

**CRECIMIENTO NETO, EFICIENCIA DE PASTOREO Y ESTRUCTURA DE UNA  
PASTURA DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) UTILIZADA CON DIFERENTES  
ALTURAS DE PASTOREO**

Trabajo Final de Grado  
Del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 13 de noviembre de 2023

**CRECIMIENTO NETO, EFICIENCIA DE PASTOREO Y ESTRUCTURA DE UNA PASTURA DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) UTILIZADA CON DIFERENTES ALTURAS DE PASTOREO**

Trabajo Final de Grado

del alumno

**MANUEL MARTIN CHIMENTO**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador/a**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador/a**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador/a**

Jorge O. Scheneiter  
**Director**

Ezequiel Pacente  
**Co-Director**

María José Beribe  
**Co-Directora**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 13 de noviembre de 2023

## AGRADECIMIENTOS

A la UNNOBA por brindarme el espacio y los recursos necesarios para formarme como profesional.

A todos los directivos, cuerpo docente y no docente de la Universidad que me formaron y acompañaron durante todo este tiempo, y que hoy me permiten obtener el título de grado.

Al INTA como institución, y en particular a la EEA Pergamino por brindarme el financiamiento, el tiempo y el espacio necesario para la conducción y realización de este estudio.

Al Ing. Agr. Jorge Omar Scheneiter por la dirección, profesionalismo, acompañamiento y dedicación para la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Ezequiel Pacente por sus contribuciones en los trabajos de campo, recolección de datos y apoyo durante la realización del trabajo.

A la Lic. en Estadística María José Beribe por sus contribuciones y ayuda en el análisis y procesamientos de los datos obtenidos.

A todo el personal de la EEA Pergamino que colaboró y acompañó durante el transcurso del ensayo, por su profesionalismo y excelente predisposición en todas las veces que fuera necesario.

A mi familia por su incondicional apoyo en todos los momentos de mi vida, acompañando siempre con una sonrisa y fuerzas para superar todos los obstáculos que se me fuera presentando durante este transcurso.

A todos mis amigos, facultativos y no facultativos, por acompañarme y alentarme en todo momento.

## INDICE

RESUMEN.....	5
PALABRAS CLAVES .....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVOS.....	10
General .....	10
Específicos.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
RESULTADOS.....	15
Variables de estado.....	15
Estructura de la pastura .....	17
Acumulación neta de forraje y eficiencia de pastoreo.....	19
DISCUSION .....	21
CONCLUSIONES .....	24
ANEXOS.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26

## RESUMEN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera de mayor producción de materia seca digestible en suelos profundos, bien aireados, neutros y fértiles de la región pampeana. A nivel local existe muy poca evidencia empírica con respecto al efecto de la altura de pastoreo sobre la producción, la eficiencia de pastoreo y la estructura de pasturas de alfalfa utilizadas con un sistema de pastoreo rotativo. El trabajo se realizó en el Estación Experimental Agropecuaria del INTA Pergamino, se simuló un pastoreo rotativo con novillos de razas británicas, en donde los mismos ingresaron a la parcela cada 480°Cd (prebotón floral) y permanecieron en la pastura hasta alcanzar tres alturas de salida de pastoreo objetivo: 15-18 cm (Alto), 9-12 cm (medio) y 4-6 cm (bajo), en dos periodos del año, otoño y primavera, durante dos años consecutivos. Se encontraron diferencias en acumulación neta de forraje al final del rebrote entre periodos ( $p < 0,001$ ), lo que nos indica la independencia del tejido foliar remanente en el rebrote de la pastura. En cuanto a la estructura de la pastura, no se encontraron diferencias al final del pastoreo entre cada tratamiento de intensidad de pastoreo. La eficiencia de pastoreo fue diferente entre periodos de medición y alturas de pastoreo, la cual fue mayor cuanto menor era el remanente de pastoreo. Se concluyó que a medida que disminuye la altura de pastoreo, aumenta la acumulación neta de forraje y la eficiencia de pastoreo.

## PALABRAS CLAVES

Alfalfa, Altura de pastoreo, Crecimiento, Utilización.

## INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal leguminosa forrajera en suelos de aptitud agrícola de la región Pampeana. Para el año 2020, se estimó una superficie sembrada de 3 millones de ha (Basigalup, 2007), incluyendo cultivos puros (60%) y asociados con gramíneas templadas (40%). La difusión del cultivo se debe a sus altos rendimientos de materia seca (MS) ha<sup>-1</sup>, su excelente calidad forrajera y su adaptación a diversas condiciones ambientales (suelo, clima y manejo). Por otro lado, su capacidad para la fijación del Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Sinorhizobium meliloti* la convierten también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

La temperatura óptima para el crecimiento de la plántula va de 20 a 30°C, y luego desciende a un rango entre 15 y 25°C a medida que la planta se desarrolla. Este cambio se debe al origen de los asimilados para el crecimiento: al principio incluyen carbohidratos de reservas seminales y luego el crecimiento de la planta depende exclusivamente de la fotosíntesis.

Para una alta producción de forraje, la alfalfa requiere de suelos profundos (>1,2 m.), bien aireados, de reacción neutra (pH 6,5 a 7,5) y buena fertilidad (Basigalup, 2007).

Superada la implantación, etapa en la cual la disponibilidad de humedad es fundamental, la alfalfa está morfológica y fisiológicamente adaptada para tolerar períodos de deficiencia hídrica de cierta duración. De no existir impedimentos en el perfil, sus raíces pueden extraer humedad desde los 2 m de profundidad a los dos años y desde los 4 m a los tres años de vida (Kiesselbach *et al.*, 1929).

El reposo invernal es una característica genética de la alfalfa por la cual, en respuesta a la disminución del fotoperiodo y a las bajas temperaturas de otoño-invierno, las plantas reducen su crecimiento. Estos factores ambientales desencadenan un proceso de aclimatación que permite la supervivencia de las plantas hasta tanto se restablezcan las condiciones apropiadas para volver a crecer y desarrollarse (McKenzie *et al.*, 1998).

En Argentina, según lo aprobado por el INASE, se reconocen cultivares de 11 categorías de grado de reposo invernal (GRI), las cuales van desde cultivares con reposo (1, 2, 3, 4 y 5) hasta los genotipos extremadamente sin reposo (10 y 11).

