas de ingreso de cada parcela fija de monitoreo y el tiempo de descanso promedio.



Figura 2: Parcelas fijas de monitoreo y evaluación del funcionamiento y utilización del recurso forrajero.

Tabla 2: Fecha de ingreso de cada pastoreo realizado en función de la parcela fija de monitoreo y el tiempo promedio entre cada periodo.

Pastoreo	Fecha de ingreso			Tiempo de descanso promedio (días)
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	
1	26/10/2022	3/11/2022	15/11/2022	
2	30/11/2022	3/12/2022	19/12/2022	33
3	26/12/2022	4/1/2023	11/1/2023	27
4	31/1/2023	9/2/2023	15/2/2023	36
5	5/3/2023	13/3/2023	7/3/2023	28
6	4/4/2023	10/4/2023	22/4/2023	35

Las precipitaciones acumuladas fueron de 873 mm durante septiembre 2022 a abril 2023, en la Figura 3 se adjunta la distribución mensual de las precipitaciones como los valores promedios históricos (desde 1984 a 2021). En la Figura 4 se adjuntas las temperaturas medias mensuales históricas y las correspondientes al periodo septiembre 2022 a abril 2023. Las temperaturas y el promedio histórico fueron obtenidas de la estación meteorológica de la EESA Nº 1, Manuel Belgrano de la localidad de 30 de Agosto y las precipitaciones

durante el periodo experimental fueron registradas en el campo con pluviómetro.

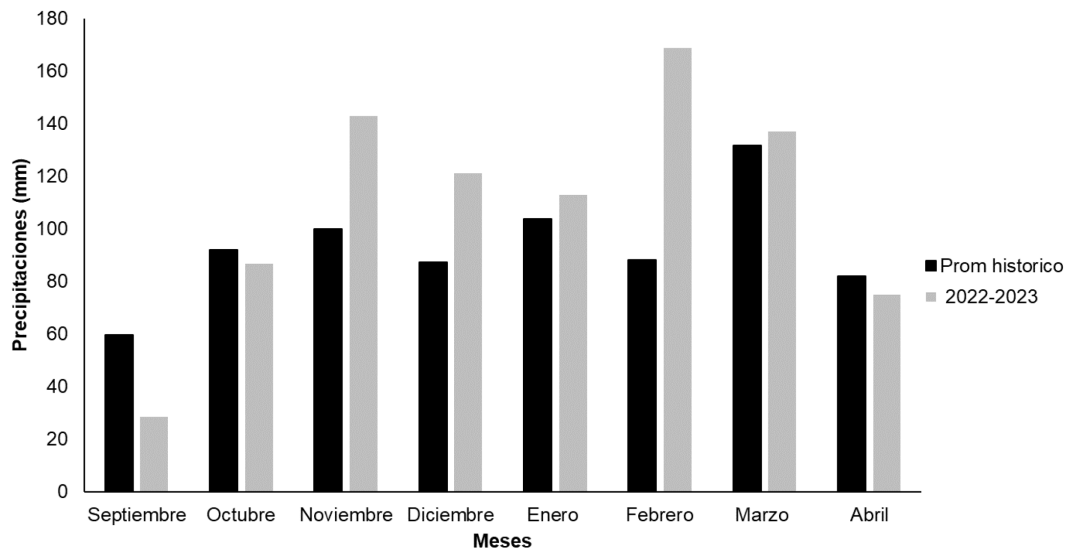


Figura 3: Precipitaciones mensuales expresadas en milímetros (mm) correspondientes al promedio histórico y periodo experimental.

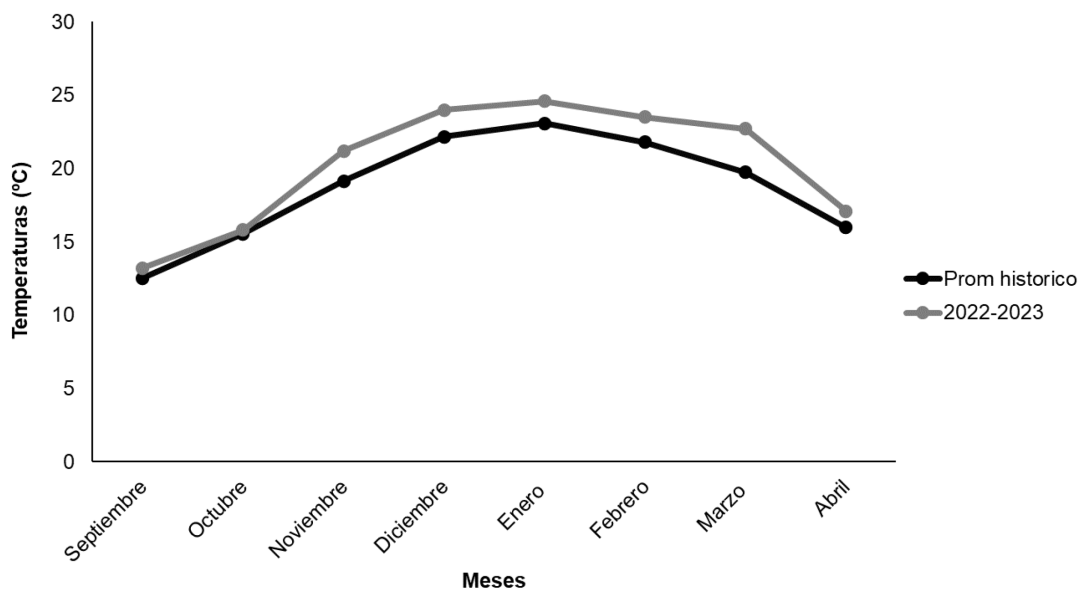


Figura 4: Temperatura media histórica y temperatura media de los meses del periodo experimental expresadas en grados centígrados (°C).

