

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Francisco (Pancho) por todo el tiempo dedicado e invertido en ayudarme a llevar adelante esta tesina (desde los viajes al Caldenal, las explicaciones hasta las horas en la computadora). A Romina y Marcela por estar siempre dispuestas a dar una opinión o un punto de vista que nos permitiera avanzar un pasito más. A Daniel por haber ideado el plan original, aunque nosotros no lo siguiéramos al pie de la letra; y a Delia que me enseñó a trabajar en el laboratorio. A todos ellos les agradezco también su pensamiento positivo y toda la buena onda que le aportaron a este proyecto.

Le agradezco a mi familia por apoyarme siempre en mis estudios y no permitir nunca que me desanime. Gracias a mis padres que siempre estuvieron ahí para darme buenos consejos y ayudarme a seguir adelante. También les agradezco a mi novio, amigos y familia que dedicaron parte de su tiempo en ayudarme a separar las muestras, hojita por hojita.

Por último le doy gracias a la Universidad Nacional del Sur por permitirme completar mis estudios de grado y formarme como persona y como profesional.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
Sitio de estudio.....	5
Clima	6
Suelo	7
Vegetación	8
Descripción de las especies estudiadas	8
Estimaciones y determinaciones	10
Calidad forrajera de gramíneas perennes nativas	10
Balance forrajero.....	11
Biomasa aérea de gramíneas perennes nativas	12
Análisis estadístico	12
RESULTADOS	13
Calidad forrajera de gramíneas perennes nativas	13
Balance forrajero.....	18
Biomasa aérea de gramíneas perennes nativas	23
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio, localizado al Sudeste de la provincia de La Pampa, Departamento de Caleu-Caleu, al margen de la ruta provincial nro. 1.	5
Figura 2. Imagen satelital del sitio de estudio. Disposición de las unidades experimentales dentro de la superficie clausurada al pastoreo.....	6
Figura 3. Temperaturas (°C) máxima absoluta, máxima media, media, mínima media y mínima absoluta acontecidas durante el período de muestreo (octubre 2015 a noviembre 2016). Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.....	7
Figura 4. Precipitación (mm) y velocidad del viento (km.h ⁻¹) acontecidos durante el período de muestreo (octubre 2015 a noviembre 2016). Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.	7
Figura 5. Distribución de los tratamientos de intensidad de quema en las unidades experimentales (UE). QIA: quema de intensidad alta; QIM: quema de intensidad media; QIB: quema de intensidad baja.....	12
Figura 6. Contenido de fibra en detergente neutro (FDN) (%) en <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	13
Figura 7. Contenido de fibra en detergente ácido (FDA) (%) en <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	14
Figura 8. Contenido de lignina en detergente ácido (LDA) (%) en <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	15
Figura 9. Contenido de proteína bruta (PB) (%) en <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	16
Figura 10. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (%) de <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	17
Figura 11. Energía metabolizable (EM) por kg de materia seca de <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	17
Figura 12. Consumo voluntario diario de materia seca (CVMS) para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período	

	de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	18
Figura 13.	Consumo voluntario de proteína bruta (CVPB) diario para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	19
Figura 14.	Consumo voluntario de energía metabolizable (CVEM) diario para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de <i>P. napostaense</i> (Pina) y <i>P. ligularis</i> (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.	20
Figura 15.	Consumo y demanda de proteína bruta (PB) de una vaca de 400 kg que gesta y cría un ternero hasta su destete a los 6 meses de edad, la cual se encuentra en un pastizal compuesto por <i>P. napostaense</i> y <i>P. ligularis</i> , bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ). Fecha de servicio a) octubre-noviembre-diciembre (recomendada para la zona), b) septiembre-octubre-noviembre, c) diciembre-enero-febrero. Las flechas grises indican el inicio del tercer período de gestación y las flechas negras el inicio de la época de parición.	22
Figura 16.	Consumo y demanda de energía metabolizable (EM) de una vaca de 400 kg que gesta y cría un ternero hasta su destete a los 6 meses de edad, la cual se encuentra en un pastizal compuesto por <i>P. napostaense</i> y <i>P. ligularis</i> , bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ). Fecha de servicio a) octubre-noviembre-diciembre (recomendada para la zona), b) septiembre-octubre-noviembre, c) diciembre-enero-febrero. Las flechas grises indican el inicio del tercer período de gestación y las flechas negras el inicio de la época de parición.	22
Figura 17.	Disponibilidad de un pastizal compuesto por <i>P. napostaense</i> y <i>P. ligularis</i> , bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) vs. consumo potencial de una vaca de 400 kg; para los parámetros proteína bruta (PB) y energía metabolizable (EM).	23
Figura 18.	Producción de biomasa aérea de Pina (<i>Piptochaetium napostaense</i>) + Nate (<i>Nassella tenuis</i>) y de Poli (<i>Poa ligularis</i>) + Nacl (<i>Nassella clarazii</i>) al final del primer ciclo de crecimiento post-quema accidental de diferentes intensidades (QIA: quema intensidad alta; QIM: quema intensidad media; QIB: quema intensidad baja). Dentro de cada intensidad de quema, columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras representan el error estándar ($n=30$).	24
Figura 19.	Producción de biomasa aérea de Pina (<i>Piptochaetium napostaense</i>) + Nate (<i>Nassella tenuis</i>) y de Poli (<i>Poa ligularis</i>) + Nacl (<i>Nassella clarazii</i>) al final del primer ciclo de crecimiento post-quema accidental de diferentes intensidades (QIA: quema intensidad alta; QIM: quema intensidad media; QIB: quema intensidad baja). Dentro de cada grupo de gramíneas perennes, columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras representan el error estándar ($n=30$).	24

RESUMEN

El fuego es una herramienta de manejo utilizada por los productores para mejorar considerablemente la calidad y cantidad del forraje ofrecido a los animales en los pastizales naturales, tal como sucede en el sur del Caldenal. Comprender la magnitud de estas mejoras en la oferta forrajera es esencial para realizar correctamente su manejo. El primer objetivo de este trabajo fue estudiar y comparar el efecto del fuego accidental en plantas quemadas y no quemadas de *Piptochaetium napostaense* y *Poa ligularis*. Para ello se evaluaron diferentes parámetros de calidad (FDN, FDA, LDA, PB, DIVMS y EM) que arrojaron diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de las plantas quemadas durante un ciclo de crecimiento. También hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los momentos del año en que las especies demostraron poseer mejor calidad; otoño en el caso de *P. napostaense* y primavera en el de *P. ligularis*.

Además se propuso un escenario hipotético en el cual las mencionadas gramíneas fueran especies claves de un pastizal con el objetivo de llevar a un contexto práctico y productivo los resultados obtenidos en la primera experiencia y establecer el período más adecuado para realizar el servicio del rodeo de cría. Para ello se compararon los requerimientos de PB y EM de las vacas de cría con el aporte nutricional de un pastizal quemado y otro no quemado. Como punto de partida se utilizó la fecha de servicio recomendada para la zona (octubre-noviembre-diciembre) y se llegó a la conclusión de que en los pastizales no quemados el momento de servicio podría extenderse desde septiembre hasta febrero. En los pastizales quemados, durante el primer año la oferta forrajera sería tan alta y de tan buena calidad que la fecha de servicio no sería un factor de relevancia relacionado con los requerimientos nutricionales de las vacas. También se observó que los déficits en las dietas de los animales pueden deberse a la calidad o a la cantidad del forraje disponible, de acuerdo a la época del año.

La última experiencia consistió en comparar la producción de biomasa aérea de *P. napostaense*, *Nassella tenuis*, *P. ligularis* y *Nassella clarazii*, agrupadas según su grado de preferencia animal (de preferencia media las dos primeras especies y de preferencia alta las dos últimas, respectivamente), las cuales presentaron distintas acumulaciones de combustible, lo que dio a suponer diferentes intensidades de quema: alta, media y baja. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos de especies, siendo mayor la producción de gramíneas de preferencia media bajo el tratamiento de intensidad alta; mientras que fue mayor la producción de biomasa de las gramíneas de preferencia alta en el tratamiento de media intensidad. Esto sugiere que fuegos de alta intensidad favorecen la producción de *P. napostaense* y *N. tenuis* por sobre *P. ligularis* y *N. clarazii*, mientras que la situación se invierte frente a fuegos de mediana intensidad. No se observaron diferencias ($p > 0,05$) entre los grupos de especies para el tratamiento de baja intensidad de quema. Tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos de intensidad de quema para las especies de preferencia media; mientras que sí se encontraron diferencias ($p < 0,05$) entre el tratamiento de alta intensidad y los de media y baja intensidad, siendo mayor la producción de biomasa en estos últimos. De esta forma se demuestra que las diferentes intensidades de quema no afectan de forma significativa a *P. napostaense* y *N. tenuis*, mientras que sí lo hacen en *P. ligularis* y *N. clarazii*.

En conjunto los resultados obtenidos sugieren que la ocurrencia de fuego en las intensidades del presente trabajo provoca un efecto positivo en la calidad y en la producción de biomasa de las gramíneas perennes estudiadas. Dicho efecto no es de la misma magnitud para las distintas especies.

Palabras clave: fuego, nutrición, proteína bruta, energía metabolizable, cría, biomasa aérea.

INTRODUCCIÓN

Se denominan pastizales naturales a aquellas áreas del mundo que no son adecuadas para la realización de cultivos ya sea porque presentan limitaciones climáticas (pobres precipitaciones y/o mala distribución de las mismas, temperaturas extremas, etc.), edáficas (suelos salino-sódicos, arenosos, rocosos, de poca profundidad, inundables, etc.) o topográficas. Los términos *pastizales naturales* abarcan varios tipos de ecosistemas, tales como los arbustales, estepas, montes, sabanas y otros. Sus tierras tampoco son aptas para la producción comercial de árboles y por ello se destinan a la producción natural de forraje para animales domésticos. A pesar de ello pueden obtenerse otros productos no convencionales como minerales, materiales para la construcción, animales silvestres y combustibles, o pueden convertirse en áreas para la preservación de especies amenazadas, sitios antropológicos o actividades de recreación.

Generalmente los pastizales naturales se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del mundo y ocupan alrededor del 51% de la superficie terrestre, totalizando 6,7 billones de hectáreas. En Argentina, las dos terceras partes del territorio son consideradas zonas áridas o semiáridas, de las cuales 100 millones de hectáreas se utilizan para la cría de ganado doméstico. El distrito del Caldén pertenece a la Provincia del Espinal (Cabrera, 1976) y es la región fitogeográfica de pastizales naturales que presenta el mayor potencial productivo en el área de influencia de la ciudad de Bahía Blanca (Peláez, 2011). El 93% de los establecimientos que se encuentran al sur del Caldenal realizan la cría y/o recria bovina constituyendo esta su principal actividad económica (Dirección General de Estadísticas y Censos de la Provincia de La Pampa, 2016). En ellos la base forrajera está constituida por gramíneas perennes nativas tales como *Piptochaetium napostaense* (flechilla negra) y *Nassella clarazii* (flechilla grande) (Fernández y Busso, 1999).

Actualmente el fuego es considerado como un disturbio natural que contribuye al mantenimiento de la sustentabilidad de muchos ecosistemas (Chapin y Shaver, 1996). Es equivalente a otros disturbios naturales tales como plagas, inundaciones, herbivoría de la fauna silvestre y disturbios antrópicos como el pastoreo, poda y raleo en plantaciones forestales industriales (Kunst, 2011). El fuego es esencial para el ciclado de nutrientes y la renovación de ambientes estancados por la excesiva acumulación de material senescente. La quema controlada es una práctica de manejo tradicional que permite mejorar el aprovechamiento del pastizal por parte del ganado vacuno (Massa *et al.*, 2017).

Varios estudios llevados a cabo en la región del Caldenal sustentan esta afirmación. Peláez *et al.* (2012) sostienen que el porcentaje de cobertura, la altura individual y el área de la canopia de las especies leñosas se reduce significativamente luego de quemadas controladas, independientemente de su frecuencia. Por otra parte Bóo *et al.* (1996) argumentan que el diámetro basal y la canopia de las gramíneas perennes deseables aumentan en respuesta al efecto del fuego y al descanso del pastoreo. Especies deseables tales como *P. napostaense*, *Nassella tenuis*, *Poa ligularis*

y *N. clarazzi* demostraron un aumento en su área basal y en la acumulación de biomasa aérea en los sectores quemados, con respecto a los no quemados (Peláez *et al.*, 2013; 2017).

El fuego controlado es utilizado como una herramienta para mejorar la calidad y la distribución del forraje ofrecido a los animales debido a que se ha demostrado que reduce el consumo de agua por parte de las especies leñosas, libera nutrientes (pertenecientes a la vegetación existente) en el suelo para que las plantas puedan utilizarlos, reduce temporalmente la cantidad de vegetación que intercepta la precipitación y reduce la cobertura de árboles y arbustos. Además permite minimizar el riesgo de ocurrencia de fuegos accidentales y permite realizar aumentos en la capacidad de carga animal ya que se produce un incremento en la cantidad y calidad de la biomasa forrajera producida (Vallentine, 1989). Debe recordarse que los efectos directos del fuego en la química de los tejidos son de corta duración, usualmente unos pocos meses (Anderson *et al.*, 2007).

Estos efectos positivos sobre la cantidad y calidad de la biomasa forrajera producida están sujetos a la intensidad de quema, la cual está íntimamente relacionada con la cantidad, distribución y grado de humedad del combustible acumulado. Un fuego de baja intensidad puede ocurrir bajo condiciones de combustible húmedo o donde su disponibilidad es baja. A medida que aumenta el diámetro y la cantidad acumulada del combustible; y se reduce la humedad del mismo, la intensidad del fuego es mayor. Un fuego de alta intensidad puede llegar a eliminar las estructuras reproductivas u ocasionar la muerte de las plantas, lo cual constituirá un efecto positivo o negativo para el manejo del pastizal según las especies involucradas (Miller y Findley, 1994). Bóo *et al.* (1997) mencionan que en una quema controlada debe existir un mínimo de 1230 kg MS.ha⁻¹ de material combustible fino (menor a 2 mm de diámetro), seco y disperso de manera homogénea para que el fuego pueda propagarse.