Durante la primavera, las adecuadas condiciones de luz y temperatura promueven el desarrollo de brotes a partir de las yemas de la corona. El crecimiento inicial se realiza a expensas de las reservas acumuladas en la raíz y en la corona y, por lo tanto, éstas

disminuyen. Seguidamente, a medida que se produce la expansión del área foliar y aumenta la intercepción de radiación solar, aumenta la tasa neta de fotosíntesis. Pronto, la cantidad de carbono asimilado comienza a exceder las cantidades demandadas por los órganos vegetativos en crecimiento y por los requerimientos de respiración de la planta entera. A partir de ese momento finaliza el período de disminución de los niveles de reserva y, en consecuencia, cantidades crecientes de fotoasimilados pueden ser traslocadas hacia la raíz y la corona y acumularse como reserva, logrando la máxima acumulación de carbohidratos cuando se alcanza un 10% de floración (Reynolds y Smith, 1962).

Para el rebrote, la energía proviene principalmente de carbohidratos no estructurales (CHNE) almacenados en raíces (75%) y corona (25%) y, eventualmente, en bases de tallos y hojas remanentes; siendo el principal CHNE el almidón. Durante el otoño e invierno estos se acumulan en raíz y corona en respuesta al acortamiento de los días y temperaturas en disminución. Una parte de estos carbohidratos es usada para el mantenimiento de la planta en invierno y el resto para iniciar el rebrote en primavera (Heichel *et al.*, 1988).

Algunas evidencias sostienen que luego de un corte o pastoreo, el rebrote de los nuevos tallos proviene de yemas axilares en la base de los tallos decapitados. Si estas yemas se remueven, el rebrote se produce a partir de yemas de la corona. En este caso, el desarrollo se retarda y el número de tallos es menor con respecto a las yemas axilares del tallo (Basigalup, 2007). Sin embargo, Langer (1990) señala que los tallos remanentes tienen relativamente poca importancia como sitios de crecimiento para promover próximos rebrotes, siendo la corona la principal fuente de nuevos tallos; mientras que los que se pueden originar a partir de las yemas axilares de tallos defoliados son menos importantes. El movimiento de asimilados desde las hojas hacia los destinos, luego de una defoliación, es similar si se trata de hojas basales o superiores. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo, las hojas basales destinan más asimilados para el crecimiento de tallos jóvenes de yemas de la corona, la corona y la raíz, mientras que las hojas superiores destinan más asimilados al desarrollo de nuevos tallos desde yemas axilares del tallo y la expansión de nuevas hojas del tallo principal.

La magnitud con la que disminuyen los niveles de reservas es afectada tanto por el momento de corte como por su frecuencia e intensidad. Remociones parciales de forraje producen una menor disminución de reservas que la remoción total; ya que, el remanente foliar ejerce una función inhibitoria sobre el número de yemas de la corona que se activan,



hecho que, al originar un mayor número de ramificaciones a partir de yemas axilares, disminuye la removilización de reservas de la raíz y la corona. Sin embargo, hay pocas evidencias sobre el beneficio de un pastoreo poco severo con el objetivo de retener material fotosintético o contar con más yemas para el rebrote.

Por otro lado, la alta frecuencia de defoliación tiene implicancias negativas sobre la producción y utilización de los rebrotes posteriores, debido a que se impide la adecuada recuperación de los niveles de reserva, dando como resultado una menor supervivencia y producción de forraje por parte de las plantas (Reynolds, 1971).

En cuanto a la altura de pastoreo o corte, se recomienda que sea baja (3 – 5 cm de altura) para cosechar la mayor cantidad de materia seca digestible.

Desde el punto de vista de la persistencia y producción, la alfalfa debe ser manejada con pastoreos o cortes poco frecuentes e intensos (Basigalup, 2007). Durante el rebrote luego de un corte o pastoreo, la tasa de acumulación de forraje de alfalfa es elevada y casi lineal hasta principios de floración para luego decrecer (Cangiano y Pece, 2002). La acumulación total de forraje se hace máxima entre principios de floración y floración plena (Cosgrove y White, 1990). Sin embargo, a un mismo estado fenológico, la acumulación de forraje cambia con la estación. De este modo, las mayores acumulaciones de forraje ocurren en rebrotes de primavera con respecto a los de verano o de principios de otoño. La mayor calidad del forraje se obtiene en estado vegetativo mientras que el mayor rendimiento de nutrientes por unidad de superficie se alcanza con 10% de floración. En los últimos años se ha propuesto un criterio alternativo para la defoliación de alfalfa basado en la suma térmica (Berone *et al.*, 2020) que consiste en defoliaciones cada 350 grados días (°Cd).

A nivel local existen pocos antecedentes con respecto al efecto de la altura de pastoreo sobre la producción, eficiencia de pastoreo y estructura de una pastura de alfalfa utilizada con un sistema de pastoreo rotativo.

## HIPÓTESIS

- La altura de pastoreo no afecta la tasa de acumulación neta de forraje y la estructura de pasturas de alfalfa.
- La altura de pastoreo modifica la eficiencia de pastoreo del forraje en oferta de pasturas de alfalfa.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar el efecto de tres alturas de pastoreo sobre variables de estado, de crecimiento, de estructura y de eficiencia de pastoreo en pasturas de alfalfa, en otoño y en primavera.

### Específicos

1. Evaluar el efecto de tres alturas de pastoreo sobre las *variables de estado* de pasturas de alfalfa en otoño y en primavera (altura, IAF y fitomasa aérea).
2. Evaluar el efecto de tres alturas de pastoreo sobre la *tasa de crecimiento neto* y la *estructura* de una pastura de alfalfa, en otoño y en primavera,
3. Evaluar el efecto de tres alturas de pastoreo sobre la *eficiencia de pastoreo*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó sobre una pastura de alfalfa en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La pastura se sembró, el 6 de mayo de 2020, sobre un suelo Argiudol típico, clase de uso I, a una densidad de 450 viables m<sup>-2</sup>, en líneas a 17 cm. Se sembró el cultivar WL 611 (Grupo de reposo 6). Se simuló un sistema de pastoreo rotativo entre agosto de 2020 y julio de 2022, en donde los animales ingresaron a la parcela cada 480±32 °Cd (prebotón floral) y permanecieron en ella de 1 a 3 días hasta alcanzar la altura de pastoreo objetivo. La frecuencia propuesta es una situación de compromiso entre pastoreos más frecuentes como el propuesto por Sardiña (2022) para primavera-verano y la recomendación tradicional de pastorear la alfalfa al 10 % de floración.