Para la estimación de la PPNA con método directo se realizó, en cada parcela fija de monitoreo, una clausura de superficie de 1,5 m x 1,5 m para evitar el pastoreo de los animales. Previo al ingreso de cada pastoreo se cortó la biomasa acumulada en un aro de 0,25 m<sup>2</sup>, dejando una altura de remante de 5 cm. Las muestras se colocaron en estufa a 60°C hasta peso constante y se

pesaron con balanza digital con precisión de 0,01 gramos. Se estimó la tasa de crecimiento a partir de la biomasa nueva generada y acumulada (PPNA entre dos momentos de ingresos de pastoreo) entre dos fechas de corte dividida por el número de días transcurridos. Con la sumatoria de los datos parciales de PPNA se estimó la PPNA promedio durante el ciclo de crecimiento de la pastura.

Para estimar la PPNA con método indirecto se utilizó la ecuación de Monteith (1972), donde los valores de PAR fueron obtenidos de estación meteorológica, los de NDVI del satélite Sentinel-2 haciendo uso de la plataforma LandViewer y se aplicó el procesamiento propuesto por Grigera et al (2007) y la EUR fue obtenida por bibliografía (Druille et al., 2019) y se utilizó un valor de igual a 1,28 al representar condiciones climáticas similares al sitio en estudio. A partir de la suma de las tasas de crecimiento durante el periodo analizado se realizó la estimación de la PPNA promedio durante el ciclo de crecimiento de la pastura. Se realizó análisis de varianza con LSD Fisher entre las tres parcelas fijas de monitoreo, biomasa acumulada entre cortes y tasa de crecimiento para ambas metodologías de estimación.

Para el objetivo 2, previo y posterior de cada pastoreo en cada parcela en fija de monitoreo se realizaron 3 cortes al ras del suelo, con una tijera de mano sobre un aro circular de 0,25 m<sup>2</sup> para conocer la disponibilidad y remanente forrajero. Las muestras se colocaron en estufa a 60°C hasta peso constante para obtener el valor de materia seca y se pesaron con balanza digital con precisión de 0,01 gramos. El cálculo de la eficiencia de cosecha se realizó utilizando la Ecuación 3.

$$Eficiencia\ de\ cosecha\ (\%) = \left( \frac{remante\ (\frac{kgMS}{ha})}{disponibilidad\ (\frac{kgMS}{ha})} \right) * 100 \quad Ecuación\ 3$$

Para el objetivo 3, la estimación del índice de cosecha se realizó a partir del cociente entre el consumo y la PPNA, la estimación del consumo a partir de la pérdida de biomasa entre la entrada y la salida de los animales en cada franja fija (Vecchio et al, 2008) y la PPNA utilizada fue la obtenida por estimación directa. A partir de esta información se calculó la receptividad ganadera aplicando la Ecuación 1, donde la PPNA fue la de corte e imagen satelital, el IC

el obtenido en este trabajo y el consumo de kgMS promedio anual 2738 kgMS/EV obtenido de una digestibilidad promedio del recurso de 69% y 18,54Mcal de EM como demanda promedio de un EV/día.

## RESULTADOS

### Estimación del funcionamiento del recurso forrajero

#### *Productividad primaria neta aérea. Método directo*

La PPNA no presentó diferencia entre las parcelas fijas de monitoreo ( $p=0,7247$ ). El valor promedio fue de  $15969 \pm 1128$  kgMS/ha durante el ciclo de crecimiento (septiembre a abril). La PPNA promedio entre cada periodo de ingreso de pastoreo presentó diferencias significativas ( $p=0,0315$ ) (Figura 5). En la Figura 6 se adjunta las tasas de crecimiento que presentaron diferencias en función del mes ( $p=0,0349$ ) obteniendo el mayor valor en el mes de diciembre, seguido por enero y noviembre respectivamente. Luego, con valores mucho menores, se ubicaron febrero, octubre y marzo.