Dado que en el Caldenal las especies vegetales predominantes son de ciclo otoño-invierno-primaveral (OIP) y que la mayor acumulación de materia seca (MS) se produce a fines del ciclo de crecimiento; en estos pastizales habrá una gran acumulación de biomasa aérea seca en época estival. Las temperaturas que se alcanzan en la región durante esa época son muy altas; en algunos casos superando los 42°C (Fernández y Busso, 1999) y estas contribuyen a acelerar el proceso de secado del combustible, aumentando los riesgos de incendios accidentales producto de tormentas eléctricas. Esta gran acumulación de materia seca facilitaría la ocurrencia de fuegos de alta intensidad.

Hasta el momento los estudios regionales se han centrado en el estudio del efecto que provocan distintas frecuencias de quema controlada sobre los diferentes parámetros de crecimiento de las gramíneas forrajeras, pero hasta ahora no se ha cuantificado el efecto de distintas intensidades de quema sobre la producción de biomasa aérea. También es escasa la información existente al respecto del efecto del

fuego sobre la calidad de las gramíneas forrajeras y su influencia en la receptividad del pastizal. Estas problemáticas son las que se desarrollarán en este trabajo.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

- H 1. El fuego tiene un efecto positivo de breve duración sobre la calidad de las gramíneas perennes deseables de los pastizales del sur del Caldenal.
- H 2. El fuego afecta por igual a todas las gramíneas perennes deseables de dicho pastizal; independientemente del grado de preferencia animal.
- H 3. La receptividad y la fecha de servicio óptima para permitir a los animales cubrir sus requerimientos a lo largo del año se ve modificada por la ocurrencia del fuego.
- H 4. La intensidad de la quema afecta en forma diferente a la producción de biomasa aérea de las gramíneas perennes estudiadas.

En función de las hipótesis propuestas se plantearon los siguientes objetivos:

1. Comparar el contenido de proteína bruta (PB), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina en detergente ácido (LDA) y los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM) de plantas de *P. ligularis* (preferencia animal alta) y *P. napostaense* (preferencia animal intermedia) provenientes de sitios quemados y no quemados en los meses de diciembre de 2015 y marzo, septiembre y noviembre de 2016.
2. Comparar la oferta de MS, EM y PB en sitios quemados y no quemados y cotejarlos con los requerimientos nutricionales de un rodeo de cría a lo largo del año.
3. Cuantificar la producción de biomasa aérea al final de la estación anual de crecimiento en los sitios quemados con intensidad alta, media y baja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ganadero típico del sur del Caldenal perteneciente a la familia Canoni. El mismo está ubicado en el sudeste de la provincia de La Pampa (38° 52' S; 63°; 43' O), sobre la ruta provincial nro. 1, a 40 km al noreste de la localidad de La Adela, Departamento de Caleu-Caleu (Figura 1). El sitio de estudio posee una superficie de 12 ha clausuradas al pastoreo de animales domésticos desde el año 1989 y se encuentra inserto en un potrero de aproximadamente 700 ha.

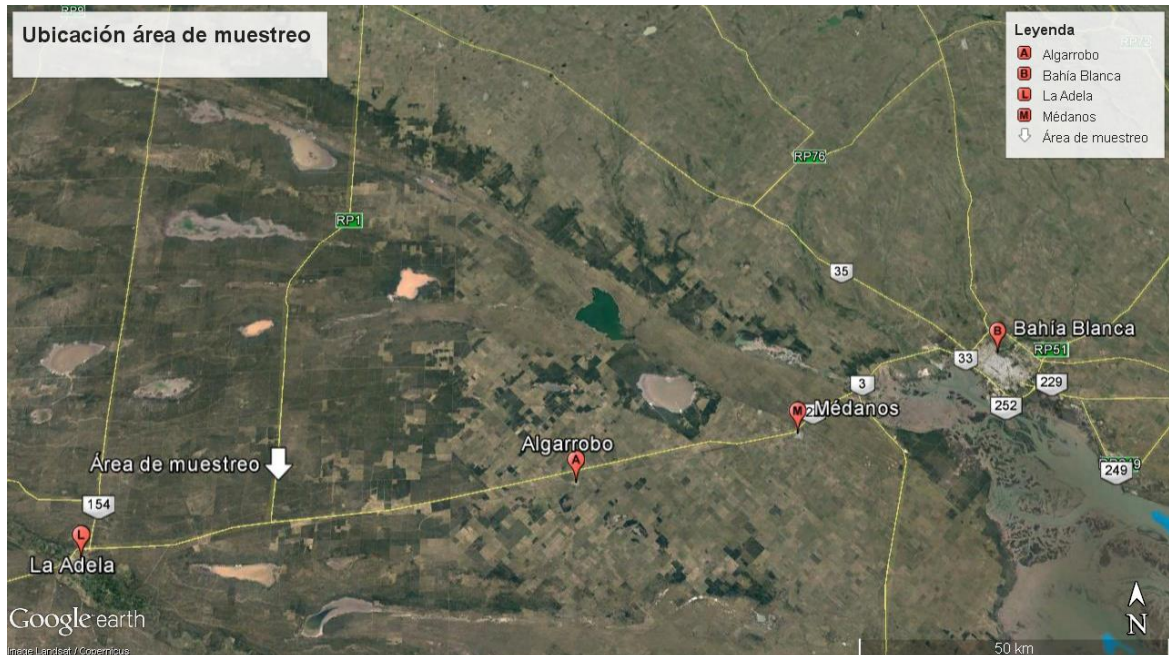


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio, localizado al Sudeste de la provincia de La Pampa, Departamento de Caleu-Caleu, al margen de la ruta provincial nro. 1.

Dentro de esta superficie se establecieron 6 unidades experimentales (UE) de 1 ha cada una, separadas entre sí por contrafuegos de aproximadamente 20 m (Figura 2). Desde 1990, las unidades experimentales fueron expuestas a diferentes frecuencias de quemadas controladas: control sin quemar ($n=2$), quemadas controladas cada 3-4 años ($n=2$) y quemadas controladas cada 7-8 años ($n=2$). Las unidades experimentales asignadas a la menor y mayor frecuencia de fuego fueron quemadas por última vez en 2013 y 2007, respectivamente. Las unidades experimentales asignadas al tratamiento control no sufrieron los efectos del fuego por un período de al menos 30 años.



Figura 2. Imagen satelital del sitio de estudio. Disposición de las unidades experimentales dentro de la superficie clausurada al pastoreo.

A principios del mes de noviembre de 2015 las UE y parte del potrero en el que se hallan insertas fueron afectadas por un fuego accidental. Las condiciones climáticas bajo las cuales este siniestro tuvo lugar son desconocidas. Sin embargo, como suele ser habitual en este tipo de incendios, se cree que la temperatura del aire debió ser elevada, la humedad relativa del aire baja y la intensidad del viento alta (Figuras 3 y 4). Bajo estas condiciones las líneas de contrafuegos existentes pudieron ser excedidas sin dificultad.

Clima

El clima de la región es templado semiárido. El promedio anual de temperatura es de 15 °C. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 24 °C, la del mes más frío (julio) es de 7 °C y el período medio libre de heladas es de 180-190 días. El promedio anual de precipitaciones es de aproximadamente 400 mm, concentrándose en otoño y primavera. La evapotranspiración potencial es de 800 mm y el mayor déficit hídrico ocurre en el verano (INTA, 1980). Durante la estación cálida es común que se produzcan frentes fríos con escasa o nula precipitación, pero con abundante actividad eléctrica. Ésta es la principal causa de la ocurrencia de fuegos accidentales en la región (Bóo, *et al.*, 1996).

Las temperaturas máximas (absolutas y medias), medias y mínimas (absolutas y medias) ocurridas durante el período de estudio pueden observarse en la Figura 3. Las precipitaciones ocurridas desde octubre de 2015 hasta noviembre de 2016 acumularon un total de 836 mm; su distribución mensual y la velocidad media del viento se encuentran presentadas en la Figura 4.

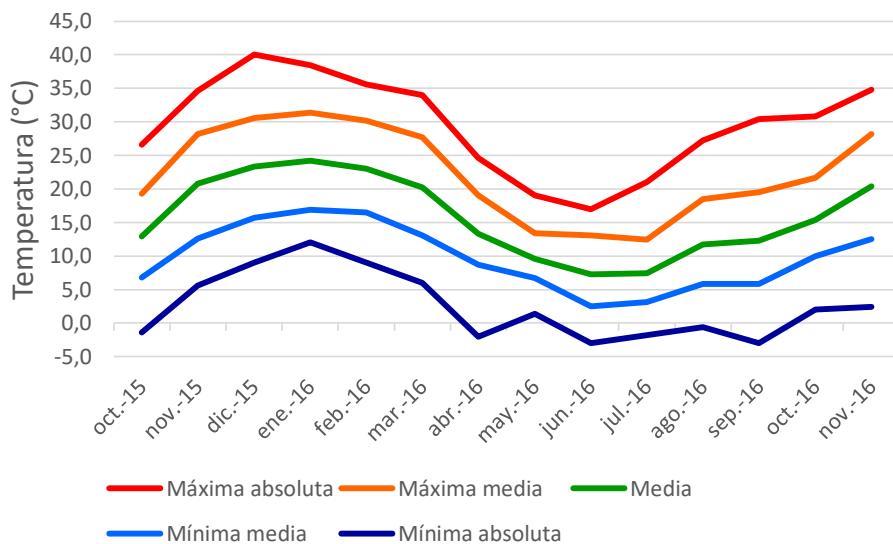


Figura 3. Temperaturas (°C) máxima absoluta, máxima media, media, mínima media y mínima absoluta acontecidas durante el período de muestreo (octubre 2015 a noviembre 2016). Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.

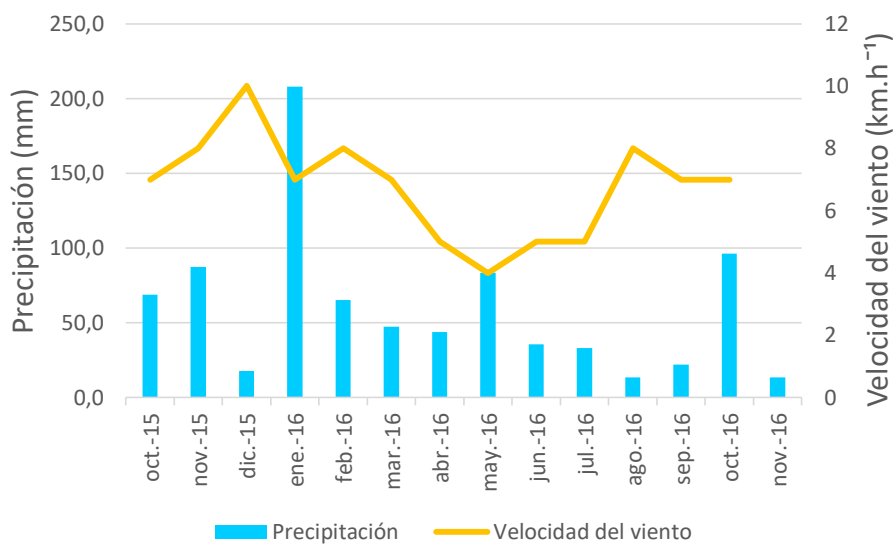


Figura 4. Precipitación (mm) y velocidad del viento (km.h⁻¹) acontecidas durante el período de muestreo (octubre 2015 a noviembre 2016). Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional.

Suelo

El suelo de la región es un Calciustoll (USDA, 1975) de textura media a gruesa, bien drenado y con un horizonte petrocálcico a una profundidad promedio de 50 cm. Según Villamil *et al.* (1997) se caracteriza por presentar un horizonte superficial A1 (0-23 cm) mullido, relativamente espeso y bien estructurado en bloques subangulares, medios y finos, moderados a débiles, de consistencia blanda en seco y friable en húmedo. Presentan elevada porosidad total y reducida impedancia mecánica. La estabilidad de

los agregados es relativamente alta si se tienen en cuenta las características intrínsecas de los materiales constituyentes (bajo tenor de arcilla y de materia orgánica). Por su génesis, se trata de una estructura construida conformada por pedos irregulares, porosa, aireada y relativamente estable, que refleja la acción mecánica de un sistema radical abundante, vigoroso y de distribución homogénea en todo el horizonte. Se observa un incremento de la fracción arcilla en los horizontes subsuperficiales C1 (23-42 cm) y 2Ck2 (42-56 cm). En todo el perfil del suelo la cantidad de caliza activa es elevada debido a un retardo en la lixiviación de los carbonatos producto de las condiciones de déficit hídrico propias de la región.

Vegetación

Las características que presenta la vegetación de la región son la de un arbustal bajo y abierto. Las especies arbóreas presentes son *Prosopis caldenia*, *Prosopis flexuosa* y *Geoffroea decorticans*. Las especies arbustivas más frecuentes son *Prosopidastrum globosum*, *Larrea divaricata*, *Larrea nitida*, *Condalia microphylla*, *Chuquiraga erinacea*, *Schinus fasciculatus*, *Bacharis crispa*, *Bacharis ulicina*, *Cassia aphylla*, *Ephedra triandra* y *Lycium chilensis* (Cabrera, 1976). La vegetación herbácea está compuesta principalmente por gramíneas perennes de ciclo otoño-invierno-primaveral de reconocido valor forrajero como *P. ligularis*, *N. clarazii*, *P. napostaense*, *N. tenuis*, *Pappophorum caespitosum* y *Pappostipa speciosa* (Distel y Peláez, 1985). Otras gramíneas perennes comunes en el sitio pero que no poseen valor forrajero son *Amelichloa ambigua*, *Amelichloa brachychaeta*, *Jarava ichu*, *Jarava plumosa*, *Melica bonariensis*, *Nassella tenuissima* y *Nassella trichotoma*. Entre las especies anuales se destaca la presencia, en micrositos con cierto grado de degradación y en años con abundantes precipitaciones, de *Medicago minima* y *Erodium cicutarium* (Peláez et al., 1995).