Se fijaron tres alturas de pastoreo a la salida de los animales de las parcelas: 15-18 cm (**alta-A-**); 9-12 cm (**media -M-**) y 4-6 cm (**baja-B-**) (Figura 1).

Las unidades experimentales (UE) fueron parcelas de 40 x 20 m (800 m<sup>2</sup>) y se pastorearon en forma individual y simultánea con novillos de razas británicas (Figuras 2 y 3). La carga de las mismas se ajustó de modo que los animales alcancen los remanentes propuestos en el plazo objetivo, recibiendo una asignación diaria de 2,5% del peso vivo (PV).



A



M



B

Figura 1. Forraje remanente con tres alturas de pastoreo A (15-18 cm), M (9-12 cm) y B (4-6 cm).

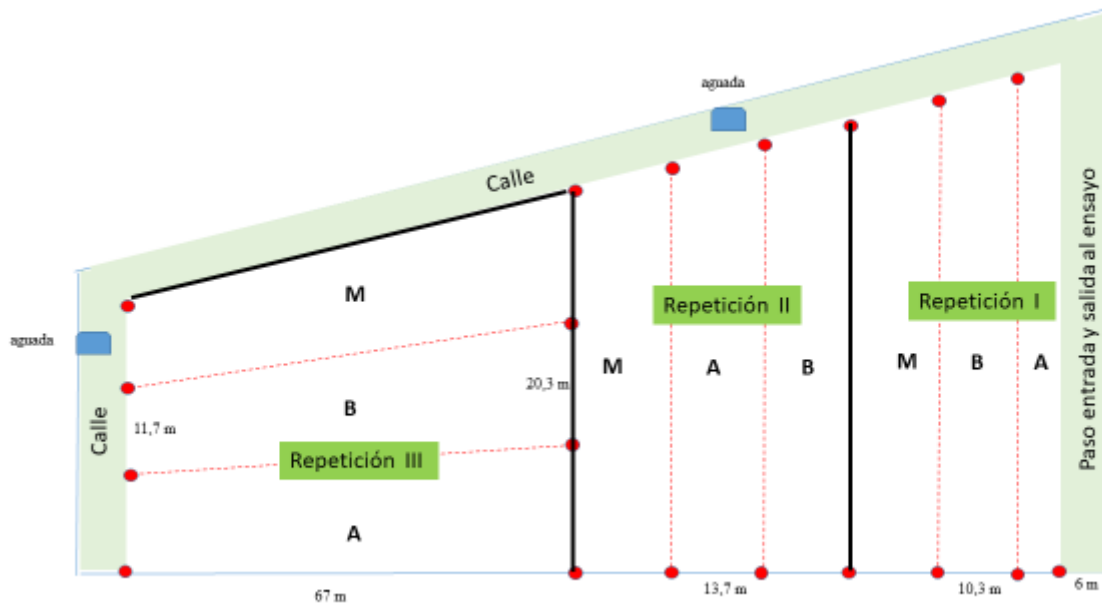


Figura 2. Plano general del experimento con la disposición de las unidades experimentales en la EEA INTA Pergamino, año 2021.



Figura 3. Vista general del experimento (a), y detalle de las unidades experimentales separadas unas de otras por alambrado eléctrico (b).

Las precipitaciones durante los períodos de medición fueron entre 26 y 22 mm inferiores al promedio histórico en primavera de 2020 y 2021 respectivamente, y 42 mm en otoño de 2021 (Tabla 1). En otoño y primavera de 2021, la temperatura media fue 2,3 y 2,7 °C más elevada que el promedio histórico, respectivamente.

Tabla1. Precipitación y temperatura media durante los periodos de medición de primavera y otoño.

Periodo de medición	Precipitación <sup>1</sup> mm	Temperatura media <sup>2</sup> °C
Primavera 2020	66,9	18,3
Otoño 2021	86,4	17,4
Primavera 2021	70,6	20,6
Otoño 2022	37,1	13,8

<sup>1</sup>Histórico: primavera 92,5 mm, otoño 79,5 mm <sup>2</sup>Histórico: primavera 17,9°C, otoño 15,1°C

Durante el período experimental se fijaron 4 periodos de mediciones: 2 en primavera (19-9-2020 al 12-1-2021 y 12-10-2021 al 3-1-2022) y 2 en otoño (13-3-2021 al 5-5-2021 y 29-3-2022 al 31-5-2022). En cada uno de los períodos se realizaron las siguientes mediciones:

- **Altura de la pastura:** previo a la entrada de los animales a la parcela se efectuaron 20 lecturas por UE con regla desde la base de la pastura hasta el extremo de la última hoja/folículo extendido. El mismo procedimiento se utilizó para determinar la altura de pastoreo objetivo luego de la salida de los animales de la parcela.
- **Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi):** antes y después de cada pastoreo se efectuaron 5 lecturas al azar de RFA por UE con un ceptómetro adaptado a pasturas (Cavadevices®). Una lectura por sobre el canopeo (RFA<sub>sc</sub>) y cuatro por debajo del mismo (RFA<sub>b</sub>). Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de RFAi de acuerdo a la siguiente función:  $RFAi = ((1 - (RFA_b / RFA_{sc})) * 100)$ .
- **Forraje en oferta a ras del suelo:** se tomaron al azar 2 muestras de fitomasa 0,25 m<sup>2</sup> por UE, antes y luego de cada pastoreo. Las mismas se cortaron a ras del suelo con tijera eléctrica (Stihl®). Se colocaron en bolsas de plástico, se rotularon y se llevaron a laboratorio. Allí se pesaron, posteriormente se realizó una muestra compuesta y se tomó una alícuota de 200 g para la determinación de MS y de composición botánica (forraje verde y material muerto). En ambos casos, las muestras se secaron durante 48 h en estufa a 65°C con circulación forzada de aire. Posteriormente, las muestras secas se pesaron y se calculó el forraje en oferta (kg MS ha<sup>-1</sup>) y la cantidad de material muerto (kg MS ha<sup>-1</sup>).
- **Relación hoja/tallo:** en las muestras cortadas antes y luego de cada pastoreo se seleccionaron 20 tallos al azar por UE, posteriormente se procedió a separar la hoja

(folíolo + peciolulo) del tallo. El material separado se secó durante 48 h en estufa a 65°C con circulación forzada de aire. Posteriormente, las muestras secas se pesaron y, con los valores obtenidos, se calculó el peso de los tallos individuales (g MS tallo<sup>-1</sup>), el porcentaje de hoja de los tallos y la relación hoja: tallo.