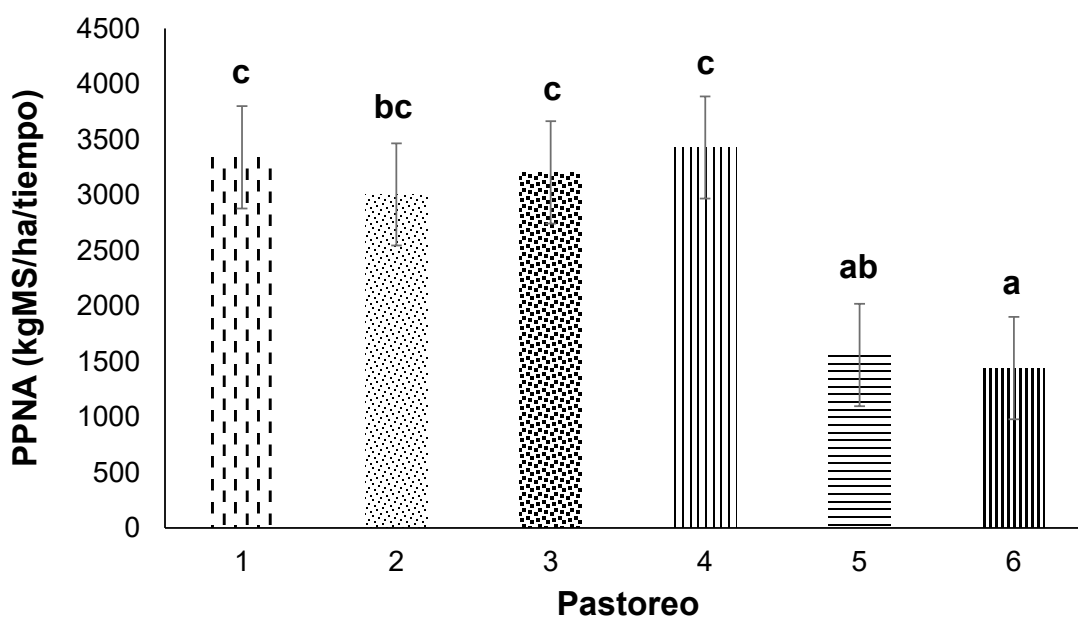


Figura 5: Productividad primaria neta aérea generada entre cada periodo de ingreso al pastoreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

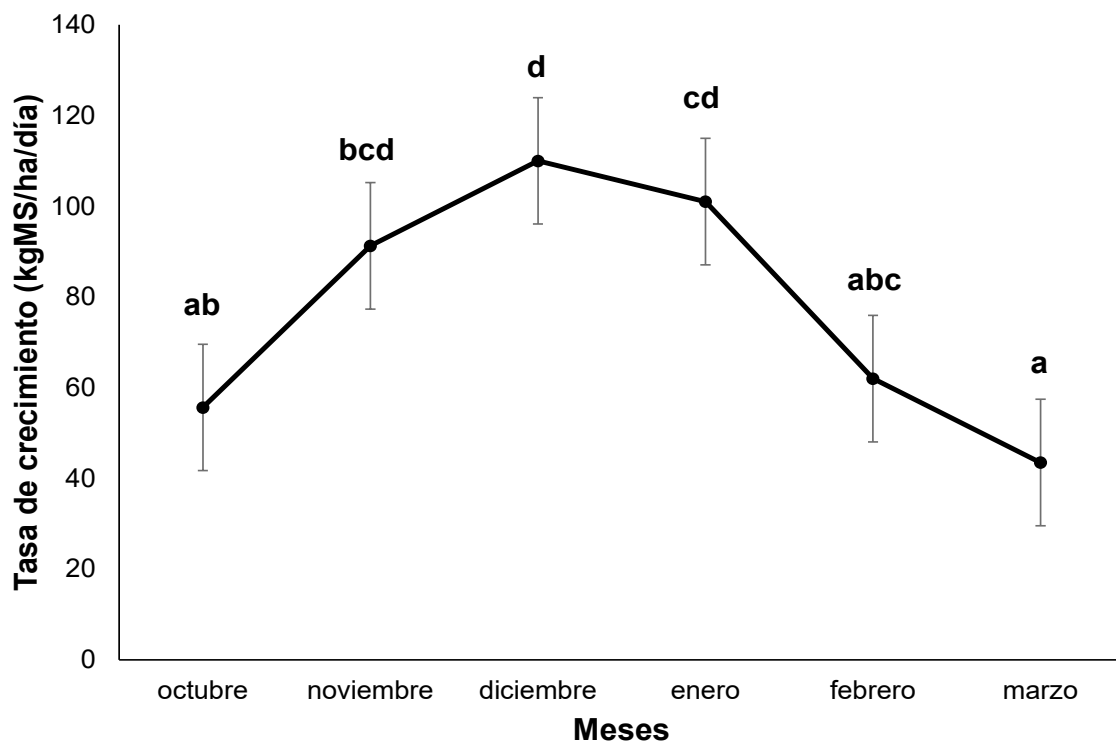


Figura 6: Tasa de crecimiento promedio mensual. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

*Productividad primaria neta aérea. Método indirecto*

La PPNA no presentó diferencia entre las parcelas evaluadas ( $p = 0,3536$ ). El valor promedio fue de  $6867 \pm 776$  kgMS/ha durante el ciclo de crecimiento (septiembre a abril). En la figura 7 se adjunta la PPNA promedio de las 3 parcelas fijas de monitoreo generada entre cada periodo de pastoreo presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). En la Figura 8, se presenta la tasa de crecimiento (kgMS/ha/día) en función de los meses.