Descripción de las especies estudiadas

Las gramíneas seleccionadas para los estudios fueron *P. ligularis*, *N. clarazii*, *P. napostaense* y *N. tenuis*. Las dos primeras clasificadas como especies de alta preferencia animal y las dos últimas como especies de mediana preferencia por el ganado vacuno, de acuerdo al criterio de dominancia sugerido a través de la determinación de los estados y transiciones de los pastizales del sur del Caldenal (Distel y Bóo, 1996). A continuación se hallan descriptas por Kröpfl et al. (2012).

Poa ligularis Ness ex Steud

Nombre vulgar: coirón, coirón azul, coirón poa

Es una gramínea perenne, dioica y cespitosa que forma matas densas con macollas intravaginales. La altura de las cañas es muy variable (10-65 cm); son delgadas y rígidas

con 2-4 nudos algo pilosos por debajo. Las vainas foliares normalmente son muy ásperas al tacto y las basales son blanquecino-pajizas, lisas. La lígula es membranosa, aguda y desgarrada, de 2 a 15 mm de largo. En las vainas jóvenes los márgenes están soldados y encierran al macollo que luego la perfora al emerger. Las láminas son conduplicadas, lineares, filiformes más o menos rígidas con la cara adaxial pubescente y la cara abaxial muy áspera. La inflorescencia es una panoja elipsoide, contraída, densa de 6-18 cm, verde a violácea. Las espiguillas femeninas son un poco más grandes que las masculinas con 3-10 flores cada una. El fruto es un cariopse elipsoide de 1,5-2,8 mm.

Es de ciclo invernal, produce su mayor crecimiento desde agosto hasta mediados de noviembre. Al principio de septiembre comienza su período reproductivo, madurando su semilla para fines de octubre. Durante los veranos secos permanece con muy poca actividad, rebrotando en el otoño. Es un forraje perenne de buen valor nutritivo y alta preferencia por parte del ganado, por lo que tiende a desaparecer o crecer solo bajo los arbustos en campos intensamente pastoreados.

Nassella clarazii (Phil.) Barkworth (Sin. *Stipa clarazii*)

Nombre vulgar: flechilla grande

Pasto perenne, cespitoso, con macollos intravaginales y tallos erectos de 30–80 cm de altura con 2–3 nudos castaño claros, no cubiertos por las vainas, glabros. Las vainas de las hojas poseen margen ciliado y lígula membranácea, obtusa. Las láminas son lineares, planas o convolutas, pilosas en la cara superior y pubescentes o sin pelos en la cara inferior. Las inflorescencias son panojas erectas, laxas, paucifloras. Las glumas son linear-lanceoladas, largamente atenuadas en el ápice en una pseudoarista, hialinas y purpurescentes, sin pelos. El fruto es un cariopse castaño de 6-7 mm.

Es una gramínea de ciclo invernal, que tiene su mayor crecimiento en primavera aunque su forraje permanece verde hasta el verano. Comienza a florecer hacia fines de septiembre y sus semillas maduran en diciembre. Es de alta preferencia por parte del ganado vacuno.

Piptochaetium napostaense (Speg.) Hack.

Nombre vulgar: flechilla negra

Es una gramínea cespitosa perenne. Sus hojas presentan vainas sin pelos, lígula membranácea truncada hasta de 1 mm con pelos a los costados y láminas sin pelos. Sus cañas floríferas comúnmente alcanzan los 60-80 cm de altura. La inflorescencia está constituida por una panoja laxa, de 10 a 24 cm. Las espiguillas son nutantes con glumas lanceoladas, antecios alargados y arista de 7 a 10,5 cm, finamente pubescente. Las glumas son lanceoladas y los antecios alargados con arista de 7 a 10,5 cm, finamente pubescente. El fruto es un cariopse cilíndrico castaño oscuro o casi negro.

Es una especie invernal que florece a principios de octubre y sus semillas maduran hacia fines de noviembre. Prefiere suelos arenosos (o arcillosos que tengan humedad disponible), y abunda en planicies y pendientes extendidas con suelos franco-arenosos. Es una forrajera de preferencia media por bovinos y ovinos. Es menos resistente al pastoreo que la flechilla común (*N. tenuis*), particularmente durante el otoño, por lo que en campos sobrepastoreados tiende a desaparecer.

Nassella tenuis (Phil.) Barkworth (Sin. *Stipa tenuis*)

Nombre vulgar: flechilla, flechilla común, flechilla fina

Pasto perenne de 15-40 cm de altura, posee cañas con 2 a 4 nudos, solo pilosas por debajo de ellos. Los nudos están cubiertos por las vainas y son de igual color que los entrenudos o más oscuros, sin pelos. Las vainas, en general, son amarillo-pajizas, las basales a veces son violáceas, sin pelos o con pelos cortos en el margen. Las lígulas basales son muy cortas y las superiores largas, delgadas, sin pelos; las láminas son planas cuando están verdes, luego se vuelven convolutas y pilosas. La inflorescencia es una panícula enmarañada, erecta o algo nutante; con espiguillas verdosas o violáceas y arista bigeniculada. El fruto es un cariopse translúcido, elíptico, alargado, de unos 4 mm.

Es una gramínea invernal con máximo crecimiento y floración en primavera, aunque puede continuar produciendo forraje si los veranos no son demasiado cálidos y secos. Sus frutos maduran hacia fines de noviembre, principios de diciembre. Por su disponibilidad, es la principal forrajera de la región, posee moderado nivel de preferencia por parte del ganado. Es muy resistente al pastoreo, pero sus frutos (flechillas) punzantes pueden llegar a provocar lesiones en el ganado.

Estimaciones y determinaciones

Calidad forrajera de gramíneas perennes nativas

En el sitio de estudio, posteriormente al fuego accidental, se realizaron cuatro muestreos distribuidos en el período de un año. El primero se llevó a cabo aproximadamente un mes después del fuego accidental (11 de diciembre de 2015), el segundo al comienzo del otoño (18 de marzo de 2016), el tercero al comienzo de la primavera (27 de septiembre de 2016) y el cuarto al cumplirse aproximadamente un año desde el incendio (30 de noviembre de 2016).

En cada fecha de muestreo, en los sitios que fueron alcanzados por el fuego (independientemente de los tratamientos de intensidad), y en los sitios que no fueron se cortaron al azar plantas de *P. ligularis* (n=6) y *P. napostaense* (n=6) y se colocaron en bolsas de papel. Los cortes se realizaron simulando un pastoreo severo, a 2 cm de altura. En adelante los mencionados tratamientos serán llamados “quemado (Q)” y “no quemado (NQ)”.

El contenido de las bolsas fue secado en estufa a 60°C hasta llegar a peso constante para determinar la materia seca (MS; AOAC, 2000) y luego, de cada una de ellas, se separó el material verde del material senescente. El material verde fue molido en un molino Wiley con un tamiz de 2 mm y se analizó en el laboratorio. Las variables determinadas fueron: fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina en detergente ácido (LDA) (Goering y Van Soest, 1970) y proteína bruta (PB; AOAC, 2000). Con los datos de FDA se calculó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) a partir de la fórmula: $\%DIVMS = 88,9 - (\%FDA \times 0,779)$ (Ustarroz *et al.*, 1997). Luego, utilizando este dato, se obtuvo una estimación de la energía metabolizable (EM) de cada especie y tratamiento utilizando la fórmula: $EM = 4,4 \times \%DIVMS \times 0,82$ (Blaxter, 1962).

Balance forrajero

A partir de los datos de FDN obtenidos (ver *Calidad forrajera de gramíneas perennes nativas*) se calculó el consumo voluntario de materia seca (CVMS), expresado como porcentaje de peso vivo (%PV), utilizando la siguiente fórmula: $\%PV = 120 / \%FDN$ (Cangiano, 1996). De esta forma se estimó el CVMS de una vaca de cría de 400 kg de peso. Una vez obtenido este valor, se calculó el consumo voluntario de PB (CVPB) y de EM (CVEM), utilizando los resultados hallados en los análisis de PB y los cálculos de EM y CVMS realizados previamente. Como los datos obtenidos solo correspondieron a las cuatro fechas de muestreo realizadas (diciembre, marzo, septiembre y noviembre), se interpolaron los resultados para los meses restantes.

Para llevar los datos obtenidos a un contexto práctico productivo se propuso un escenario hipotético en donde *P. ligularis* y *P. napostaense* fueran las especies claves de un pastizal. Para ello se utilizaron los datos de disponibilidad de MS de estas especies, en el mismo sitio del estudio, obtenidos por Peláez (datos no publicados) y se calculó la disponibilidad de PB y EM para el pastizal bajo el tratamiento quemado (Q) y no quemado (NQ). Se consideró un coeficiente de utilización (CU) de 0,5 y se asignó una carga animal de 12 ha.cabeza⁻¹ (Dirección General de Estadísticas y Censos, 2016).

Los valores obtenidos, tanto de consumo voluntario como de disponibilidad forrajera, se combinaron y compararon con las tablas de requerimientos de proteína elaboradas por el National Research Council (NRC, 1996) y con las tablas de equivalente vaca (EV) requeridos elaboradas por Cocimano *et al.* (1975) para comprobar si los animales cubrirían sus requerimientos de PB y EM respectivamente. Para ello se propuso analizar el período de tiempo en el cuál el hipotético pastizal cubriría los requerimientos del último tercio de gestación, con el fin de establecer un período de servicio adecuado al mismo. Se partió de la fecha de servicio recomendada para la región (octubre-noviembre-diciembre según Carrillo, 1988).

Biomasa aérea de gramíneas perennes nativas

En función de los ensayos de quema previos realizados en el sitio de estudio, la cantidad de combustible fino acumulado fue diferente en cada UE, permitiendo suponer que el incendio accidental sucedido en noviembre de 2015 ocurrió con intensidades diferentes. De acuerdo a lo anterior se consideraron tres tratamientos de intensidad de quema accidental, en función de la cantidad y tipo de combustible acumulado en cada uno (n=2): intensidad alta en las UE sin quema durante más de 30 años (QIA), intensidad media en las UE quemadas en 2007 (QIM) e intensidad baja en las UE quemadas en 2013 (QIB) (Figura 5).



Figura 5. Distribución de los tratamientos de intensidad de quema en las unidades experimentales (UE). QIA: quema de intensidad alta; QIM: quema de intensidad media; QIB: quema de intensidad baja.

En cada UE se establecieron al azar quince parcelas de 0,80 m² excluidas al pastoreo de pequeños y grandes herbívoros. Estas fueron defoliadas simulando un pastoreo severo a 2 cm de altura al final del ciclo anual de crecimiento 2016 (30/11/2016). En todas las parcelas se cosechó la biomasa aérea de las gramíneas deseables, separando *in situ* por especie y colocándola en bolsas de papel. Las especies recolectadas fueron *P. napostaense*, *N. tenuis*, *P. ligularis* y *N. clarazii*. El material cosechado se secó en estufa a 60°C hasta peso constante y se pesó. Para la presentación de los datos, las especies fueron agrupadas de acuerdo a su grado de preferencia por los animales (moderada o alta, las dos primeras y las dos últimas, respectivamente).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en las experiencias que abordaron los objetivos 1 y 3 se analizaron mediante ANVA simple para cada fecha de muestreo separadamente, siguiendo un diseño completamente al azar. En caso de encontrarse diferencias significativas, las comparaciones entre medias se realizaron mediante el test de LSD Fisher (Snedecor y Cochran, 1980).

RESULTADOS

Calidad forrajera de gramíneas perennes nativas

Las plantas de *P. napostaense* presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de FDN entre los tratamientos Q y NQ a lo largo del ciclo de crecimiento estudiado (Figura 6). El tratamiento Q obtuvo los valores más bajos. Hacia el final del período estas diferencias estadísticas desaparecieron ($p > 0,05$), llegando a tener ambos tratamientos valores de FDN muy similares (66,43% y 67,02% para *P. napostaense* Q y NQ respectivamente y 59,14 % y 61,31% para *P. ligularis* Q y NQ respectivamente).

Las plantas de *P. ligularis* no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido de FDN entre los tratamientos Q y NQ durante el ciclo productivo estudiado (Figura 6), con excepción de la tercera fecha de muestreo (27/9/16). Allí se observó un menor valor de FDN para las especies del tratamiento Q. En la última fecha se observó también una diferencia en los valores de FDN a favor del tratamiento Q, pero esta no fue significativa ($p > 0,05$).

En general, en el tratamiento NQ ambas especies presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí, *P. napostaense* tuvo los mayores valores de FDN. Al finalizar el período estudiado, ambas especies presentaron diferencias significativas entre sí, siendo *P. ligularis* la especie con menores valores, pero no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos Q y NQ (Figura 6).