- **IAF:** antes y luego de cada pastoreo se recolectó a campo una muestra por UE de láminas foliares. Posteriormente, en laboratorio, se separaron ~ 10 g de material y sobre el mismo se determinó el área foliar mediante medidor de área foliar Licor 3100. Las muestras fueron secadas como se indicó anteriormente, y posteriormente se pesaron con balanza de precisión. Con los valores de área foliar y su correspondiente peso seco se determinó el área foliar específica (cm<sup>2</sup> g MS<sup>-1</sup>). Con los valores de forraje remanente/forraje en oferta, la relación hoja: tallo y área foliar específica se estimó el índice de área foliar (IAF).

$$\text{IAF} = (\text{g MS m}^{-2} \times (\% \text{ hoja}/100) \times \text{cm}^2 \text{ g MS}^{-1})/10000$$

Con los datos anteriores se estimó la tasa de acumulación neta de forraje y la eficiencia de pastoreo de cada período de medición:

- **Acumulación neta de forraje (ANF) (kg MS ha<sup>-1</sup>)** =  $\sum^{R1-Rn} (MS^{t1} - MS^{t0}) / n$ , donde MS<sup>t0</sup> es el forraje remanente al inicio del rebrote y MS<sup>t1</sup> es el forraje acumulado a la suma térmica objetivo del pastoreo siguiente y n es el número de rebrotes –R- en cada período de medición.
- **Eficiencia de pastoreo (EP) (%)** =  $\sum^{P1-Pn} (((MS^{\text{pre}} - MS^{\text{post}}) / MS^{\text{pre}}) * 100) / n$ , donde para cada pastoreo MS<sup>pre</sup> es la oferta de forraje a la entrada de los animales a la parcela, MS<sup>post</sup> es el remanente de forraje a la salida de los animales a la parcela, y n es el número de pastoreos –P- en cada período de mediciones.

El diseño estadístico experimental correspondió a un diseño en bloques completos al azar con 3 repeticiones. Inicialmente se realizó un análisis descriptivo para cada una de las variables: ANF, EP, altura de salida, IAF (entrada y salida), peso de los tallos (entrada y salida), hojas en tallos (%) (entrada y salida), RFAi (entrada y salida) y fitomasa (entrada y salida). A continuación, para cada variable se realizó un análisis de la varianza mediante modelos lineales mixtos para medidas repetidas en el tiempo. Dicha herramienta permitió obtener modelos de varianza-covarianza de los errores en caso de que no se cumplieran los supuestos sobre los errores. Los análisis, excepto ANF, se realizaron con un valor de nivel de significación del 5%. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias

se compararon mediante la prueba de DMS de Fisher ( $p < 0,05$ ). Todos los análisis se realizaron con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

## RESULTADOS

Los resultados se agruparon en variables de estado, estructura de la pastura y acumulación neta y eficiencia de pastoreo. Los dos primeros se dividieron en inicio del rebrote (después que los animales se retiraron de las pasturas) y fin del rebrote (antes del ingreso de los animales a la pastura, o sea  $480 \pm 32^\circ\text{C}$  día).

Las variables de estado se refieren a las variables que describen el sistema dinámico de la pastura mientras la estructura de la pastura hace referencia a la distribución espacial y arreglo de las partes constituyentes del canopeo (Ferri *et al.*, 2015).

### Variables de estado

#### A. Inicio del rebrote.

La altura de la pastura efectivamente lograda luego del pastoreo (inicio del rebrote) fue 16,1; 11,2 y 7,1 cm para los tratamientos alto, medio y bajo, respectivamente ( $p < 0,001$ ).

El forraje (=fitomasa), al inicio del rebrote (=remanente luego del pastoreo) fue diferente entre períodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 2a) y entre tratamientos ( $p < 0,001$ , Tabla 2b). No se encontró interacción entre ellos. El remanente de forraje, promedio de tratamientos, fue mayor en la primavera de 2021 y menor en otoño de 2021. Con pastoreo alto y bajo se determinaron los mayores y menores valores, respectivamente.

Tabla 2a. Fitomasa remanente en pasturas de alfalfa utilizadas en cuatro períodos de medición ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ).

Período de medición	Remanente de forraje promedio ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ )
Primavera 2020	746 b
Otoño 2021	383 c
Primavera 2021	1.023 a
Otoño 2022	938 ab

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

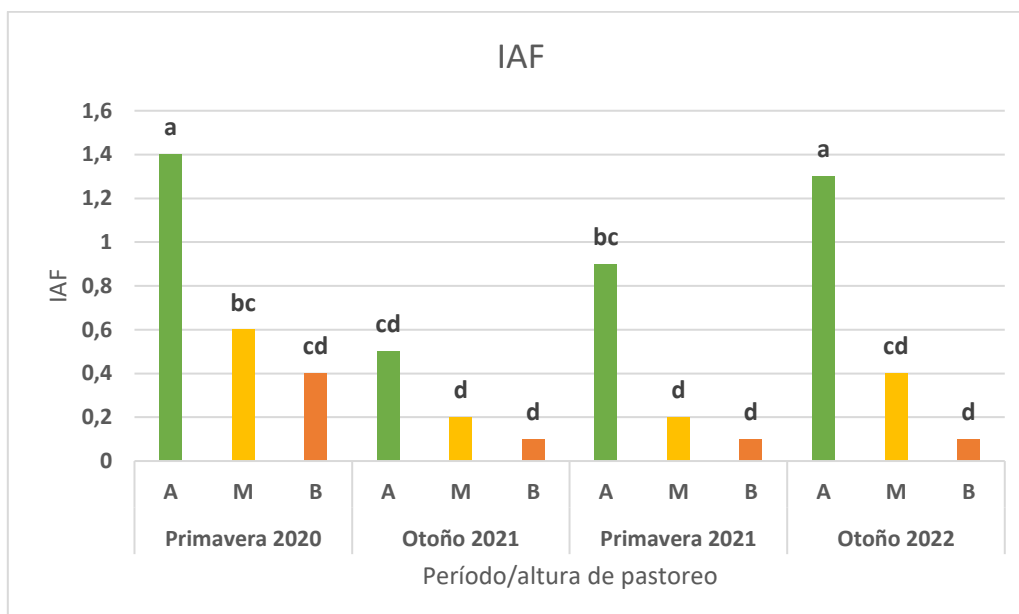
Tabla 2b. Fitomasa remanente en pasturas de alfalfa utilizadas con tres alturas de pastoreo (kg MS ha<sup>-1</sup>).

