



“DEGRADACIÓN ESTACIONAL DE BROZA EN PASTIZALES NATURALES DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA”

“Trabajo Final de Graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo”

Autores:

AZALDEGUI, Gonzalo
GOMEZ PAVONI, Luciano Alexis

Directora:

Dra. SAWCZUK, Natalia
Cátedra de Ecología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Codirector:

Dr. ESTELRICH, Hector Daniel.
Cátedra de Ecología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Evaluadores:

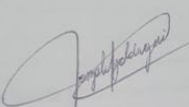
MSc. ERNST, Ricardo Daniel
Cátedra de Manejo de Pastizales Naturales de la Fac. Cs. Ex. y Naturales de la UNLPam.
Dr. MORICI, Ernesto Francisco Atilio
Cátedras de Ecología Vegetal de la Facultad de Agronomía y Manejo de Pastizales Naturales de la Fac. de Cs. Ex. y Naturales de la UNLPam

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Santa Rosa (La Pampa) – Argentina 2021



Gomez Pavoni, Luciano Alexis



Gonzalo Azaldegui



Firma del/la Director/a
Dra. SAWCZUK Natalia



Firma del/la Codirector/a
Dr. ESTELRICH Daniel

Índice

Resumen	1
Summary	1
Introducción	1
Materiales y Métodos	6
Área de estudio.....	6
Vegetación	6
Aspectos climáticos	7
Suelos.....	8
Manejo en el área de estudio.....	8
Procedimiento del Muestreo	9
Análisis estadísticos.....	11
Resultados y Discusión	12
Consideraciones finales.....	26
Agradecimientos.....	27
Bibliografía.....	28

Resumen

El incremento en la cobertura de leñosas y de especies no forrajeras es un indicador de la degradación de los ecosistemas en la región semiárida central de Argentina, quien produjo profundas modificaciones en su estructura y su funcionamiento. Uno de los procesos afectados fue el ciclo de nutrientes a partir de cambios en la calidad de la fitomasa y en la incidencia de factores ambientales. El objetivo fue evaluar la degradación de la broza de *Poa ligularis* (F) y de *Nasella tenuissima* (NF) en distintas situaciones de cobertura de leñosas y pajonal. El estudio se realizó en un área de caldenal con renoval denso con distintas intervenciones: testigo (T), rolado (R), rolado + quemado (RQ) y quemado (Q), y sus respectivas áreas raleadas (r). Se colocaron bolsas con muestras de F y NF que permanecieron en el campo 141, 212, 465 y 560 días. Se determinó la pérdida de biomasa para ambas especies en cada tratamiento y tiempo de permanencia. La degradación en la F fue siempre superior a NF. En RQ y RQr se observó la mayor descomposición para la F, y para la NF en RQ. La mayor degradación de broza ocurre cuando se aplica un raleo o una intervención combinada que favorece la presencia de tejidos jóvenes en las NF o la mayor cobertura de especies F.

Palabras clave: degradación de la broza, Especies Forrajeras, Especies no Forrajera, Bosque de Caldén.

Summary

The increase in the cover of woody and non-forage species is a degradation indicator of ecosystems in the central semi-arid region of Argentina, which produced profound modifications in their structure and functioning. One of the affected processes has been the nutrients cycle from changes in the phytomass quality and in the incidence of environmental factors. The objective was to evaluate the degradation of the *Poa ligularis* (F) and *Nasella tenuissima* (NF) litter in different situations of woody and grass cover. The study was carried out in an area of the Calden Forest with dense renewal with different interventions: control (T), rolled (R), rolled + burned (RQ) and burned (Q), and their respective thinned

areas (r). Bags were placed with samples of F and NF that remained in the field for 141, 212, 465 and 560 days. The biomass loss was determined for both species in each treatment and residence time. The degradation in F was always higher than NF. In RQ and RQr the highest decomposition was observed for F, and for NF in RQ. The greatest degradation of litter occurs when thinning or a combined intervention is applied that favors the presence of young tissues in the NF or the greater coverage of F species.

Key words: Descomposition of brushwood, Forage species, Non-Forage species, Calden Forest.

Introducción

Los pastizales naturales del mundo constituyen un recurso renovable importante para la producción ganadera (Brown, 1995). Estos cubren importantes extensiones en distintas latitudes del mundo y sobre todo en áreas de clima árido y semiárido (Nazar Anchorena, 1988).

Existen diferencias entre la dinámica de los componentes de los pastizales y la respuesta individual de las especies que los componen según su origen, su historia de pastoreo y el tipo de herbívoro (Milchunas *et al.*, 1988). Todo ello hace imposible hablar de modelos que generalicen el funcionamiento de estos sistemas y su respuesta al pastoreo. Cada uno de los pastizales en el mundo posee características estructurales y funcionales que les son propias y hacen que reaccionen de maneras diferentes (Diaz *et al.*, 2001 y 2007).