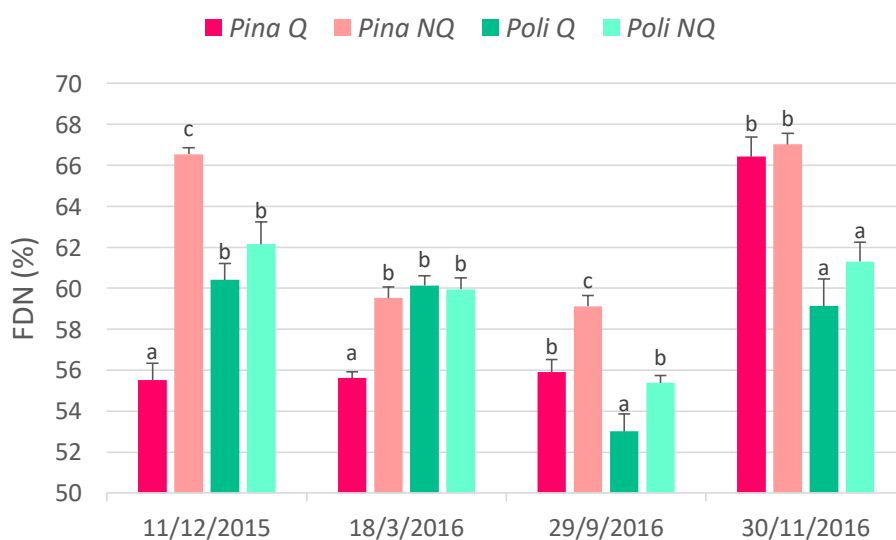


Figura 6. Contenido de fibra en detergente neutro (FDN) (%) en *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

El contenido de FDA de *P. napostaense* también presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos durante las dos primeras fechas, pero estas fueron de menor magnitud que las encontradas en FDN (Figura 7). El tratamiento Q obtuvo los menores valores. En las dos últimas fechas no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) con respecto al contenido de FDA entre ambos tratamientos.

Las plantas de *P. ligularis* comenzaron a evidenciar diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de FDA para los tratamientos Q y NQ a partir de la segunda fecha de muestreo (18/3/16). Estas diferencias se mantuvieron hasta la última fecha, en la cual desaparecieron ($p > 0,05$). Se observó una tendencia de disminución del valor de FDA en las plantas del tratamiento Q a medida que avanzó el tiempo, hasta la última fecha en la que los valores aumentaron drásticamente (Figura 7).

Ambas especies presentaron diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$) al finalizar el período de muestreo, sin importar que pertenecieran al tratamiento Q o NQ. *P. ligularis* obtuvo los menores valores de FDA (Figura 7).

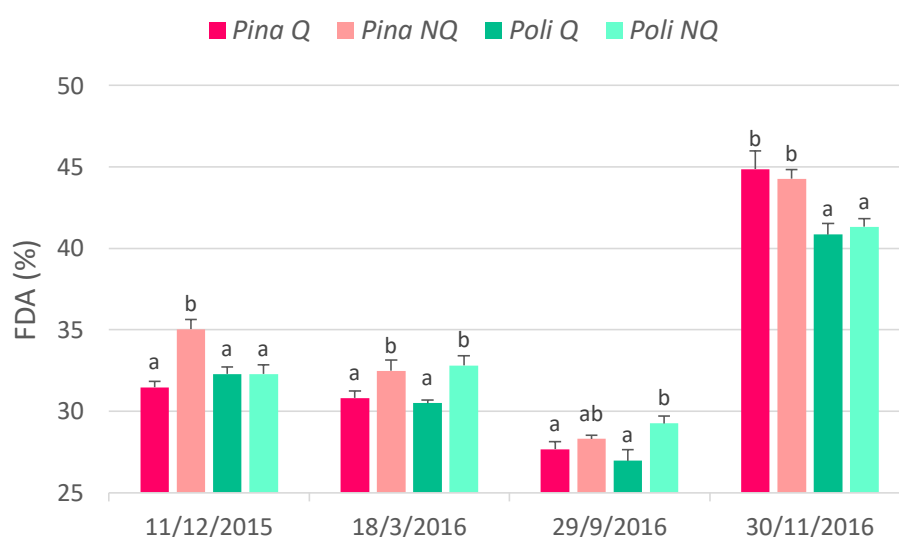


Figura 7. Contenido de fibra en detergente ácido (FDA) (%) en *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

En *P. napostaense* el contenido de LDA (Figura 8) se comportó de forma similar a FDA, observándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, siendo menores las de Q en las dos primeras fechas y luego sin observarse diferencias entre ellos en las demás.

A su vez *P. ligularis* presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos para la primera y la tercera fechas de muestreo (Figura 8). El tratamiento Q obtuvo los menores valores. En la segunda y cuarta fechas no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Al finalizar el período de muestreo, las especies no presentaron diferencias significativas en su contenido de LDA ($p>0,05$). Esto quiere decir que *P. napostaense* y *P. ligularis* obtuvieron similares niveles de lignificación en sus tejidos (Figura 8).

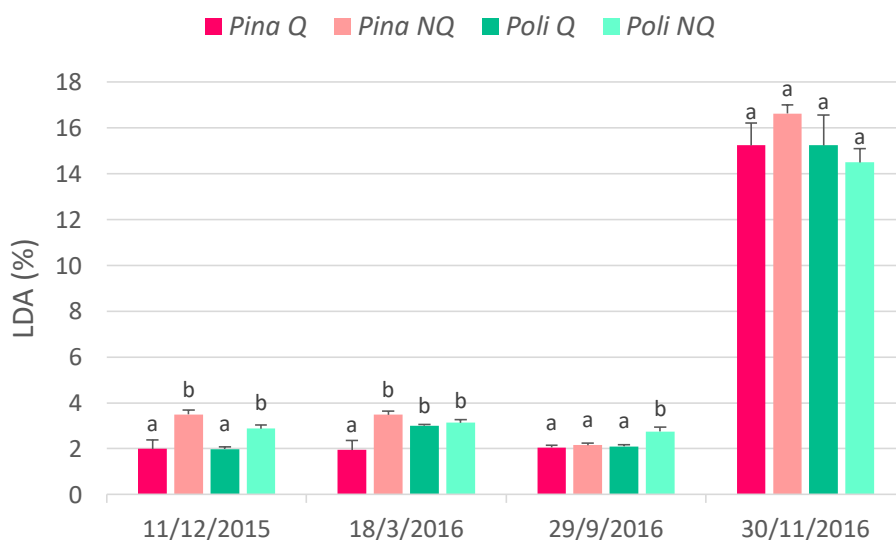


Figura 8. Contenido de lignina en detergente ácido (LDA) (%) en *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

Para estos tres parámetros (FDN, FDA y LDA), en ambas especies y tratamientos, se observó un aumento abrupto de su valor en la última fecha de muestreo el 30/11/16 (Figuras 6, 7 y 8) conforme se avanzó en el estadio fenológico reproductivo.

Para *P. napostaense*, en el parámetro PB se observaron diferencias significativas ($p<0,05$) entre ambos tratamientos; el tratamiento Q obtuvo los mayores valores (Figura 9). Al principio las diferencias entre la PB de ambos tratamientos fue muy amplia y con el transcurrir del tiempo esta fue disminuyendo hasta desaparecer en la última fecha de muestreo ($p>0,05$).

Se observaron diferencias significativas ($p<0,05$) durante las dos primeras fechas de muestreo entre los tratamientos de *P. ligularis*. Los mayores valores de PB los obtuvo el tratamiento Q. Hacia la tercera fecha de muestreo, si bien se observó una ligera diferencia en los valores de PB, esta no fue significativa ($p>0,05$). En la última fecha ya no se observaron diferencias (Figura 9).

En general, las plantas pertenecientes al tratamiento NQ de *P. napostaense* obtuvieron mayores valores de PB que las plantas Q de *P. ligularis*, presentándose diferencias significativas ($p<0,05$) a lo largo del periodo entre ellas. En el último muestreo se observó que se produjeron diferencias significativas ($p<0,05$) entre ambas especies, siendo *P. ligularis* la que obtuvo los mayores valores (Figura 9).

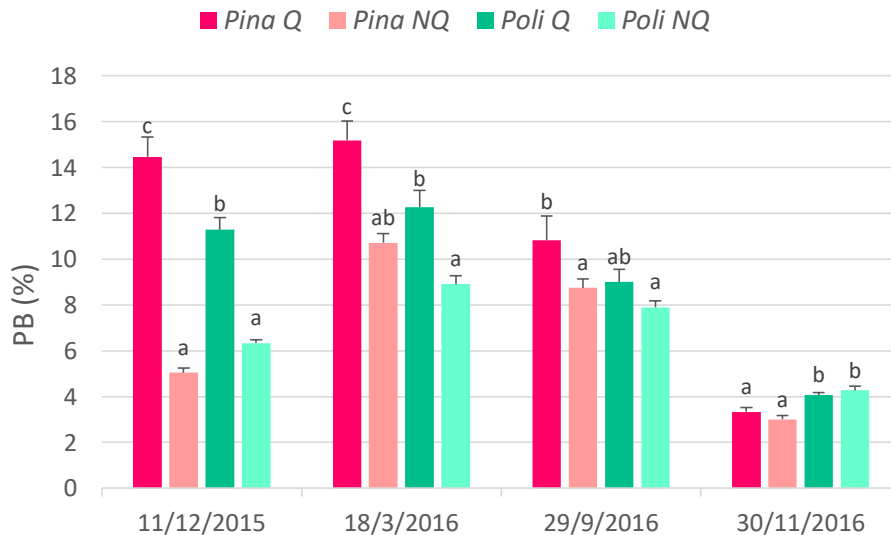


Figura 9. Contenido de proteína bruta (PB) (%) en *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del periodo de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

En cuanto a la digestibilidad de la materia seca (DIVMS), *P. napostaense* presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en ambos tratamientos durante las dos primeras fechas de muestreo (Figura 10). El tratamiento Q obtuvo los mayores valores, presentando valores de digestibilidad de 64,4% y 64,9% para la primera y segunda fechas, respectivamente. En las dos últimas fechas dejaron de observarse diferencias ($p > 0,05$).

Por el contrario, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos Q y NQ de *P. ligularis* a partir de la segunda fecha de muestreo. Los mayores valores se encontraron en las plantas del tratamiento Q, las cuales obtuvieron valores de digestibilidad de 65,1% y 67,3% para la segunda y tercera fechas respectivamente. En la última fecha de muestreo nuevamente dejaron de observarse diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores de este parámetro (Figura 10).

Ambas especies presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí para la digestibilidad de la MS en la última fecha de muestreo, siendo mayor para *P. ligularis*. En este momento los tratamientos no evidenciaron diferencias entre ellos ($p > 0,05$) (Figura 10).

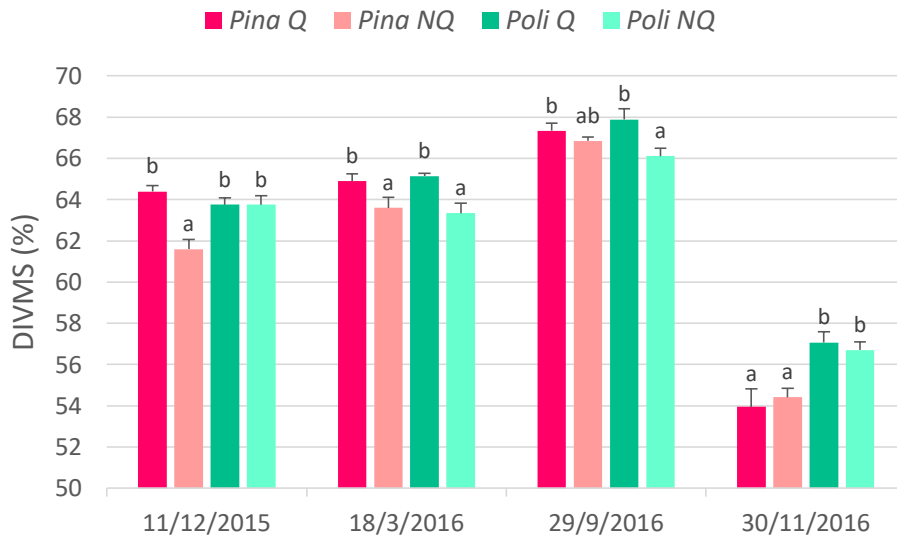


Figura 10. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (%) de *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

El contenido de EM por kg de MS se comportó exactamente igual a la DIVMS debido a que ambos parámetros están estrechamente relacionados (Figura 11). *P. napostaense* presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en las dos primeras fechas; mientras que *P. ligularis* solo presentó esas diferencias en la tercera fecha. Al finalizar el período de muestreo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambas especies pero no entre tratamientos ($p > 0,05$).

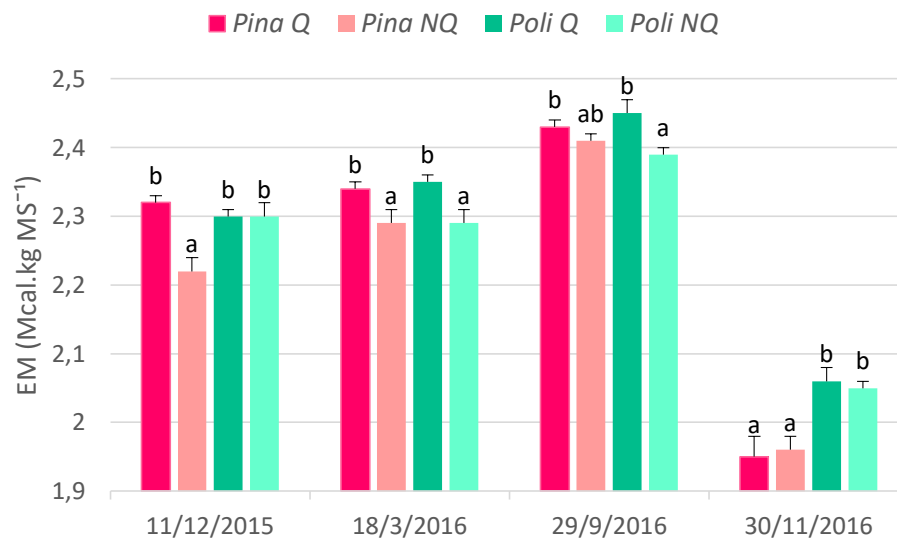


Figura 11. Energía metabolizable (EM) por kg de materia seca de *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli) para los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

Estos tres últimos parámetros se comportaron en forma inversa a los anteriores. Sus valores fueron aumentando progresivamente durante el ciclo de muestreo y luego disminuyeron abruptamente en la última fecha. Esto sucedió para ambas especies y tratamientos (Figuras 9, 10 y 11).