Altura de pastoreo	Remanente de forraje promedio (kg MS ha <sup>-1</sup> )
A	1.175 a
M	706 b
B	437 c

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

El IAF fue afectado por la interacción entre altura de pastoreo y período de medición ( $p < 0,001$ , Figura 4). Excepto en otoño 2021, el IAF fue mayor con el pastoreo alto, con respecto a M y B. Estos tratamientos no se diferenciaron entre sí en ningún periodo (Ver datos en Anexos, Tabla 8).

Figura 4. IAF al inicio del rebrote en pasturas de alfalfa utilizadas con tres alturas de pastoreo, en cuatro períodos de medición.



Medias con letras distintas son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

#### B. Fin del rebrote.

La altura al final del rebrote (antes del pastoreo) sólo se midió en el año 2021 debido que, en el año 2022, el vuelco de la pastura durante los períodos de medición impidió medir esta variable. En el 2021 no se encontraron diferencias significativas entre las alturas de



pastoreo para esta variable, pero sí entre periodos. En dónde, la altura de primavera superó a la de otoño ( $p < 0,05$ ) con 52,7 y 41,1 cm., respectivamente.

La fitomasa en oferta, promedio de alturas de pastoreo, fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 3a). De este modo, el mayor valor se observó en la primavera 2020 y el menor en otoño 2021. El IAF, fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 3b). Los mayores índices de área foliar ocurrieron en la primavera 2020 y en otoño 2021 (promedio 6,0) y el menor en la primavera de 2021.

Tabla 3a. Fitomasa en oferta en alfalfa, utilizada con tres alturas de pastoreo, en cuatro periodos de medición, promedio de alturas de pastoreo.

Período de medición	Forraje en oferta (kg MS ha <sup>-1</sup> )
Primavera 2020	3.156 a
Otoño 2021	1.771 c
Primavera 2021	2.612 b
Otoño 2022	2.724 ab

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Tabla 3b. IAF en alfalfa, utilizada con tres alturas de pastoreo, en cuatro periodos de medición, promedio de alturas de pastoreo.

Período de medición	IAF
Primavera 2020	6,1 a
Otoño 2021	6,0 a
Primavera 2021	4,5 b
Otoño 2022	5,3 ab

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

### Estructura de la pastura

#### A- Inicio del rebrote

El peso de los tallos fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 4a) y alturas de pastoreo ( $p < 0,001$ , Tabla 4b). El mayor peso, promedio de alturas de pastoreo, fue en la primavera 2021 y el menor en otoño 2021. El tratamiento A tuvo mayor peso promedio de tallos que los restantes.

El porcentaje de hoja de tallos individuales fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 4a) y entre alturas de pastoreo ( $p < 0,001$ , Tabla 4b). El mayor porcentaje se observó en primavera 2020 y no se detectaron diferencias entre el resto de los periodos (promedio 15,9%). El tratamiento A tuvo mayor porcentaje de hoja que los otros

tratamientos.

Tabla 4a. Peso y porcentaje de hoja de tallos individuales de alfalfa utilizada en cuatro períodos de medición.

Período de medición	Peso de los tallos (g MS tallo <sup>-1</sup> )	Porcentaje de hoja (%)
Primavera 2020	0,18 bc	29,8 a
Otoño 2021	0,14 c	18,7 b
Primavera 2021	0,45 a	12,4 b
Otoño 2022	0,26 b	16,6 b

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Tabla 4b. Peso y porcentaje de hoja de tallos individuales de alfalfa utilizada con tres alturas de pastoreo.

Altura de pastoreo	Peso de los tallos (g MS tallo <sup>-1</sup> )	Porcentaje de hoja (%)
A	0,35 a	26,5 a
M	0,23 b	18,8 b
B	0,19 b	12,9 b

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La RFAi promedio de periodos de medición, fue diferente entre alturas de pastoreo ( $p < 0,001$ ), con valores de 44,8, 28,2 y 18,3% para A, M y B, respectivamente. La dispersión de los valores alrededor de la media, estimada a través del coeficiente de error estándar tomó valores de 3,1, 1,7 y 2,6 para A, M y B, respectivamente.

#### B- Fin del rebrote

El peso de los tallos individuales, promedio de alturas de pastoreo, fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 5). Los tallos fueron más pesados en primavera 2021 y más livianos en otoño 2021. El % de hoja en tallos individuales, promedio de alturas de pastoreo, fue diferente entre períodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 5). Los porcentajes más altos se determinaron en primavera 2020 y otoño 2021 y el más bajo en primavera de 2021. No se encontraron diferencias significativas para esta variable con respecto a la altura de pastoreo.

Tabla 5. Peso y porcentaje de hoja promedio de los tallos individuales en cuatro periodos de medición en una pastura de alfalfa utilizada con tres alturas de defoliación.

Periodo	Peso de los tallos (g MS tallo <sup>-1</sup> )	Porcentaje de hoja (%)
Primavera 2020	0,58 bc	58,3 a
Otoño 2021	0,46 c	57,9 a
Primavera 2021	0,81 a	45,9 c
Otoño 2022	0,60 b	51,5 b

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La RFAi fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 6). El mayor valor se observó en otoño de 2022 y los menores fueron en primavera. No se encontraron diferencias entre los tratamientos de altura de pastoreo, en dónde la RFAi promedio fue de 91,9%

Tabla 6. Radiación fotosintéticamente activa interceptada en cuatro periodos de medición en una pastura de alfalfa utilizada con tres alturas de defoliación (%).