En la región semiárida central de Argentina, gran parte de la superficie se halla cubierta por pastizales naturales propiamente dichos (pastizales bajos y samófilos) o bosques de *Prosopis* con pastizal, arbustales y matorrales con pastizal (Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa, 1980; Cano 1988).

El bosque de Caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) se extiende en la región central semiárida templada de Argentina. Es una formación boscosa de tipo xerófila, caracterizada básicamente por tres estratos: el arbóreo que puede variar de abierto o denso, dominado por ejemplares del *Prosopis* (*P. nigra*, *P. caldenia* y *P. flexuosa*) asociado con ejemplares de *Geoffroea decorticans* y *Jodina rombhifolia*; el arbustivo, compuesto principalmente por los *Condalia microphylla*, *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, *Aloysia gratissima*, *Caesalpinia gilliesi*, *Capparis atamisquea* y *Lycium chilense*; y el estrato gramíneo-herbáceo, compuesto por *Nassella tenuis* (Phil.) Barkworth, *Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth, *Poa ligularis* Nees ex

Steud. var. *ligularis*, *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack, *Bromus brevis* Nees, *Jarava ichu* Ruiz & Pav. var. *ichu*, *Bothriochloa springfieldii* Parodi y *Digitaria californica* (Cano, 1988; SAyDS, 2007).

Es difícil hacer una generalización de los pastizales del Caldenal en sus propiedades florísticas, estructurales y funcionales (Lerner *et al.*, 2004), donde no existen dos áreas idénticas, sino que se presenta como un patrón espacial semejante a un mosaico formado por “parches” (Morici *et al.*, 2003) dominados por gramíneas de porte bajo e intermedio y por leñosas, provocados por múltiples combinaciones de factores ambientales y antrópicos (Roberto *et al.*, 2005). Por un lado se puede encontrar un pastizal bajo de gramíneas forrajeras de ciclo invernal, como *Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense* y *Nassella tenuis*; y por otro lado, parches dominados por especies no forrajeras como *Nassella tenuissima*, *Jarava ichu*, *N. trichotoma* y *Amelichloa brachychaeta* (Morici *et al.*, 2009; Sawczuk 2018). Estas últimas especies han aumentado en abundancia, al colonizar los espacios generados por la desaparición de especies forrajeras (Morici *et al.*, 2009) contribuyendo a la formación de sistemas de muy baja receptividad ganadera (Estelrich y Cano, 1985; Estelrich y Castaldo 2014).

En las últimas décadas, en el caldenal se ha observado un notable incremento en la cobertura de leñosas como consecuencia del pastoreo y los incendios, modificando sus características fisonómicas y florísticas en el transcurso del tiempo. Las fisonomías resultantes son las de renovales muy cerrados y a veces impenetrables denominados localmente “fachinales” (Lerner *et al.*, 2004, SAyDS, 2006) con importantes pérdidas de superficie útil para el pastoreo, ya sea por la invasión de leñosas o el incremento de áreas cubiertas por especies no forrajeras como las pajas (Estelrich *et al.*, 2005).

En general, el aumento de la densidad y cobertura de especies leñosas tienden a aumentar la heterogeneidad espacial en las comunidades de pastizales naturales y puede cambiar los patrones y la escala en que se distribuyen los recursos en el suelo. De esta manera se altera el proceso de descomposición de la broza, fundamental para mantener la productividad de los ecosistemas terrestres (Bormann y Likens, 1979), el cual es producido por una combinación de factores bióticos y abióticos como la actividad de los microorganismos en el suelo, la calidad de la broza y el clima (Moretto *et al.*, 2001; Austin y Vivanco, 2006). En lo que respecta al clima, es un determinante esencial de la producción fitomasa y en consecuencia de broza, como así también de la actividad microbiana donde los factores precipitación y temperatura se encargan del control de los procesos de descomposición (Lambers *et al.*, 1998). Las precipitaciones son el principal factor climático que controla las tasas de descomposición y liberación de nutrientes de la broza al afectar la actividad de la comunidad de descomponedores (Orchard y Cook, 1983; Berg, 1986). El suministro de agua en forma de precipitaciones afecta la descomposición, por facilitar la lixiviación y desagregado de hojarasca (Swift *et al.*, 1979). También, se debe considerar las comunidades microbianas del suelo, las cuales se asocian a mayores tasas de descomposición de materia orgánica cuando mayor sea la riqueza de especies vegetales de dicho ambiente (Stephan *et al.*, 2000). Se ha demostrado, que la broza se descompone más rápido en suelos de un área dominada por plantas de varias especies de las que proviene el material, en comparación con el suelo dominado por solo una especie; esto muestra una especialización de los microorganismos en descomponer con mayor eficacia la broza a la que están más expuestos (Wardle, 2002; Strickland *et al.*, 2009; Ayres *et al.*, 2009).