Balance forrajero

La estimación de consumo voluntario diario de MS está inversamente relacionada con el contenido de FDN del recurso forrajero. Es por ello que se observaron los mayores consumos de MS cuando el contenido de FDN fue menor. En *P. napostaense* se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos Q y NQ durante las tres primeras fechas de muestreo. Los mayores niveles de CVMS se obtuvieron en las plantas pertenecientes al tratamiento Q. Por otra parte, *P. ligularis* solo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el CVMS en la tercera fecha de muestreo (septiembre), siendo mayor para el tratamiento Q (Figura 12).

Durante las dos primeras fechas se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre *P. napostaense* Q y el resto de las especies y tratamientos. En la tercera fecha de muestreo no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre *P. napostaense* Q y *P. ligularis* NQ, mientras que sí se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre estas y el resto de las especies y tratamientos (Figura 12). Hacia el final del período de muestreo solo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre especies, no entre tratamientos, siendo *P. ligularis* la especie con mayor CVMS.

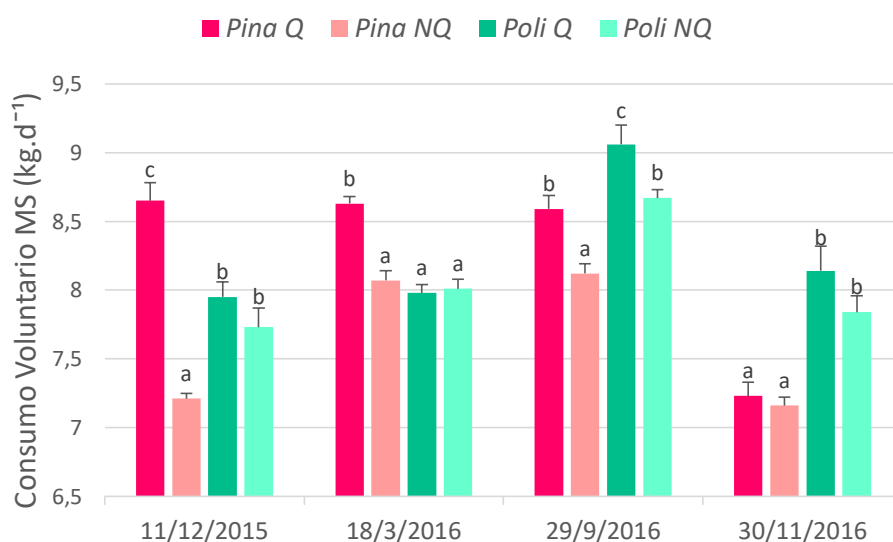


Figura 12. Consumo voluntario diario de materia seca (CVMS) para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

La estimación de consumo voluntario de PB (CVPB) diario es dependiente del contenido de FDN y de PB de cada uno de los recursos forrajeros. Esta arrojó diferencias significativas para *P. napostaense* Q durante las tres primeras fechas de muestreo; siendo este tratamiento el que obtuvo los mayores valores y se diferenció amplia y significativamente ($p < 0,05$) de los demás (Figura 13). Durante las dos primeras fechas, ambas especies presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tratamiento Q con respecto a las del tratamiento NQ.

A partir de la tercera fecha dejaron de observarse diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos de *P. ligularis* y hacia la cuarta fecha solo se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dos especies, no entre tratamientos (Figura 13). En general, durante las tres primeras fechas de muestreo no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el CVPB de los tratamientos NQ de ambas especies.

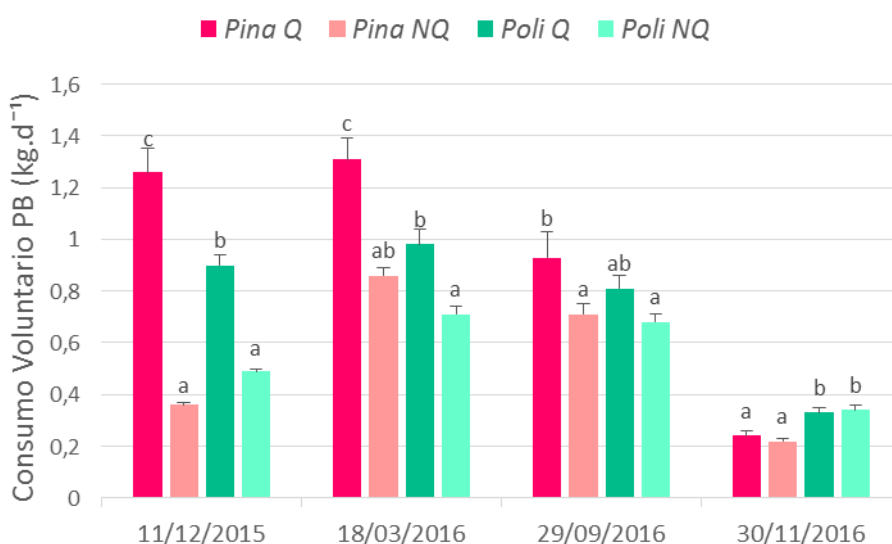


Figura 13. Consumo voluntario de proteína bruta (CVPB) diario para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

Al igual que las anteriores, la estimación de consumo voluntario de energía metabolizable (CVEM) está relacionada inversamente con el contenido de FDN y en este caso, directamente con la DIVMS. *P. napostaense* presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos Q y NQ durante las tres primeras fechas de muestreo, siendo el tratamiento Q el que obtuvo el mayor valor por sobre los demás durante las dos primeras (Figura 14).

En la tercera fecha de muestreo se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos de *P. ligularis*. En este caso el tratamiento Q fue el que obtuvo el mayor de CVEM valor por sobre los demás. También se observó que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre *P. napostaense* Q y *P. ligularis* NQ,

pero sí entre éstas y *P. napostaense* NQ (Figura 14). En la cuarta fecha de muestreo no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí entre especies.

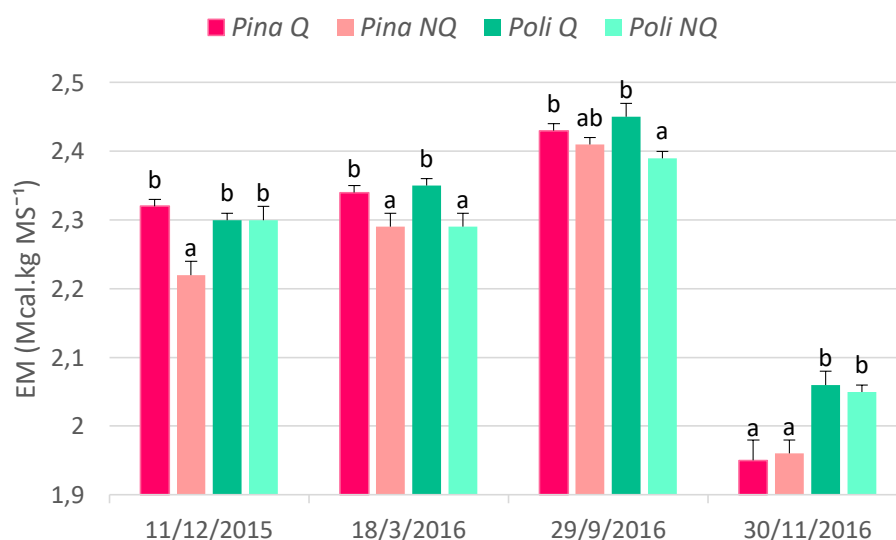


Figura 14. Consumo voluntario de energía metabolizable (CVEM) diario para una vaca de 400 kg de peso que consume exclusivamente plantas de *P. napostaense* (Pina) y *P. ligularis* (Poli), bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) a lo largo del período de muestreo. Dentro de cada grupo de fechas, las columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p > 0,05$). Las barras verticales representan el error estándar.

En la Figura 15 se observa que los requerimientos de PB las vacas de cría para el último tercio de gestación podrían ser cubiertos por las cantidades de alimento consumidas de acuerdo a las tres fechas de servicio propuestas, tanto si se considera el pastizal Q como el NQ. En general, la diferencia entre el CVPB de los pastizales Q y NQ es muy amplia, observándose en todos los casos que el pastizal Q únicamente no cubriría los requerimientos de las vacas durante los meses de octubre y noviembre.

En el caso del servicio recomendado para la región (octubre-noviembre-diciembre) se observa que el pastizal NQ lograría cubrir los requerimientos de PB durante el período febrero-julio; mientras que los momentos de mayores requerimientos por parte de las vacas (parición y lactancia) no serían cubiertos por el mismo (Figura 15a). En esta fecha de servicio se observaría que las vacas consumirían mayores cantidades de PB un mes antes de comenzar el último tercio de gestación. Si se adelantara el servicio un mes con respecto a la fecha recomendada (septiembre-octubre-noviembre), se observaría que el CVPB del pastizal NQ cubriría los requerimientos del período enero-junio (con un pequeño déficit en febrero) (Figura 15b). Otra vez los requerimientos de período correspondiente a parición y lactancia no serían satisfechos por el consumo de este recurso. En el último caso, si se atrasara el servicio dos meses con respecto a la fecha recomendada (diciembre-enero-febrero), el período de satisfacción de los requerimientos de las vacas de cría en el pastizal NQ sería abril-septiembre (Figura 15c). De esta forma los animales comenzarían a consumir mayores cantidades de PB tres meses antes del período crítico estudiado.

Si se analizara el CVEM con respecto a los requerimientos de las vacas de cría en tres fechas de servicio diferentes (Figura 16), se observaría que, a diferencia del gráfico anterior (Figura 15), la diferencia entre los tratamientos Q y NQ no sería tan amplia (a excepción del mes de febrero). También se observaría que ambos tratamientos cubrirían los requerimientos no solo durante el último tercio de gestación, sino durante casi todo el ciclo productivo del animal. La excepción la constituiría el período de lactancia, en el cual ninguno de los tratamientos, en ninguna fecha de servicio, sería capaz de alcanzar dichos niveles de CVEM.

Para la fecha de servicio recomendada para la zona (octubre-noviembre-diciembre), se observaría que el período en el que no se cubrirían los requerimientos de EM sería durante octubre-febrero. En este último mes habría un pequeño déficit en el caso del pastizal NQ (Figura 16a). Si se adelantara el servicio un mes con respecto al recomendado (septiembre-octubre-noviembre), se esperaría que el período en el cual el CVEM cubriera los requerimientos fuera similar al anterior, sumándose en este caso el mes de enero. El pastizal Q tendría un período de cobertura aún mayor: desde el mes de enero hasta septiembre (Figura 16b). En el último caso, si se atrasara dos meses el servicio con respecto a la fecha recomendada (diciembre-enero-febrero), los requerimientos de las vacas de cría serían satisfechos durante el período abril-octubre. A pesar de que el pastizal bajo el tratamiento Q poseería mayor cantidad de EM, no habría diferencias notables con respecto al período de cobertura de los requerimientos del pastizal NQ (Figura 16c).

Del análisis de la Figura 17 se extrae que la cantidad de PB o EM potencialmente consumible, es decir, la cantidad que sería capaz de consumir una vaca de 400 kg de acuerdo a la calidad del forraje, es la que condiciona el consumo real en ambos tratamientos. En el caso del pastizal NQ puede observarse que solo en períodos específicos (febrero y marzo) la cantidad de PB o EM utilizable es menor que la potencialmente consumible (Figura 17 a y c). Es decir que lo que limitaría el consumo de PB o EM en ese período sería la disponibilidad de forraje, no la calidad.

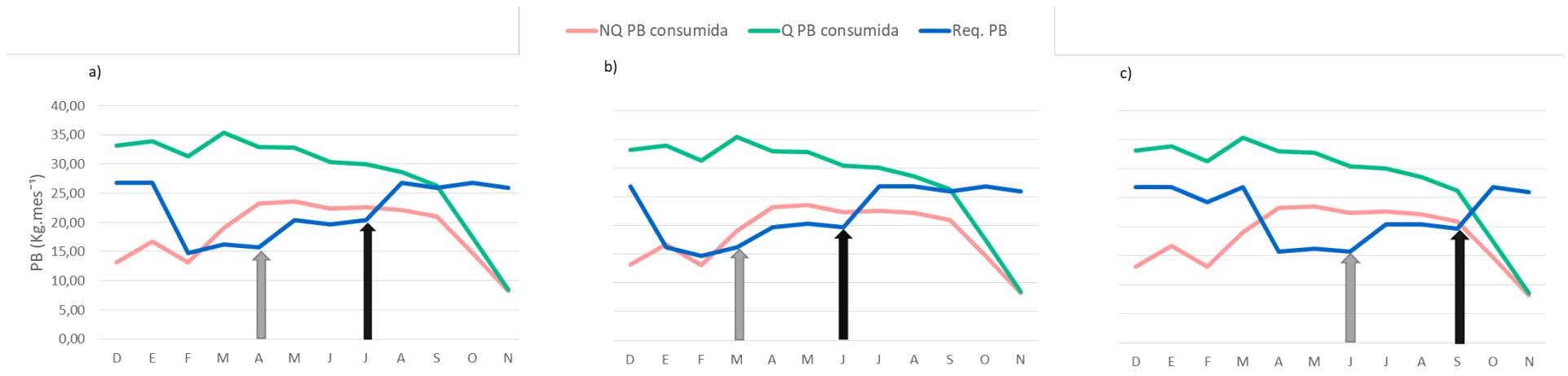


Figura 15. Consumo y demanda de proteína bruta (PB) de una vaca de 400 kg que gesta y cría un ternero hasta su destete a los 6 meses de edad, la cual se encuentra en un pastizal compuesto por *P. napostaense* y *P. ligularis*, bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ). Fecha de servicio a) octubre-noviembre-diciembre (recomendada para la zona), b) septiembre-octubre-noviembre, c) diciembre-enero-febrero. Las flechas grises indican el inicio del tercer período de gestación y las flechas negras el inicio de la época de parición.