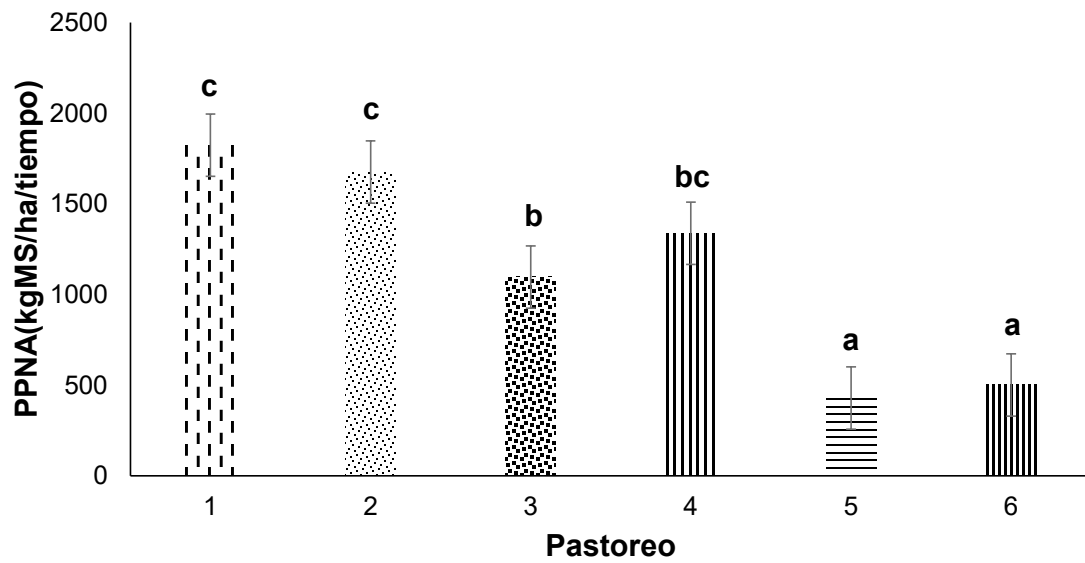


Figura 7: Productividad primaria neta aérea generada entre cada periodo de pastoreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

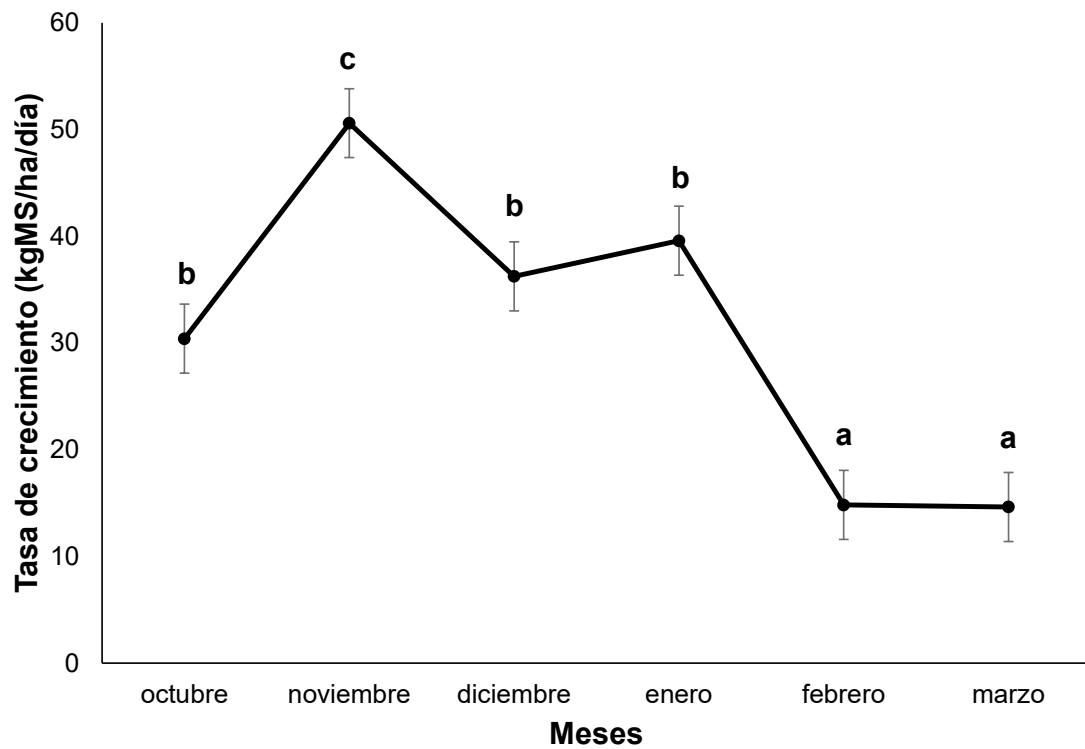


Figura 8: Tasa de crecimiento promedio mensual obtenida de forma indirecta. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

### Eficiencia de cosecha

La disponibilidad forrajera no presentó diferencia entre las parcelas fijas de monitoreo ( $p=0,8916$ ) y sí entre los distintos momentos de ingreso al pastoreo ( $p=0,037$ ) (Figura 9). El remanente forrajero no presentó diferencia entre las parcelas evaluadas ( $p=0,4144$ ) y tampoco entre el número de pastoreo ( $0,6156$ ) (Figura 10). En la Figura 11 se presentan los valores de eficiencia de cosecha que no presentaron diferencias estadísticas entre las parcelas fijas de monitoreo ( $p=0,4021$ ) ni en entre los distintos pastoreos ( $p=0,6023$ ).