En los pastizales de climas áridos y semiáridos es común encontrar gramíneas preferidas por el ganado doméstico que producen hojas de vida corta y que aportan broza de buena calidad (con altos contenidos de N, baja relación C : N y bajo contenido de lignina) dando lugar a una rápida descomposición y mineralización de la materia orgánica (Campanella y Bertiller, 2008, Milton *et al.*, 1994). A su vez se encuentran presentes, gramíneas no preferidas por los herbívoros domésticos (Moretto *et al.*, 2001) que producen hojas de vida larga con altas concentraciones de compuestos secundarios y baja concentración de N (Coley, 1988; Poorter y Remkes, 1990; Reich *et al.*, 1992, Rauber *et al.*, 2014). La lignina protege a las plantas contra los herbívoros, patógenos, la radiación UV-B y estrés hídrico (Whitford, 2002) como así también protege la broza del ataque de organismos del suelo retrasando su descomposición, lo que afecta el ciclado de nutrientes y otros procesos ecosistémicos relacionados (Takeda *et al.*, 1987; Cornelissen y Thompson, 1997). En general, las especies con mayor contenido inicial de nitrógeno, menor contenido de lignina, o baja relación lignina: nitrógeno presentan mayores tasas de descomposición en relación a especies que tengan los atributos opuestos (Poca *et al.*, 2014).

En síntesis, la degradación de la broza de este ecosistema en cuanto a la arbustización y empajamiento, tiene importantes consecuencias sobre su funcionamiento y en especial sobre procesos específicos como el ciclado de nutrientes. La mayor proporción de especies no forrajeras en los pastizales limita y reduce las tasas de degradación de la broza y por otra parte, las mayores coberturas de leñosas dificultan la llegada de luz al suelo y precipitaciones al suelo.

Existen distintas prácticas de manejo sobre los pastizales naturales que ayuda a controlar o eliminar las especies leñosas y pajas, aumentando la oferta forrajera, el acceso de los animales y una mejor captación de los recursos naturales, entre ellas se encuentran el raleo, rolado,

quemado y las distintas combinaciones posibles de las mismas. Entonces, toda intervención de manejo sobre pastizales naturales que se realice sobre estas áreas degradadas que altere los patrones de distribución de luz y precipitaciones, como así también la composición florística de la comunidad, tendrá repercusiones positivas sobre las tasas de ciclado de nutrientes. Todo esto, permitirá incrementar la producción forrajera de calidad en estas áreas.

El objetivo de este trabajo, fue evaluar la degradación de la broza proveniente de especies forrajeras y no forrajeras en distintas situaciones de cobertura de leñosas y pajonal de un área de fachinal con diferentes intervenciones.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el establecimiento “Bajo Verde”, propiedad de la Universidad Nacional de La Pampa. Está ubicado en la región semiárida central de la Provincia de La Pampa (Argentina), a 35 Km al noroeste de la ciudad de Santa Rosa ($36^{\circ}28'48''$ S, $64^{\circ}35'03''$ O; 235 msm), (Figura 1).

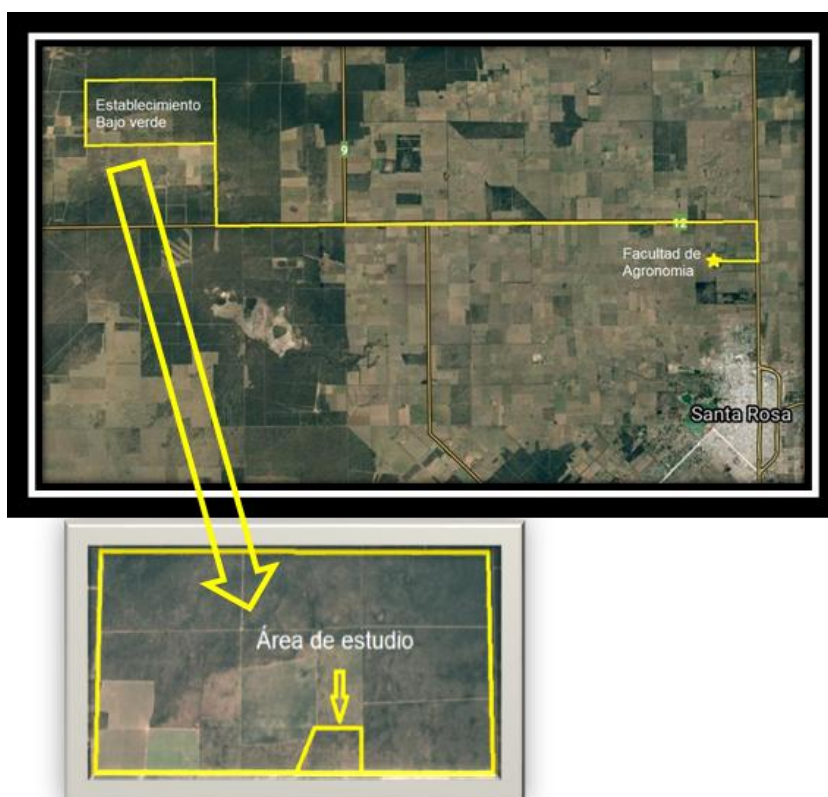


Figura 1. Ubicación del establecimiento Bajo Verde y del área de estudio.