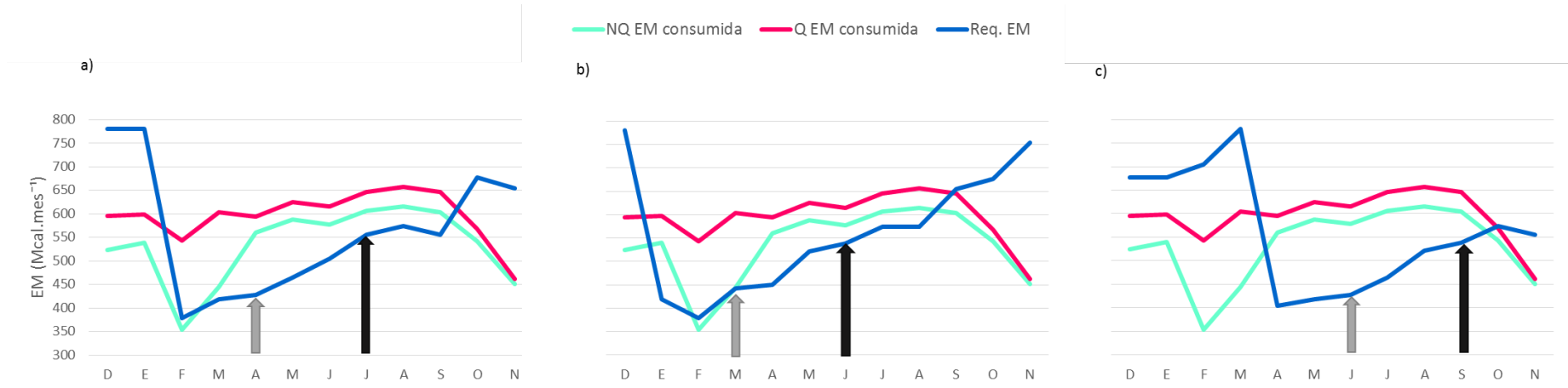


Figura 16. Consumo y demanda de energía metabolizable (EM) de una vaca de 400 kg que gesta y cría un ternero hasta su destete a los 6 meses de edad, la cual se encuentra en un pastizal compuesto por *P. napostaense* y *P. ligularis*, bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ). Fecha de servicio a) octubre-noviembre-diciembre (recomendada para la zona), b) septiembre-octubre-noviembre, c) diciembre-enero-febrero. Las flechas grises indican el inicio del tercer período de gestación y las flechas negras el inicio de la época de parición.



Figura 17. Disponibilidad de un pastizal compuesto por *P. napostaense* y *P. ligularis*, bajo los tratamientos quemado (Q) y no quemado (NQ) vs. consumo potencial de una vaca de 400 kg; para los parámetros proteína bruta (PB) y energía metabolizable (EM).

Biomasa aérea de gramíneas perennes nativas

En la Figura 18 se observa la respuesta de las gramíneas forrajeras estudiadas, agrupadas de acuerdo al grado de preferencia animal, a las diferentes intensidades de quema. La producción de biomasa fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en las especies de moderada preferencia animal (*P. napostaense* y *N. tenuis*) en el tratamiento de alta intensidad de fuego. En el tratamiento de media intensidad ocurrió lo contrario, la diferencia significativa ($p < 0,05$) demostró la mayor producción de biomasa de las especies de alta preferencia animal (*P. ligularis* y *N. clarazii*). No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los grupos de especies para el tratamiento de baja intensidad de quema.

Por el contrario, en la Figura 19 se muestra el efecto de las diferentes intensidades de quema dentro de cada uno de los mencionados grupos de especies. En dicha figura no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la cantidad de biomasa producida bajo las diferentes intensidades de quema para las especies de preferencia intermedia (*P. napostaense* y *N. tenuis*). Al contrario, para las especies de preferencia animal alta (*P. ligularis* y *N. clarazii*), sí se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento de alta intensidad de quema (QIA) y los de media (QIM) y baja intensidad (QIB), siendo estos últimos los que obtuvieron los mayores valores. A pesar de no observarse diferencias significativas ($p > 0,05$) entre QIM y QIB, sí se manifestó una mayor producción de biomasa en el tratamiento QIM.

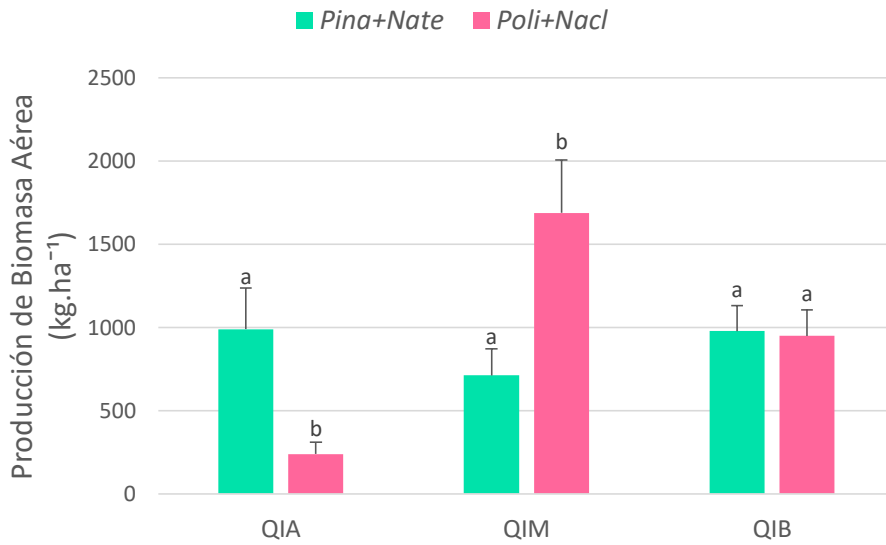


Figura 18. Producción de biomasa aérea de Pina (*Piptochaetium napostaense*) + Nate (*Nassella tenuis*) y de Poli (*Poa ligularis*) + Nacl (*Nassella clarazii*) al final del primer ciclo de crecimiento post-quema accidental de diferentes intensidades (QIA: quema intensidad alta; QIM: quema intensidad media; QIB: quema intensidad baja). Dentro de cada intensidad de quema, columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras representan el error estándar ($n=30$).

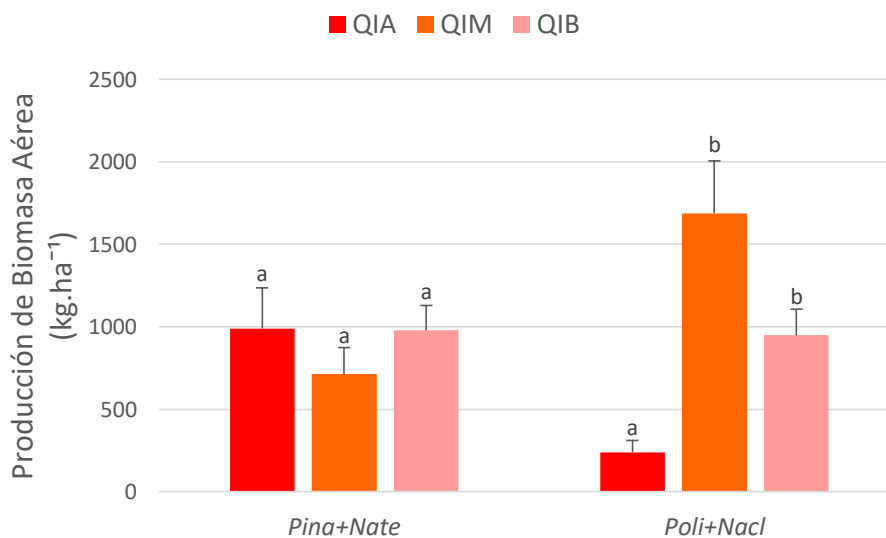


Figura 19. Producción de biomasa aérea de Pina (*Piptochaetium napostaense*) + Nate (*Nassella tenuis*) y de Poli (*Poa ligularis*) + Nacl (*Nassella clarazii*) al final del primer ciclo de crecimiento post-quema accidental de diferentes intensidades (QIA: quema intensidad alta; QIM: quema intensidad media; QIB: quema intensidad baja). Dentro de cada grupo de gramíneas perennes, columnas con letras iguales no difieren significativamente ($p>0,05$). Las barras representan el error estándar ($n=30$).

DISCUSIÓN

El fuego es utilizado por los productores como una herramienta de manejo con el fin de remover la biomasa que no posee valor forrajero, la cual rechazada o poco consumida por el ganado, aumentando así la palatabilidad y la calidad nutritiva (en proteína bruta y minerales) del rebrote (Anderson, 1984; Peláez, 2011). Además del objetivo ya mencionado, el fuego se utiliza para efectuar la remoción del exceso de mantillo y/o material muerto (que impide la llegada de luz solar al suelo, la cual limita el reciclaje de MO y la germinación de las semillas), controlar especies arbustivas y leñosas no deseables (lo cual permite mejorar la distribución y el acceso de los animales en el terreno), impedir la invasión de plantas de poca utilidad, aumentar la producción de pasto y la capacidad de carga y aportar nutrientes al suelo (Casillo *et al.*, 2012; Kunst *et al.*, 2003).

El impacto del fuego sobre la calidad de la oferta de forraje es significativo. Cornacchione *et al.* (2001) informaron valores del 16% de PB en áreas quemadas en comparación con 7-8% en los sectores sin quemar, mientras que Rabotnikof *et al.* (2013) encontraron que la fracción de superficie quemada casi duplicó los valores de PB con respecto a la fracción sin quemar. Ambos trabajos presentaron valores que son similares a los obtenidos en este estudio. El aumento de la calidad nutritiva de las gramíneas se vio demostrado en la presente experiencia, ya que las diferencias entre los tratamientos Q y NQ se mantuvieron desde el rebrote inicial hasta el rebrote de primavera, siempre a favor de las especies del tratamiento Q (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Esto se debe a que luego de la remoción del tejido meristemático activo, el rebrote de las gramíneas perennes depende de la producción de nuevos macollos, a partir de la activación de las yemas axilares (Hyder, 1972) y a la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo luego de la quema.

La capacidad de formación de nuevos macollos junto con la velocidad de crecimiento de los mismos determinan el restablecimiento de la canopia fotosintética de las gramíneas y su tolerancia a la remoción foliar (Caldwell *et al.*, 1981). Esta remoción puede ser causada tanto por el pastoreo como por el fuego; pero este último, según sea su intensidad, puede afectar la viabilidad de las yemas y comprometer seriamente su capacidad de rebrote (Busso *et al.*, 1993; Zammit, 1988). Ambas prácticas (fuego y pastoreo) controlan el flujo de senescencia foliar (Cerqueira *et al.*, 2000), dando lugar a una mayor proporción de hojas jóvenes en la canopia. Los rebrotes luego de estos disturbios poseen alta calidad dado que están conformados principalmente por hojas, pero a medida que avanza el estado de madurez de los macollos (pasaje a estado reproductivo), se produce una merma en la calidad del forraje. Esto se debe a que mientras la lámina está compuesta por gran cantidad de células del mesófilo (células de pared delgada), los tallos están compuestos por células de xilema (altamente lignificadas), haces vasculares (tejidos conductivos) y esclerénquima (tejidos estructurales). Es por ello que los tallos tienen mayores

concentraciones de fibra (FDN y FDA) que las láminas. Las vainas usualmente tienen un valor de calidad intermedio entre la lámina y el tallo (Fahey, 1994).

A medida que crecen, las hojas también desarrollan una nervadura central lignificada que forma parte de su mecanismo de soporte, pero que a su vez contribuye al aumento general de la concentración de fibra de la planta. La lignina es necesaria porque provee soporte mecánico a los tallos y las hojas, aportando fuerza y rigidez a las células de la pared vegetal. De esta forma las plantas adquieren mayor solidez cuando presentan gran acumulación de biomasa aérea. Además la lignina le confiere resistencia a enfermedades, insectos, bajas temperaturas y a diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos. A pesar de ello, actúa como una barrera física en la degradación microbiana de los carbohidratos estructurales, impidiendo la digestión completa de la fibra (Buxton y Redfearn, 1997; Fahey, 1994).

Las altas temperaturas alcanzadas durante una quema provocan pérdidas en el contenido de MO del suelo, tanto superficial como humificada, mientras que el aporte de cenizas modifica el ciclo de los elementos minerales. Como consecuencia de la combustión del material vegetal se produce un gran aporte de nitrógeno disponible en el suelo, lo cual justifica un mayor rebrote, el aumento de la producción de forraje en forma inmediata y el aumento en la concentración de los nutrientes en las hojas. (González *et al.*, 2004). Los efectos directos del fuego en la química de los tejidos son de corta duración, usualmente unos pocos meses (Anderson *et al.*, 2007).

En la presente experiencia, luego de transcurrido un año post-fuego, en todos los casos y para los seis parámetros estudiados (FND, FDA, LDA, PB, DIVMS y EM) las diferencias entre ambos tratamientos desaparecieron. De esta forma quedó demostrado que luego de un ciclo de crecimiento las especies Q y NQ se equipararon en calidad (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11) dejando de observarse los efectos beneficiosos del fuego.