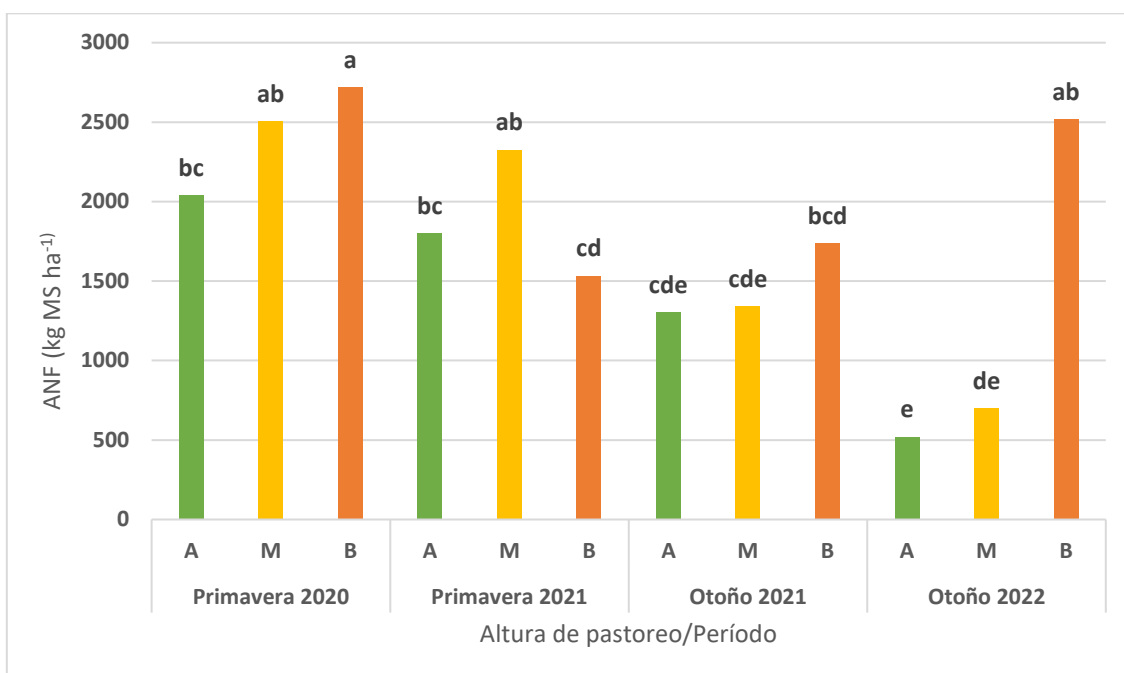
Periodo	RFAi (%)
Primavera 2020	87,6 b
Otoño 2021	93,6 ab
Primavera 2021	90,6 b
Otoño 2022	95,7 a

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

#### Acumulación neta de forraje y eficiencia de pastoreo.

La acumulación neta de forraje fue afectada por la interacción entre la altura de pastoreo y el periodo de medición ( $p < 0,10$ , Figura 5). Los mayores valores se obtuvieron en la primavera de 2020 y otoño de 2022 con el tratamiento B y, en primavera 2021 con el tratamiento M. (Ver datos en Anexos, Tabla 9). Se decidió trabajar con un nivel de significancia de 0,10 debido a que esta variable se calcula a través del forraje remanente al inicio del rebrote (=salida del pastoreo) y el forraje acumulado a la suma térmica objetivo (=antes del pastoreo), las cuales presentan variabilidades elevadas bajo condiciones de pastoreo.

Figura 5. Acumulación neta de forraje promedio en cuatro periodos de medición y con tres alturas de pastoreo (kg MS ha<sup>-1</sup>).



Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

La eficiencia de pastoreo fue diferente entre periodos de medición ( $p < 0,001$ , Tabla 7a) y alturas de pastoreo ( $p < 0,001$ , Tabla 7b). La mayor eficiencia de cosecha fue en el otoño 2021 y la menor en la primavera 2021. La mayor eficiencia se obtuvo con los tratamientos B y M mientras que la menor fue con A.

Tabla 7a. Eficiencia de pastoreo promedio en cuatro periodos de medición.

Periodo de medición	Eficiencia de pastoreo (%)
Primavera 2020	70 a
Otoño 2021	76 a
Primavera 2021	56 b
Otoño 2022	65 ab

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Tabla 7b. Eficiencia de pastoreo promedio obtenida con tres alturas de pastoreo.

Altura de pastoreo	Eficiencia de pastoreo (%)
A	53 b
M	69 a
B	78 a

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSION

Las precipitaciones durante todo el periodo analizado fueron inferiores a los promedios históricos para la zona núcleo. Debido a esto se podrían haber afectado las variables analizadas, como el caso de la ANF, la cual resulta inferior en el año 2021 comparado con el año de inicio del experimento. Para la temperatura, excepto en el otoño 2022, los restantes períodos fueron más cálidos que los promedios históricos.

Los tratamientos de altura de pastoreo determinaron diferencias en las variables de estado de la pastura al inicio de cada rebrote (altura, fitomasa, IAF, RFAi). Por el contrario, estas mismas variables no evidenciaron diferencias entre alturas de pastoreo al final del rebrote. Lo anterior indica la independencia del tejido fotosintético remanente y de las yemas axilares de los tallos para asistir al rebrote de la pastura y acumular forraje. En el pasado hubo discrepancias a favor y en contra de dejar tejido fotosintético para asistir al rebrote con carbohidratos solubles actuales. Algunos autores restaron importancia a la presencia de tejido foliar basal sobre el crecimiento posterior de la alfalfa (Langer y Keoghan, 1970) mientras otros afirmaron que la presencia de hojas era importante como fuente de energía para el rebrote cuando las defoliaciones eran frecuentes (Romero *et al.*, 1995). Actualmente se ha comprobado que la energía requerida para el crecimiento posterior a un pastoreo de alfalfa es suministrada por carbohidratos solubles almacenados en la corona y raíz de la planta. Por ejemplo, Efemenco y Mendiverri (2014), realizaron un experimento en el cual se controló, luego de un corte, la presencia de hojas en una fitomasa remanente de 10 cm de altura (remanente con y sin hojas). Al final del rebrote, con ambos tratamientos, tanto el IAF como la RFAi alcanzaron valores indicativos de que las plantas lograron acumular reservas suficientes para el posterior rebrote.

Los valores de IAF y de RFAi fueron ligeramente superiores a los informados por Guzmán *et al.* (2007) quienes determinaron valores máximos de IAF de 4,5 y 5,0 en primavera y en otoño para interceptar el 74 y 91 % de la RFA poco antes del corte y a los reportados por

Teixeira *et al.* (2011) en Nueva Zelanda quienes indicaron un IAF crítico teórico de 3,5 para capturar el 95 % de la RFA. En este experimento el rango de IAF del experimento fue de 4,5 a 6,1 mientras la RFAi fue de 88 a 96 %, ambas variables medidas en el estado de prebotón floral.