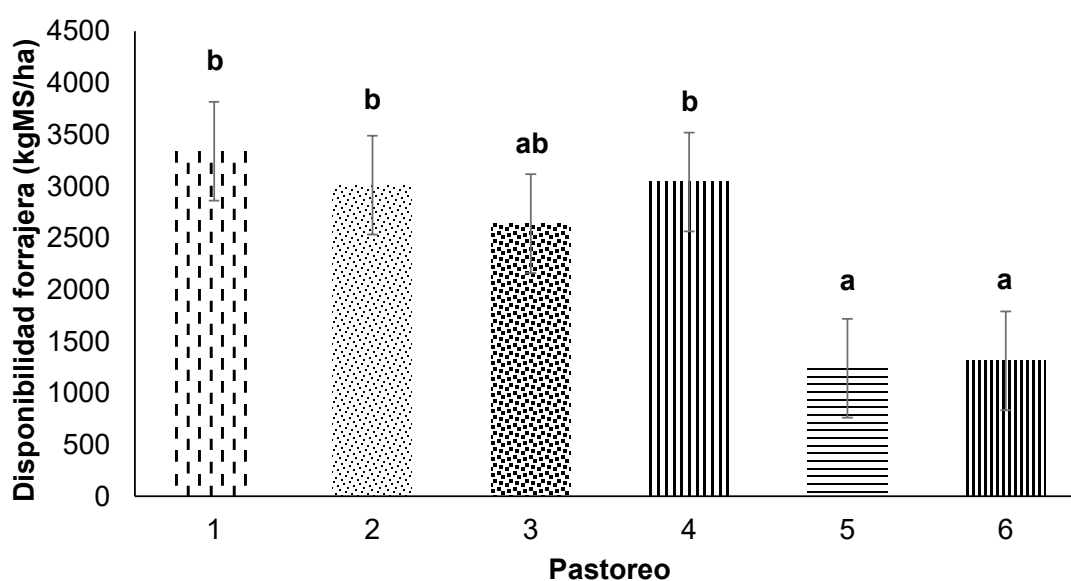


Figura 9: Disponibilidad forrajera en kgMS/ha al ingreso de cada pastoreo durante el periodo de evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

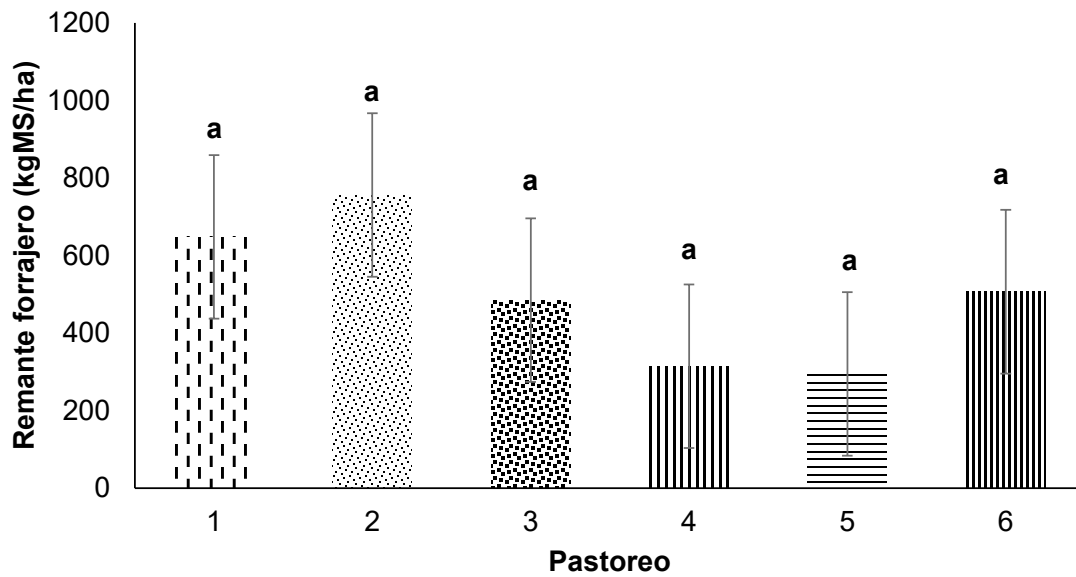


Figura 10: Remanente forrajero en kgMS/ha obtenido luego de cada pastoreo durante el periodo de evaluación.