Buxton y Redfearn (1997) consideran que el factor más importante que provoca la disminución de la digestibilidad del forraje a medida que avanza el estado de madurez es el aumento en el contenido de fibra y la progresiva disminución proporcional de los contenidos solubles de las células. Por otra parte el alto porcentaje de fibra constituye el factor más importante en la limitación del consumo de MS por parte de los animales, ya que cuando estos valores son altos (mayores a 60%) la regulación del consumo voluntario se produce a través de mecanismos de control físico. Smith *et al.* (1992), encontraron que el contenido de FDN potencialmente digestible de las gramíneas es de 686 g.kg^{-1} , es decir el 68,6%. Es por ello que el contenido de FDN de un forraje es muy importante, ya que el consumo voluntario está inversamente relacionado con él (González *et al.*, 2016). Minson (1990) afirma que el valor nutricional de un forraje para bovinos en pastoreo depende más de la cantidad consumida que de su composición química. En la presente experiencia se observó que los mayores valores de CVMS (Figura 12) se presentaron cuando se produjeron los menores valores de FDN (Figura 6).

Asimismo, la disminución en la digestibilidad con el avance de la madurez de los tejidos afecta negativamente el aprovechamiento de otros nutrientes tales como la proteína bruta (Mc Donald *et al.*, 1988), es por ello que es importante conocer tanto la cantidad de fibra consumida como la composición química de la misma (Bèlanger *et al.*, 2001).

A medida que se produce un aumento de la MS acumulada, la PB contenida en ella disminuye por dilución (Bèlanger *et al.*, 2001), de esto deriva que aquellas especies que presentan tanto un inicio temprano del rebrote como una rápida tasa de crecimiento sufren mayores pérdidas en la concentración de PB (Ferri, 2017). Esto coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo, en donde quedó demostrado que mientras las plantas se encontraban en estado vegetativo, la PB fue en aumento; pero que cuando la acumulación de MS fue significativa (rebrote de primavera) y las plantas ingresaron en estado reproductivo, la concentración de PB decayó notablemente (Figura 9).

Por otra parte, si bien los carbohidratos no estructurales son fermentados rápidamente por los microorganismos del rumen y pueden representar una cantidad sustancial de la energía obtenida por los rumiantes al consumir forraje, la fibra es su principal fuente energética. Cuantitativamente los carbohidratos no estructurales son menos importantes que los estructurales como fuente de energía para los rumiantes que consumen dietas a base de forraje (Fahey, 1994). La cantidad de energía química existente en los mismos se determina sometiendo una determinada cantidad de alimento a combustión completa y midiendo el calor producido. Para ello se utiliza una bomba calorimétrica. Esta energía se denomina energía bruta (EB) y para los forrajes adopta un valor estimado de $4,4 \text{ Mcal.kg}^{-1} \text{ MS}$. Esta en realidad es una estimación poco exacta de la energía que pueden utilizar los animales ya que no tiene en cuenta las pérdidas energéticas durante la digestión y el metabolismo. La primera pérdida de energía que es necesario contemplar es la correspondiente a la energía que contienen las heces. La EB menos la energía de las heces constituyen la energía digestible (ED). Las segundas pérdidas de energía que deben ser consideradas son la orina y los gases combustibles que abandonan el rumen, las cuales constituyen aproximadamente el 18% de la ED. La ED menos las pérdidas por orina y gases dan lugar a la energía metabolizable (EM). La EM es la que, luego de restarle el incremento térmico (IT, es el aumento de calor por encima del metabolismo basal), da como resultado la energía neta (EN). Esta es la energía que queda disponible para fines útiles como mantenimiento corporal y las diferentes formas de producción (McDonald *et al.* 1988). La EM si es una buena estimadora de la cantidad de energía que puede utilizar los rumiantes.

En esta experiencia se calcularon los valores de EM (Figura 11), los cuales se encuentran directamente relacionados con la DIVMS (Figura 10) e inversamente relacionados con la FDN y la FDA (Figuras 6 y 7 respectivamente). Estos resultados demostraron que a medida que la planta acumula biomasa la EM va en aumento, hasta

el final del ciclo productivo, donde los valores de FDN y FDA suben abruptamente, provocando la disminución de la DIVMS y por consiguiente de la EM

Según Bèlanger *et al.* (2001) el valor nutritivo del forraje decrece con el tiempo, con el estado fenológico de la planta y con el aumento de rendimiento por unidad de superficie. Por otra parte Fahey (1994) apunta que la declinación en la calidad del forraje se debe en mayor medida a la disminución de la relación hoja:tallo y a la disminución de la calidad en los componentes de este último. Se considera un forraje de baja calidad a aquel que posee valores de FDN superiores al 70%, valores de PB menores al 7% y a aquellos poseen una digestibilidad menor al 50% (Ludwig *et al.*, 2008). En el presente estudio se observó que los valores de FDN no superaron el 67% (Figura 6), mientras que la DIVMS nunca fue menor al 50% (Figura 10). Sin embargo se observaron valores de PB por debajo de 7% (Figura 9). Esto sucedió para las plantas del tratamiento NQ durante la primera fecha de muestreo y para las de ambos tratamientos durante la última. En los dos casos las plantas se encontraban finalizando su ciclo de crecimiento, mientras que durante los rebrotes de otoño y primavera los valores de PB fueron superiores a 7%.

En líneas generales se observó que los contenidos de FDN, FDA y LDA se mantuvieron constantes a lo largo del período de crecimiento estudiado y aumentaron abruptamente hacia la última fecha de muestreo (Figuras 6, 7 y 8). Esto sucedió independientemente de la especie y del tratamiento; y coincidió con el normal desarrollo de las plantas de ciclo OIP. El mayor aumento de biomasa y la mayor acumulación de fibra se produjeron en el momento de la floración, hacia el final del ciclo de crecimiento. Por otra parte tanto la PB, DIVMS y EM se comportaron en forma opuesta a los anteriores: sus valores fueron aumentando lenta y progresivamente durante el ciclo para decaer abruptamente hacia el final (Figuras 9, 10 y 11).

Las plantas de *P. napostaense* mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos Q y NQ desde el inicio de los muestreos hasta el rebrote primaveral. Estas diferencias siempre fueron a favor del tratamiento Q, presentando menores valores de FDN, FDA y LDA y mayores valores de PB, DIVMS y EM (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Esto demuestra que el tratamiento Q fue el que produjo plantas de mayor calidad. *P. ligularis* se comportó ligeramente diferente ya que las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las plantas del tratamiento Q y NQ comenzaron a observarse a partir de la segunda fecha de muestreo, es decir, a partir del rebrote otoñal. En los casos en que hubo diferencias estas siempre fueron a favor de la calidad de las plantas del tratamiento Q. En ambas especies, hacia la última fecha de muestreo dejaron de observarse diferencias entre los tratamientos pero sí continuaron observándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies.

Las diferencias de calidad entre las plantas Q y NQ fueron más abruptas para *P. napostaense* y en general esta especie presentó mejor calidad que *P. ligularis* durante las dos primeras fechas de muestreo (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11). En la tercera fecha, perteneciente al rebrote primaveral, ambas especies pertenecientes al tratamiento Q

se igualaron en calidad y en la última fecha se observó que *P. ligularis* obtuvo mejores valores que *P. napostaense*. En general no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las plantas de ambas especies bajo el tratamiento NQ a lo largo del ciclo de crecimiento, pero sí hacia el final. Para el caso de FDN, FDA, DIVMS, PB y EM se observaron diferencias ($p < 0,05$) a favor de la calidad de *P. ligularis*. En cuanto al contenido de lignina no se observaron diferencias ($p > 0,05$), es decir ambas especies mantuvieron similares niveles de lignificación en sus tejidos.

A pesar de que el CVPB (Figura 13) y CVEM (Figura 14) fueron calculados en forma teórica y en base al CVMS (Figura 12), Minson (1990) afirma que cuando se encuentran valores de PB inferiores al 7% en los alimentos, estos inducen una rápida disminución en el CVMS. Por otra parte Fahey (1994) asegura que el mejor parámetro para estimar el CV es la concentración de energía disponible.

Para llevar los datos obtenidos a un contexto práctico productivo se propuso un escenario hipotético en donde *P. ligularis* y *P. napostaense* fueran las especies claves de un pastizal. En las Figuras 15a y 16a se muestran los requerimientos de PB y EM de una vaca de cría durante todo el año, considerando que el servicio se realiza durante la fecha recomendada (octubre, noviembre y diciembre). El déficit proteico observado en la Figura 15a es coincidente con el estudio realizado por Cozzarin *et al.* (2006) donde afirman que el contenido proteico de las especies *P. ligularis* (de similares características edafoclimáticas a las analizadas en este estudio) y *P. napostaense* no alcanzan a satisfacer los requerimientos de las vacas de cría establecidos por el NRC (1996).

Cuando se observan las Figuras 15 y 16 (a, b y c) es posible deducir que el período durante el cual podría realizarse el servicio, teniendo en cuenta los requerimientos de PB y EM de las vacas de cría durante el último tercio de gestación, en el pastizal quemado sería desde septiembre hasta febrero, siendo desde septiembre hasta diciembre los mejores meses. Cuanto antes se realice el servicio con respecto a la fecha recomendada, las vacas tendrán un mayor período de recuperación luego del parto. En cambio, cuanto más se atrase con respecto a esa fecha, las vacas tendrán que acumular reservas durante los períodos anteriores para utilizarlas luego, cuando el forraje no pueda satisfacerlas. Es por ello que es importante que la vaca llegue al parto con una condición corporal adecuada para poder utilizar las reservas de grasa y proteína corporal para cubrir el déficit energético propio de la lactancia. Este desbalance nutricional se debe a que la calidad de la dieta varía para un mismo pastizal a través del año, según el estado fenológico en que se encuentren las especies (Cozzarin *et al.*, 2006).

Sobre este punto es necesario aclarar que solo se tomaron datos para dos de las muchas especies consideradas como forrajeras de alta calidad que se encuentran en el sur del Caldenal. En un pastizal real, las especies PEO constituirían un recurso que podría cubrir los baches dejados por las especies OIP. En el sur del Caldenal este recurso estaría conformado por el forraje de *P. caespitosum*, *Bothriochloa sp.*

(gramíneas forrajeras perennes estivales) y el consumo de chauchas pertenecientes a árboles y arbustos de leguminosas como *P. caldenia* y *P. flexuosa*. La utilización de gramíneas estivales durante el verano es un método para mantener la alta calidad de la oferta forrajera cuando son usadas en conjunto con gramíneas templadas. El pastoreo de estas especies debe realizarse manteniéndolas el mayor tiempo posible en estado vegetativo para lograr sostener la performance animal durante el verano, cuando las especies templadas típicamente pierden su calidad (Fahey, 1994). Además del uso de las especies estivales presentes naturalmente en el pastizal, puede considerarse la posibilidad de introducir en el manejo del rodeo especies como mijo perenne (*Panicum coloratum*) o pasto llorón (*Eragrostis curvula*), las cuales contribuirán a cubrir los déficits de PB y EM.

Por otra parte cabe destacar que no siempre la calidad del recurso forrajero es la que limita el CVMS y por consiguiente el CV de los nutrientes, sino la cantidad de forraje disponible. Esto fue lo que se trató de demostrar en la Figura 17 en las que se observa que en los meses de febrero y marzo, para el tratamiento NQ, las vacas podrían consumir una mayor cantidad de PB y EM pero no lo conseguirían debido a que no habría suficiente cantidad de forraje para mantener dichos niveles de consumo (Figura 17 a y c). Por el contrario se observó que en aquellos casos en que el balance de PB dio negativo (requerimientos mayores que el consumo), fueron coincidentes con los momentos en que el forraje poseía valores de PB menores al 7% (Figuras 9 y 15). Debido a la baja concentración de nutrientes y proteínas en los pastos, la cantidad consumida no sería suficiente para satisfacer todos los requerimientos dietarios.

La deficiencia de proteína puede afectar negativamente la reproducción ya que la duración del anestro de un vientre de cría y la posibilidad de que se preñe durante la temporada de servicio siguiente depende de su estado nutricional (Sasser *et al.*, 1988). La subnutrición durante la gestación, especialmente durante los últimos tres meses preparto, puede causar retardo en el crecimiento fetal intrauterino, alteraciones morfométricas asimétricas en los terneros y puede afectar a largo plazo su descendencia. Por otra parte puede verse afectado el desempeño productivo (peso vivo) y reproductivo (estado corporal al parto) del vientre (Funston *et al.*, 2010; Maresca *et al.*, 2016; López Valiente *et al.*, 2016a; Wu *et al.*, 2006). Una dieta de baja calidad en vacas de cría puede menguar la producción y la calidad de la leche, la cual podría afectar directamente al peso al destete de los terneros (López Valiente *et al.*, 2016b).

Con respecto al sobrante de PB y EM que se produciría en el pastizal quemado inmediatamente después del suceso (Figura 17), este podría ser utilizado para realizar la recría de vaquillonas de primera y segunda parición. Esta categoría de animales presenta una mayor demanda de nutrientes para su mantenimiento y desarrollo. Otra opción sería dejar la MS sobrante en el pastizal con el fin de mejorar el ciclado de los nutrientes, permitiendo que este gane vigor y sobrevivan la mayor cantidad de plantas posibles.

En cuanto a la producción de forraje de ambas especies bajo diferentes intensidades de quema, se observó que las QIA favorecerían la producción de las gramíneas de preferencia media, mientras que las QIM a las gramíneas de preferencia alta, mientras que no habría diferencias en el nivel de producción de biomasa entre las especies en el tratamiento QIB, lo que indicaría que este régimen no le daría una ventaja competitiva a un grupo de especies por sobre el otro (Figura 18). También se observó que en las especies de preferencia intermedia no se produjo un aumento significativo ($p>0,05$) en la producción de biomasa aérea bajo ninguno de los tratamientos de intensidad de quema. Esto indicaría que la producción de biomasa de las especies de preferencia media (*P. napostaense* y *N. tenuis*) no se vería afectada por la misma. En cambio las especies de preferencia alta (*N. clarazii* y *P. ligularis*) alcanzarían su mayor producción bajo un régimen de quema de intensidad media o baja (Figura 19). A pesar de ello González *et al.* (2004) afirman que existe una disminución de la respuesta del pastizal al fuego a lo largo del tiempo y que su magnitud varía de acuerdo a la frecuencia de quemas y al manejo de la defoliación que se lleve a cabo luego del incendio. Según estos autores, esta tendencia está fuertemente relacionada con las pérdidas de fertilidad en el suelo ocasionada por quemas frecuentes.