Los valores de IAF al inicio del rebrote concuerdan con lo informado por Heichel *et al.* (1988) quienes en una serie de rebrotes encontraron que hasta los 10 cm de altura el IAF representaba entre el 1 y el 6 % del IAF total y hasta 20 cm entre el 3 y el 25% del IAF total. Si se aplican los porcentajes anteriores al IAF al final del rebrote de este experimento, los IAF teóricos resultantes estarían en 0,1-0,3 para los 10 cm y 0,2-1,3 para los 20 cm basales. Los valores actuales fueron de 0,1-0,4 para B (4-6 cm), 0,2-0,4 para M (9-12 cm) y 0,5-1,4 para A (15-18 cm).

De lo anterior surge que, al ser independiente el forraje acumulado en el rebrote de la cantidad de forraje verde al inicio del mismo, la ANF se incrementa en la medida que la altura de pastoreo es menor (Figura 6). Por lo tanto, el costo de dejar un remanente alto implica pérdidas de material por senescencia, muerte y desprendimiento de hojas (Woodward y Sheeny, 1979). De este modo, como promedio de este experimento, el hecho de pastorear a 9-12 cm de altura, con respecto a 4-6 cm, significó una disminución de 270 kg MS ha<sup>-1</sup> de forraje cosechado por rebrote, mientras que para el pastoreo a 15-18 cm el valor se incrementó a 740 kg MS ha<sup>-1</sup> por rebrote.

Los coeficientes de variación resultaron muy elevados para el peso de los tallos al inicio del rebrote (41,7; 51,2 y 55%, para los tratamientos A, M y B, respectivamente) y para el % de hoja (49,6; 41,1 y 57,4 %, para los tratamientos A, M y B, respectivamente). Esto probablemente, determinó que no se detectaran diferencias en el peso y el % de hoja de los tallos entre los tratamientos M y B; ya que como indica la bibliografía (Cangiano, 1992) en la medida que se intensifica el pastoreo disminuye el % de hoja debido a la preferencia de las hojas por sobre los tallos y a la capacidad de selección por parte del animal. Al igual que las variables de estado al inicio del rebrote, la estructura de la pastura, en este caso tamaño y cantidad de tejido fotosintético, no afectó el crecimiento posterior de la pastura. Los valores de peso de tallos resultaron algo mayores a los estimados por Teixeira *et al.* (2007) quienes para una fitomasa de 1,8-3,2 t MS ha<sup>-1</sup>, calcularon un rango de 0,28-0,5 g MS tallo<sup>-1</sup> mientras en nuestro experimento los valores hallados fueron de 0,5-0,8 g MS tallo<sup>-1</sup>.

Los resultados de este trabajo indican que, si el objetivo del productor es maximizar la ANF, el pastoreo debe ser bajo (alta intensidad). Sin embargo, esto puede resultar en algunos sistemas en bajas ganancias individuales (Frasinelli, 1994).

La eficiencia de pastoreo para maximizar la ANF, adquiriría mayor importancia en primavera, ya que las altas tasas de crecimiento de la pastura en esa época requieren por parte del productor una planificación para realizar un uso adecuado de los recursos y evitar ineficiencias en la cosecha de forraje. De no ser así, con un sistema de carga fija para una asignación de forraje del 2,5% del peso vivo, según Kloster *et al.* (2003) la eficiencia de forraje adquiere valores que rondan entre el 60 y 70 %, solo alcanzados en nuestro experimento por los tratamientos de altura M y B. En la práctica, la finalidad del productor es maximizar tanto el rendimiento como la calidad, sin afectar la persistencia de la pastura; sin embargo, dada la relación inversa entre el rendimiento y calidad, esto es difícil de lograr a campo.

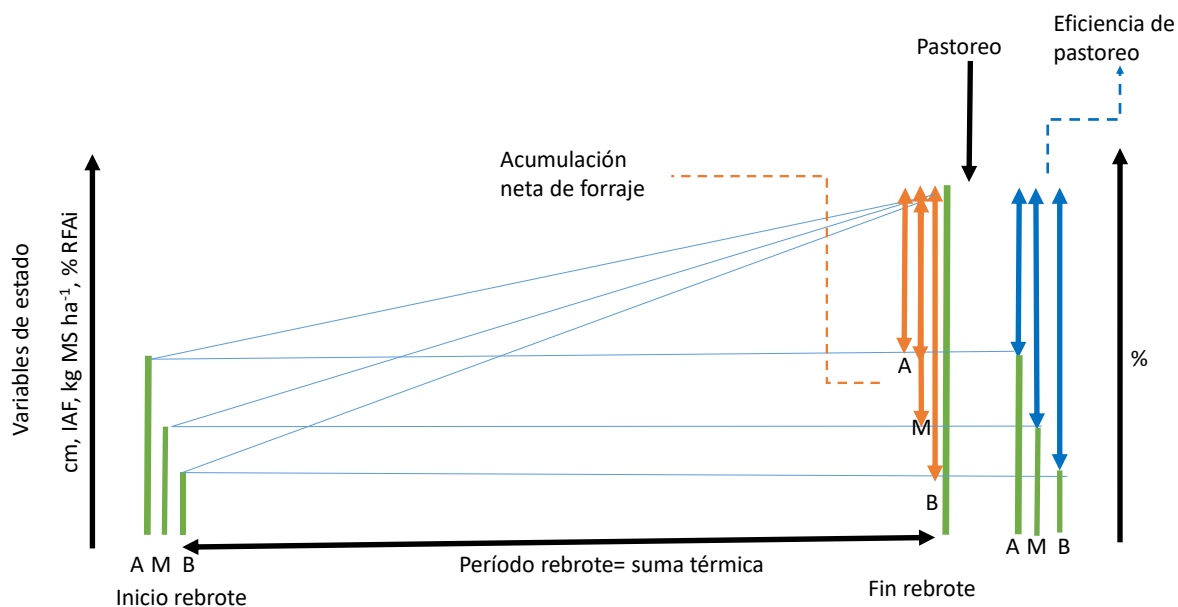


Figura 6. Representación esquemática de las variables de estado en función de las distintas intensidades de pastoreo.

## CONCLUSIONES

- Las hipótesis propuestas se cumplieron parcialmente.
- Bajo las condiciones experimentales, se acepta parcialmente la primera hipótesis: la altura de pastoreo afecta la acumulación neta de forraje, pero no la estructura de la pastura.
- Se verifica la segunda hipótesis, en donde a medida que disminuye la altura de pastoreo, aumenta eficiencia de pastoreo.