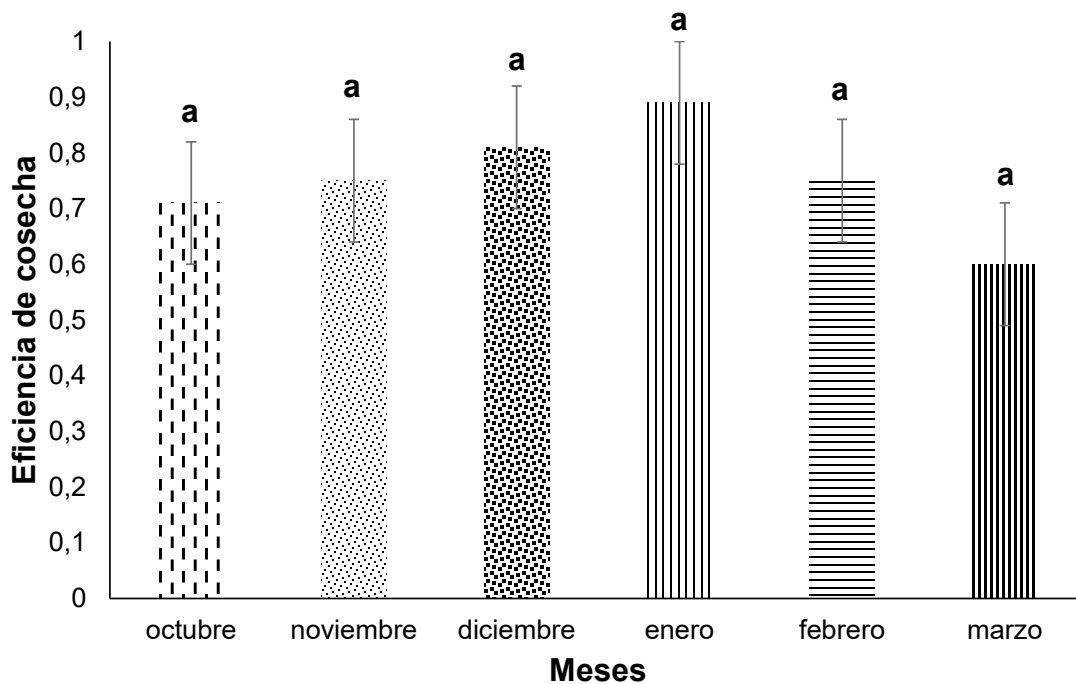


Figura 11: Eficiencia de cosecha promedio para las tres estaciones fijas de monitoreo, expresada en porcentaje, para los distintos meses evaluados. Diferencia estadística  $p > 0.05$ .

### Índice de cosecha y receptividad

Los kgMS estimados que fueron consumidos por el rodeo (diferencia entre disponibilidad y remanente forrajeros) no presentaron diferencia entre las parcelas evaluadas ( $p=0,7525$ ) y sí entre los pastoreos ( $p=0,012$ ) (Figura 12). El índice de cosecha tuvo un valor de  $0,67\pm 0,12$  y no presentó diferencias significativas en cada fecha evaluada ( $p=0,1796$ ) (Figura 13). La receptividad ganadera promedio anual utilizando la PPNA por corte fue de  $4,08\pm 0,29$  EV/ha y con imagen satelital de  $1,76\pm 0,2$  EV/ha.

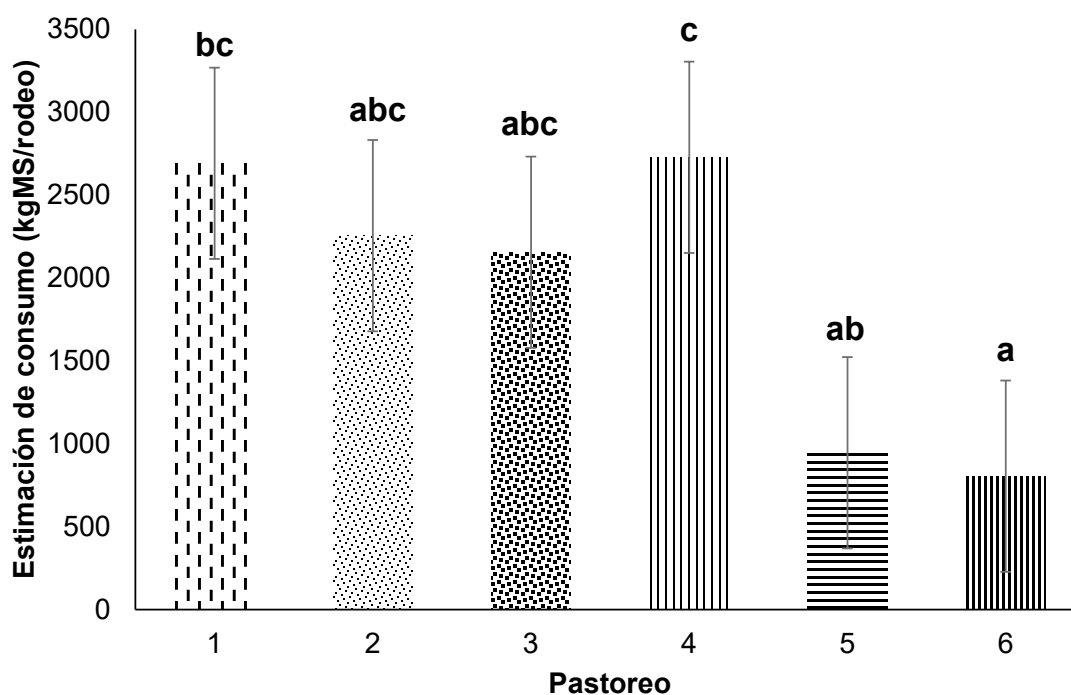


Figura 12: Estimación del consumo total de los animales a partir de la diferencia entre la disponibilidad y remanente forrajero expresado en kgMS/ha promedio de las tres parcelas fijas de monitoreo.