En cuanto a la producción de biomasa anual Cozzarin *et al.* (2006) obtuvieron valores de acumulación de biomasa aérea entre 1100 y 1300 kg.ha⁻¹ en pastizales del Caldenal de excelente a muy buena condición, en coincidencia con los resultados del presente estudio.

CONCLUSIONES

- El fuego posee un efecto beneficioso sobre la calidad de las gramíneas perennes de ciclo OIP estudiadas. Sin embargo, al finalizar el primer ciclo anual de crecimiento este efecto desapareció por completo.
- Ambas gramíneas (*P. napostaense* y *P. ligularis*) demostraron tener alta calidad forrajera, pero distribuida en forma diferente a lo largo del año. Durante los meses otoñales la de mayor calidad fue *P. napostaense*, mientras que en los meses primaverales lo fue *P. ligularis*.
- En un sentido práctico, es posible adelantar el servicio del rodeo de cría un mes con respecto a la fecha recomendada, así como también atrasarlo hasta dos meses. De esta forma aún se podrán satisfacer los requerimientos del último tercio de gestación en un pastizal constituido por *P. napostaense* y *P. ligularis*.
- El déficit nutricional en vacas de cría puede deberse tanto a la baja calidad como a la escasa cantidad de forraje o a una combinación de ambos factores; variando la supremacía de uno u otro a lo largo del año.
- La intensidad de quema alta favoreció la producción de biomasa aérea de las gramíneas de preferencia intermedia por sobre las de preferencia alta, mientras que la intensidad de quema media provocó el efecto contrario. La intensidad de quema baja no favoreció a ninguno de los grupos en particular.
- La intensidad de quema afectó de forma diferente a los grupos de gramíneas perennes estudiados. Las gramíneas de preferencia intermedia no se vieron afectadas mientras que las de preferencia alta fueron favorecidas por la quema de intensidad media y baja.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D. L. (1984). El fuego como elemento de manejo del pastizal natural. EEA INTA San Luis, V. Mercedes, Informativo Rural, 20, 3-4.
- Anderson, T. M., Ritchie, M. E., Mayemba, E., Eby, S., Grace, J. B., y McNaughton, S. J. (2007). Forage nutritive quality in the Serengeti ecosystem: the roles of fire and herbivory. *The American Naturalist*, 170(3), 343-357.
- AOAC. (2000). *Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. (17th edition).
- Bélanger, G., Michaud, R., Jefferson, P. G., Tremblay, G. F., y Brégar, A. (2001). Improving the nutritive value of Timothy through management and breeding. *Can. J. Plant Sci.* 81: 577–585.
- Blaxter, K. L. (1962). The energy metabolism of ruminants. *The energy metabolism of ruminants*.
- Bóo, R. M., Peláez, D. V., Bunting, S. C., Elía, O. R., y Mayor, M. D. (1996). Effect of fire on grasses in central semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments*, 32(3), 259-269.
- Bóo, R.M., Peláez, D.V., Bunting, S. C., Elía, O., y Mayor, M.D. (1997). Effect of fire on woody species in central semi-arid Argentina. *J Arid Environ*, 35: 87-94.
- Busso, C. A., Bóo, R. M., y Peláez, D. V. (1993). Fire effects on bud viability and growth of *Stipa tenuis* in semiarid Argentina. *Annals of Botany*, 71(4), 377-381.
- Buxton, D. R., y Redfearn, D. D. (1997). Plant limitations to fiber digestion and utilization. *The Journal of Nutrition*, 127(5), 814S-818S.
- Cabrera, A.L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Vol. 2, Fasc. 1. (Ed. L. R. Parodi). pp. 1–85. ACME: Buenos Aires.
- Caldwell, M.M., Richards, J.H., Johnson, D.A., Nowak, R.S., y Dzurec, R.S., (1981). Coping with herbivory: photosynthetic capacity and resource allocation in two semi-arid *Agropyron* bunchgrasses. *Oecologia* 50, 14–24.
- Cangiano, C.A. (1996). *Producción Animal en pastoreo*. Ed. Cangiano, C.A. e INTA. EEA INTA Balcarce, Argentina. 145 Pp.
- Carrillo, J. C. (1988). Manejo de un rodeo de cría (No. 636.2. 082). INTA.
- Casillo, J., Di Giacomo, A., y Marino, G. (2012). Quemadas Controladas en pastizales. Una herramienta para el manejo de pastizales con fines productivos conservacionistas. *Fundación Vida Silvestre Argentina y Aves Argentinas*. Buenos Aires, 19.
- Cerqueira, E. D., Sáenz, A. M., Rabotnikof, C. M., Fernández, B., y Chirino, C. (2000). Dietas de vacunos en pastoreo sobre dos condiciones del bosque de caldén. *Actas de la XVI Reun. Lat. de Prod. Animal (VersiónCD alpa\Trabajos\Nutrición\NR 35. htm)* Montevideo, Uruguay.
- Chapin, F. S., y Shaver, G. R. (1996). Physiological and growth responses of arctic plants to a field experiment simulating climatic change. *Ecology*, 77(3), 822-840.
- Cocimano, M., Lange, A., y Menvielle, E. (1975). Estudio sobre equivalencias ganaderas.
- Cornacchione, M., Kunst, C., y Argañaraz, M. (2001). Prácticas de control del fachinal: II. Efectos sobre la calidad del forraje disponible. *Memorias 1er Congreso de Pastizales Naturales*. Asoc. Arg. Manejo Pastizales Naturales 84-85.

- Cozzarin, I. G., Privitello, M. J., y Gabutti, E. G. (2006). Notas: Calidad forrajera del pastizal psamófilo de la provincia de San Luis.
- Dirección General de Estadísticas y Censos 2016. <http://www.estadistica.lapampa.gov.ar/index.php/estadisticas-economicas/ganaderia>
- Distel, R. A., y Peláez, D. V. (1985). Fenología de algunas especies del Distrito del Caldén (*Prosopis caldenia* Burk.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria IDIA Sept-Dec., 35–40.
- Distel, R.A., y Bóo, R.M. (1996). Vegetation states and transitions in temperate semiarid rangelands of Argentina, pp. 117-118, in N. West, ed., Rangelands in a Sustainable Biosphere. Society for Range Management, Denver, USA.
- Fahey, G. C. (1994). Forage quality, evaluation, and utilization. In National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (1994: University of Nebraska). American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America.
- Fernández, O. A., y Busso, C. A. (1999). Arid and semi-arid rangelands: two thirds of Argentina (pp. 41-60). Reykjavík (Iceland: Agricultural Research Institute.
- Ferri, C. (2017). Dilución de la proteína bruta con el crecimiento en *Panicum coloratum* L. y *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36(2), 57-61.
- Funston, R. N., Larson, D. M., y Vonnahme, K. A. (2010). Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. *Journal of animal science*, 88(13), E205-E215.
- Goering, H.K., y Van Soest P.J. (1970). Forage Fiber Analysis. *Agriculture Handbook* 379, US dept. Agriculture, Washington DC, p. 20.
- González, C., Abril, A., y Vollenweider, J. J. (2004). Efecto de una quema prescrita de pastizales nativos sobre los procesos biológicos del suelo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 24, 207-215.
- González, G.L., Rossi, C.A., De Magistris, A.A., y De Loof, E. (2016). Estimación del consumo voluntario de las principales forrajeras del pastizal de islas en el Bajo Delta del Paraná. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 36 Supl. 1: 189-293
- Hyder, D. N. (1972). Defoliation in relation to vegetative growth. *The biology and utilization of grasses*, 302-317.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (1980). Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa (INTA, Buenos Aires, Argentina).
- Kröpfl, A. I., Villasuso, N. M., y Peter, G. (2012). Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales del Monte Oriental de Patagonia. INTA, Bariloche, Argentina.
- Kunst, C. (2011). Ecología y uso del fuego en la Región Chaqueña Argentina: una revisión. *Boletín del CIDEU*, 10, 81-105.
- Kunst, C., Bravo, S., Moscovich F., Herrera, J., Godoy, J., y Vélez, S. (2003). Fecha de aplicación de fuego y diversidad de herbáceas en una sabana de *Elionorus muticus* (spreng) O. Kuntze (aibe). *Rev. Chilena de Historia Natural* 76: 105-115
- López Valiente, S., Maresca, S., Rodríguez, A.M., Dunleavy, M., Lacau Mengido, I.M., Palladino, R.A., Miccoli, F., y Quintans, G. (2016a). Restricción proteica durante el último tercio de gestación en vacas de cría. Evolución de peso vivo, estado corporal, parámetros reproductivos, perfil metabólico y hormonal en la madre. *Revista Argentina de Producción Animal* 36, 189-293.

- López Valiente, S., Maresca, S., Rodríguez, A.M., Quintans, G., y Palladino, R.A. (2016b). Restricción proteica durante el último tercio de gestación en vacas de cría. Caracterización de la producción y calidad de leche. *Revista Argentina de Producción Animal* 36, 189-293.
- Ludwig, F., De Kroon, H., y Prins, H. H. (2008). Impacts of savanna trees on forage quality for a large African herbivore. *Oecologia*, 155(3), 487-496.
- Maresca, S., López Valiente, S., Rodríguez, A.M., Pavan, E., y Quintans, G. (2016). Restricción proteica durante el último tercio de gestación en vacas de cría: Efecto sobre el crecimiento del feto y neonato. *Revista Argentina de Producción Animal* 36, 189-293.
- Massa, E., Prado, D. E., y Feldman, S. R. (2017). Efecto del fuego o el corte sobre la producción y la calidad forrajera de un pajonal dominado por *Panicum prionitis*. *Revista Argentina de Producción Animal*, 37(1), 9-20.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., y Morgan, C. A. (1988). *Nutrición animal* (No. 636.0852 M336 1995.). Acribia.
- Miller, M., y Findley, J. (1994). *Fire effects guide*. National Fire Equipment System, National Wildfire Coordinating Group, Publication NFES, 2394.
- Minson J.D. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, CA.
- National Research Council. (1994). *NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle*, 7, 242.
- Peláez, D. V. (2011). Dinámica de la vegetación en los pastizales del SO Bonaerense: Interacción clima-fuego-pastoreo. En *Jornada sobre "Evolución y Futuro del Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense"* (24 de noviembre de 2011, Bahía Blanca, Argentina).
- Peláez, D. V., Andrioli, R. J., Blázquez, F. R., y Elía, O. R. (2017). Herbaceous vegetation response to controlled fire and postfire defoliation in a semiarid rangeland of Argentina. *Arid Land Research and Management*, 31(4), 446-461.
- Peláez, D. V., Andrioli, R. J., Elía, O. R., Bontti, E. E., Tomas, M. A., y Blázquez, F. R. (2013). Response of grass species to different fire frequencies in semi-arid rangelands of central Argentina. *The Rangeland Journal*, 35(4), 385-392.
- Peláez, D. V., Andrioli, R. J., Elía, O. R., Bontti, E. E., y Tomas, M. A. (2012). Response of woody species to different fire frequencies in semiarid rangelands of central Argentina. *The Rangeland Journal*, 34(2), 191-197.
- Peláez, D. V., Busso, C. A., Elía, O. R., Fedorenko, D. F., y Fernández, O. A. (1995). Demography and growth of *Medicago minima* and *Erodium cicutarium*: water stress effects. *Journal of Arid Environments*, 30(1), 75-81.
- Rabotnikof, C. M., Sáenz, A. M., Morici, E. F. A., y Lentz, B. C. (2013). Efecto de la quema invernal sobre el valor nutritivo de especies codominantes del pastizal mixto del Caldenal en la región semiárida central de Argentina.
- Sasser, R. G., Williams, R. J., Bull, R. C., Ruder, C. A., y Falk, D. G. (1988). Postpartum reproductive performance in crude protein-restricted beef cows: return to estrus and conception. *Journal of Animal Science*, 66(12), 3033-3039.
- Smith, L. W., Goering, H. K., y Gordon, C. H. (1972). Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *J. Dairy Sci.* 55: 1140-1147.
- Snedecor, G.W., y Cochran, W.G. (1980). *Statistical Methods* (7th Edn). Iowa: Iowa State University Press. 507 pp.

- United States Department of Agriculture (1975). Soil Taxonomy A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys (USDA Agriculture Handbook N° 436).
- Ustarroz, E., Latimori, N., y Peuser, R. (1997). Módulo de programación forrajera. Alimentación en bovinos para carne. 4to Curso de Capacitación para Profesionales. EEA INTA Manfredi, Pcia. de Córdoba, Argentina.
- Vallentine, J. F. (1989). Range development and improvements (No. Ed. 3). Academic Press, Inc.
- Villamil, M. B., Amiotti, N. M., y Peinemann, N. (1997). Pérdida de fertilidad física en suelos del sur del caldenal (Argentina) por sobrepastoreo. *Ciencia del Suelo*, 15, 102-104.
- Wu, G., Bazer, F. W., Wallace, J. M., y Spencer, T. E. (2006). Board-invited review: intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *Journal of animal science*, 84(9), 2316-2337.
- Zammit, C. (1988). Dynamics of resprouting in the lignotuberous shrub *Banksia oblongifolia*. *Australian Journal Ecology*, 13: 311–320.