## ANEXOS

Tabla 8. IAF al inicio del rebrote en pasturas de alfalfa utilizadas con tres alturas de pastoreo, en cuatro períodos de medición.

Período de medición	Altura de pastoreo	IAF
Primavera 2020	A	1,4 a
	M	0,6 bc
	B	0,4 cd
Otoño 2021	A	0,5 cd
	M	0,2 d
	B	0,1 d
Primavera 2021	A	0,9 b
	M	0,2 d
	B	0,1 d
Otoño 2022	A	1,3 a
	M	0,4 cd
	B	0,1 d

Tabla 9. Acumulación neta de forraje promedio en cuatro periodos de medición y con tres alturas de pastoreo.

Período de medición	Altura de pastoreo	ANF
Primavera 2020	A	2039,9 bc
	M	2508,9 ab
	B	2718,1 a
Otoño 2021	A	1307,4 cde
	M	1344,3 cde
	B	1739,8 bcd
Primavera 2021	A	1802,5 bc
	M	2327,4 ab
	B	1534,9 cd
Otoño 2022	A	521,3 e
	M	698,5 de
	B	2517,4 ab

## BIBLIOGRAFÍA

- Basigalup, D. 2007. El cultivo de la alfalfa en la argentina. Basigalup, D. (Ed.). Ediciones INTA Buenos Aires. 479 Pp
- Berone, G., Sardiña, M.C. and Moot, D. 2020. Animal and forage responses on lucerne (*Medicago sativa* L.) pastures under contrasting grazing managements in a temperate climate. *Grass and Forage Science* 75 (2): 192-205.  
<https://doi.org/10.1111/gfs.12479>
- Cangiano, C. A. 1992. Alfalfa – Factores que afectan su producción y utilización. Boletín técnico N°107, INTA EEA Balcarce, 55 p.
- Cangiano, C. A. y Pece, M.A. 2002. Tasa de acumulación de la biomasa aérea de alfalfa en respuesta a la radiación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (1): 120-122.
- Cosgrove, G. P. and White, J. G. 1990. Lucerne grazing management. 1 effect of grazing duration on herbage accumulation. *N. Z. J. of Agr. Res.* (33):615-620.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarín, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2015) InfoStat version 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Efemenco, C. E.; F. J. Mendiverri. 2014. Efecto del remanente sobre la acumulación de materia seca en alfalfas con distinto grado de latencia. Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.
- Ferri, C.M., Sáenz, A.M. y Jouve, V.V. 2015 Términos de uso frecuente en producción y utilización de pasturas. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* Vol 25(1): 41-61.
- Frasinelli, C.A. 1994. Influencia de algunas características de pasturas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre el comportamiento ingestivo de novillos en pastoreo. Tesis Magister Scientiae, Fac. Ciencias Agrarias, Univ. Nac. de Mar del Plata – INTA EEA Balcarce, 125 p.
- Guzmán, C.; M. del C. Spada; J. Mombelli. 2007. Eficiencia del uso de la radicación de cultivares de alfalfa de distinto grado de reposo en Córdoba, Argentina. XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Cuzco, Perú, disco compacto (CD).
- Heichel, G.H., Delaney, R.H. and Cralle, H.T. 1988. Carbon assimilation, partitioning and utilization. In *Alfalfa and alfalfa improvement* (Hanson, D.K. et al Eds). *Agronomy*

29. ASA, CSSA, SSSA publishers. Madison, Wisconsin, USA. pp 195-228.
- Kiesselbach, T. A., J. A. Russely and J. A. Anderson. 1929. The significance of subsoil moisture in alfalfa production. *J. of Am. Soc. of Agronomy* 21 (3): 241-268.
  - Kloster, A.M., N. A. Latimori y M. A. Amigone. 2003. Efecto del sistema de pastoreo y de la carga sobre la productividad de carne en una pastura base alfalfa. Informe técnico N°129, EEA Marcos Juárez, 14 p.
  - Langer, R.H.M.; J.M. Keoghan. 1970. Growth of lucerne following defoliation. *Proc. Of the New Zealand Grassland Assoc.* 32:98-107.
  - Langer, R. H. M. 1990. Pasture plants. In: R. H. M. Langer (ed) *Pastures: Their Ecology and Management*. Oxford University Press, Auckland, NZ, pp. 39-74.
  - McKenzie, J.C., Paquin R. and Duke, S.H. 1988. Cold and heat tolerance. In: a. A. Hanson, d. K. Barnes and r. R. Hill, jr. (ed.) *Alfalfa and alfalfa improvement*. ASA/CSSA/SSSA, Agronomy Monograph 29. Madison, Wisconsin, USA. pp. 259-302.
  - Reynolds, J. H. 1971. Carbohydrate trends in alfalfa (*Medicago sativa* L.) roots under several forage harvest schedules. *Crop Sci.* 11:103-106.
  - Reynolds, J. H. and D. SMITH. 1962. Trend of carbohydrate reserves in alfalfa, smooth brome grass, and timothy grown under various cutting schedules. *Crop Sci.* 2: 333-336.
  - Romero, N. A., E. A. Comeron y E. Ustarroz, E. 1995. Crecimiento y utilización de la alfalfa. In: E. Hijano y A. Navarro (ed) *La alfalfa en la Argentina*. INTA Subprograma Alfalfa. Enciclopedia Agro de Cuyo, Manuales 11, Cap. 8, pp 149-170.
  - Sardiña, M.C. (2022). Manejo de la defoliación en pasturas de alfalfa para sistemas de invernada en el noroeste bonaerense. Tesis M. Sc. FAUBA, 94 pp
  - Teixeira, E. I.; H. E. Brown; E. D. Meenken; D. J. Moot. 2011. Growth and phenological development patterns differ between seedling and regrowth lucerne crops (*Medicago sativa* L.). *European Journal of Agronomy* 35: 47-55.
  - Teixeira, E. I.; D. J. Moot; H. E. Brown; K. M. Pollock. 2007. How does defoliation management impact on yield, canopy forming processes and light interception of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European Journal of Agronomy* 27: 154-164.
  - Woodward, F.I. and J. E. Shenny. 1979. Microclimate, photosynthesis and growth of Lucerne (*Medicago sativa* L.). II. Canopy structure and growth. *Annals of Botany* 44:

709-719.