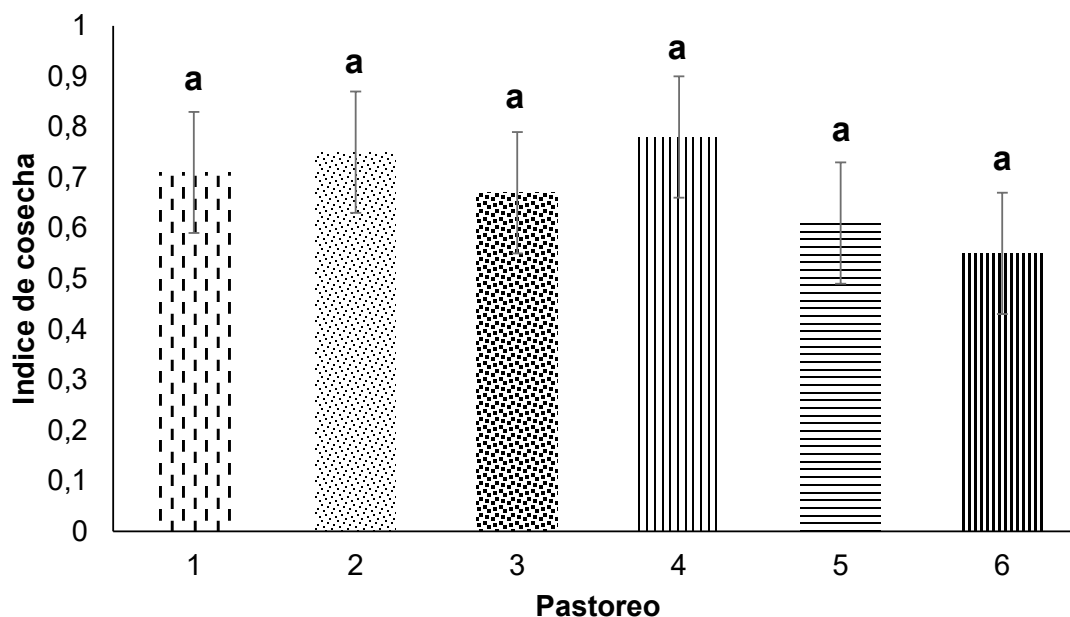


Figura 13: Índice de cosecha promedio para las tres estaciones fijas de monitoreo, para los distintos pastoreos evaluados. Diferencia estadística  $p > 0.05$ .

## CONCLUSIONES

Las mediciones se realizaron con precipitaciones superiores a los valores promedio históricos, excepto en septiembre y octubre que repercutieron en la fecha del primer pastoreo que comúnmente es a fines de septiembre. Las temperaturas fueron superiores en todos los meses, que, junto con las precipitaciones, pudieron repercutir de manera positiva en la productividad primaria neta aérea del recurso.

Los datos obtenidos permitieron generar valiosa información sobre la dinámica de crecimiento del recurso, para el establecimiento y para productores aledaños. El valor de la PPNA promedio del ciclo de crecimiento por corte fue superior a las estimaciones de imágenes satelitales en un 80% por lo que repercute en la receptividad del recurso forrajero. Asimismo, se observan diferencias en la magnitud y en la dinámica de la tasa de crecimiento para los distintos meses entre los dos métodos. Estos resultados demuestran la necesidad de generar mediciones a campo para tener información propia para la planificación forrajera y la toma de decisiones, como así también en generar investigaciones en la zona que permita medir la eficiencia del uso de la

radiación para calibrar el procesamiento de la información provista por las imágenes.

Asimismo, otro aporte generado fue la estimación del índice de cosecha a partir de la implementación de las nuevas prácticas en la utilización de pasturas de alfalfa. En este caso el valor promedio fue de 0,71 superando al 0,5 utilizado hasta el momento, lo que repercute en la estimación de la receptividad en más de un 33%.

Al respecto de la utilización del recurso forrajero, nos permitió conocer que la disponibilidad forrajera en promedio fue de  $2431 \pm 1079$  kgMS/ha con un mínimo de 925 kgMS/ha y un máximo de 4736 kgMS/ha, por lo que no representa un valor constante. Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre algunos meses, asociado principalmente a la dinámica y magnitud de la tasa de crecimiento y al tiempo de descanso. Estos resultados reafirman la necesidad de realizar cortes antes del ingreso de los animales para realizar los ajustes pertinentes en el diseño de parcela. Por otro lado, la utilización anticipada al 10% de floración mejoró la eficiencia de cosecha determinándose en promedio un 75%, superior al 50% utilizado en aspectos teórico. La información generada permite mejorar la implementación del método de pastoreo rotativo y aumentar la eficiencia de utilización del recurso forrajero.

En síntesis, los resultados alcanzados en este Trabajo Final de carrera generaron información importante en el funcionamiento y utilización de una pastura de alfalfa. Asimismo, nos dotó de habilidades de medición a campo importante para nuestro futuro desempeño profesional, como en la profundización de herramientas como la utilización de imágenes satelitales para estimar la producción de forraje.

## BIBLIOGRAFIA

**Álvarez, R., Marino, M. y Leavy, S.** 2009. Zonas Agroecológicas Homogéneas Buenos Aires norte. Economía de los sistemas de producción. Caracterización y prospectiva. INTA Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-zahs\\_bs\\_as\\_norte.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-zahs_bs_as_norte.pdf). Último acceso: abril de 2024.

**Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Rodríguez, C., Leoni, E., Baeza, S., Paruelo, J.M.** 2005. El efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de las praderas naturales uruguayas: ¿qué sabemos y cómo podemos usar ese conocimiento para manejarlas mejor? pp 21-32. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf#page=20> .Último acceso abril 2024.

**Bermúdez, R. y Ayala, W.** 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. pp 33-40. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2896/1/15630021107142110.pdf#page=20> Último acceso abril 2024.

**Berone, German** 2016. Novedades en las recomendaciones de manejo. INTA Balcarce

**Cariola, A.** 2019. Manejo eficiente de los rodeos de cría. Regiones ganaderas. Sociedad rural Argentina. pp 20.

**Chapin F. S., Matson, P. A. & Mooney, H. A.** 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Ed. Springer Science & Business Media. 436 pp.

**Cocimano, M., Lange, A. & Menvielle, E.** 1975. Estudio sobre equivalencias ganaderas. Producción Animal, Bs. As., Argentina, 4:161-190.

**Druille, M., Oyarzabal, M. and Oesterheld, M.** 2019. Radiation Use Efficiency of Forage Resources: A Meta-Analysis. Agronomy Journal, 111(4), 1770-1778. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0645>

**Golluscio, A.R., Deregibus, A. & Paruelo, J.M.** 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. Ecol. Austral 8:265-284.

**Golluscio, R.** 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. Ecología Austral, 19(3), 215–232. Recuperado a partir de [https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1334](https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1334)

Gregorini, P., Agnelli, L & Masino, M. 2007. Producción animal en pastoreo:

definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente. Pp 5. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion\\_en\\_pastoreo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion_en_pastoreo.pdf). Último acceso: mayo 2024.

**Grigera, G., Oesterheld, M., & Pacín, F.** 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems*, 94(3), 637-648. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.01.001>.

**Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghersa, C.M., & Culot, J.P.** 1992. Field-crop systems of the Pampas. *Ecosystems of the world*, 18, 413-450.

**Lauenroth, W.K. and Sala, O.E.** 1992. Long-Term Forage Production of North American Shortgrass Steppe. *Ecological Applications* 2 (4):397-403.

**Mateu Mercedes 2010.** CREA. Pasturas monitoreadas. <http://www.creaoeste.org.ar/wp-content/uploads/2015/02/Produccion-y-TC-de-pasturas-ZO.pdf>

**Monteith, J. L.** 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9:747-766.

**Oesterheld, M., Sala, O.E. & Mcnaughton, S.J.** 1992. Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature* 356:234-236.

**Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M. and Paruelo, J.M.** 1999. Grazing, fire and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas *Ecosystems of the world*, 287-306.

**Oesterheld, M., Paruelo, J. M., & Oyarzabal, M.** 2011. Estimación de la productividad primaria neta aérea a partir de diferencias de biomasa y de integración de la radiación absorbida. En: *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. A. Altesor, W. Ayala y J. M. Paruelo (editores). Eds. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, pp: 113-120.

**Paruelo, J.M, Oyarzabal, M. & Oesterheld, M.** 2011. El Seguimiento de los recursos forrajeros mediante sensores remotos: bases y aplicaciones. En: *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. Ed. Altesor A., Ayala W y Paruelo JM. INIA, Serie FPTA N° 26, Uruguay. pp. 135-146

**Pezzani, F., Lezama, F., Gallego, F., López-Mársico, L., Leoni, E., Costa, B., Parodi, G. & Mello, A.L.** 2017. El método de corte de biomasa genera mayores

diferencias en la estimación de la productividad de pastizales que el tipo de pastizal. *Revista Argentina de Producción Animal*. 37. 21-32.

**Piñeiro, G., Oesterheld, M. & Paruelo, J.M.** 2006. Seasonal Variation in Aboveground Production and Radiation-use Efficiency of Temperate rangelands Estimated through Remote Sensing. *Ecosystems* 9: 357–373.

[DOI: 10.1007/s10021-005-0013-x](https://doi.org/10.1007/s10021-005-0013-x)

**Rearte, D.** 2011. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol 19, número 3-4: 46-49. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/origenes\\_evolucion\\_y\\_estadisticas\\_de\\_la\\_ganaderia/121-rearte.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/121-rearte.pdf). Último acceso abril 2024.

**Sala O.E., J. Parton, L.A. Joyce & W.K. Lauenroth.** 1988. Primary Production of the Central Grassland Region of the United States. *Ecology* 69 (1): 40-45.

**Scoppa, C. & Di Giacomo, R.** 1999. Edafogénesis Pampeana. Disponible en: [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/30629/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/30629/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Último acceso mayo 2024.

**Scurlock, J., Johnson, K. & Olson, R.** 2002. Estimating Net Primary Productivity from Grassland Biomass Dynamics Measurements. *Global Change Biology*. 8. 736 -753. [DOI:10.1046/j.1365-2486.2002.00512.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00512.x)

**Sigaudó, D. & Terré, E.** 2021. La importancia de la ganadería para la economía Argentina. Bolsa de comercio de Rosario. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/la-48>. Último acceso: abril 2024.

**Vecchio, M. C., Golluscio, R. A., & Cordero, M. I.** 2008. Cálculo de la receptividad ganadera a escala de potrero en pastizales de la Pampa Deprimida. *Ecología Austral*, 18(2), 231–222. Recuperado a partir de [https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1388](https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1388)