Vegetación

El trabajo se llevó a cabo en un área con alta densidad y cobertura de renuevos de caldén (*Prosopis caldenia*). En el estrato gramíneo las principales especies que se encuentran son *Poa ligularis*, *Piptochaetium napostaense* y *Nassella tenuis* consideradas como especies forrajeras; y

como no forrajeras se encuentran *Nassella tenuissima*, *Jarava ichu*, *N. trichotoma* y *Amelichloa brachychaeta* (Chirino *et al.*, 1987; Cano, 1988; Fernández y Morici, 1999; Esterlich *et al.*, 2005; Massara y Ferreyra, 2017; Sawczuk 2018; Parodi y Pérez Payeras, 2019).

Aspectos climáticos

El área de estudio se caracteriza por una temperatura media anual de 15 °C, mientras que para los meses más fríos (junio a septiembre) es de 8 °C y de 23,2 °C para los meses de verano (diciembre a marzo) (Cano *et al.*, 1985). La mínima absoluta se registra en el mes de julio alcanzando la temperatura de -14 °C y la máxima absoluta en el mes de enero con una temperatura de 44 °C. La provincia de La Pampa posee una gran amplitud térmica que alcanza valores de 16 °C. En lo que respecta al período medio libre de heladas es de aproximadamente 200 días (Casagrande y Conti, 1980). En cuanto a las precipitaciones, el sitio se ubica dentro de la provincia de La Pampa entre las isohietas 500 y 600 mm, presentando una media anual 550 mm. Las mismas se distribuyen a lo largo de la primavera, verano y otoño, los inviernos por lo general son secos (Casagrande y Conti, 1980). En lo que respecta a humedad, el promedio anual relativo es de 60 %, su máximo es en junio (76 %) y el mínimo en diciembre (47 %) (Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa, 1980).

Los vientos característicos son el pampero, originados por el choque del frente frío del sur y el frente cálido del norte. Por otro lado, hay vientos predominantes del noreste y suroeste, siendo los primeros cálidos y húmedos, y los últimos fríos y secos. La velocidad promedio es de 10 km/h y los valores máximos se registran en primavera. Suelen formarse tormentas eléctricas en los meses de verano (Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa, 1980).

Suelos

El suelo del área de estudio se clasifica como Haplustol éntico, este suelo corresponde al orden taxonómico de los Molisoles, el cual se caracteriza por un régimen de humedad de tipo Ústico, de poca evolución edafogenética (escasa diferenciación de horizontes y leve estructuración) y de textura predominantemente franco arenosa. A su vez, presenta un perfil sencillo del tipo A-AC-C, el horizonte superficial es profundo y tiene buena provisión de materia orgánica. La tosca se hace presente a una profundidad de 1,50 m aunque también se la puede encontrar sobre la misma superficie (Adema *et al.*, 2003; Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa, 1980; Boyero, 1985; Sawczuk, 2009).

Manejo en el área de estudio

En noviembre de 2013, un sector del área de estudio se sometió a un rolado selectivo, y posteriormente en abril de 2015 se realizó una quema controlada. El establecimiento “Bajo Verde” se hallaba con una elevada cobertura y densidad de renuevos de Caldén (*Prosopis caldenia*). De esta manera el área de estudio contiene cuatro situaciones de manejos contrastantes, que a su vez en cada una de éstas, en noviembre de 2017 se llevó a cabo un tratamiento secundario que consistió en *un raleo selectivo de leñosas* (r). En una superficie de 1 ha se cortaron las leñosas al ras del suelo y se dejaron aproximadamente 30 ejemplares. De esta manera se obtuvieron los siguientes tratamientos:

- ❖ *Testigo* (T) y *Testigo raleado* (Tr).
- ❖ *Rolado* (R) y *Rolado raleado* (Rr).
- ❖ *Quemado* (Q) y *Quemado raleado* (Qr).
- ❖ *Rolado + Quemado* (RQ) y *Rolado Quemado raleado* (RQR).

En función de los tratamientos se propuso un diseño de parcelas apareadas (raleo + control) en cada uno de los cuatro escenarios, en los cuales se usó un patrón de muestreo sistemático apareado (muestréos a la par dentro del escenario raleado versus el control), (Figura 2).

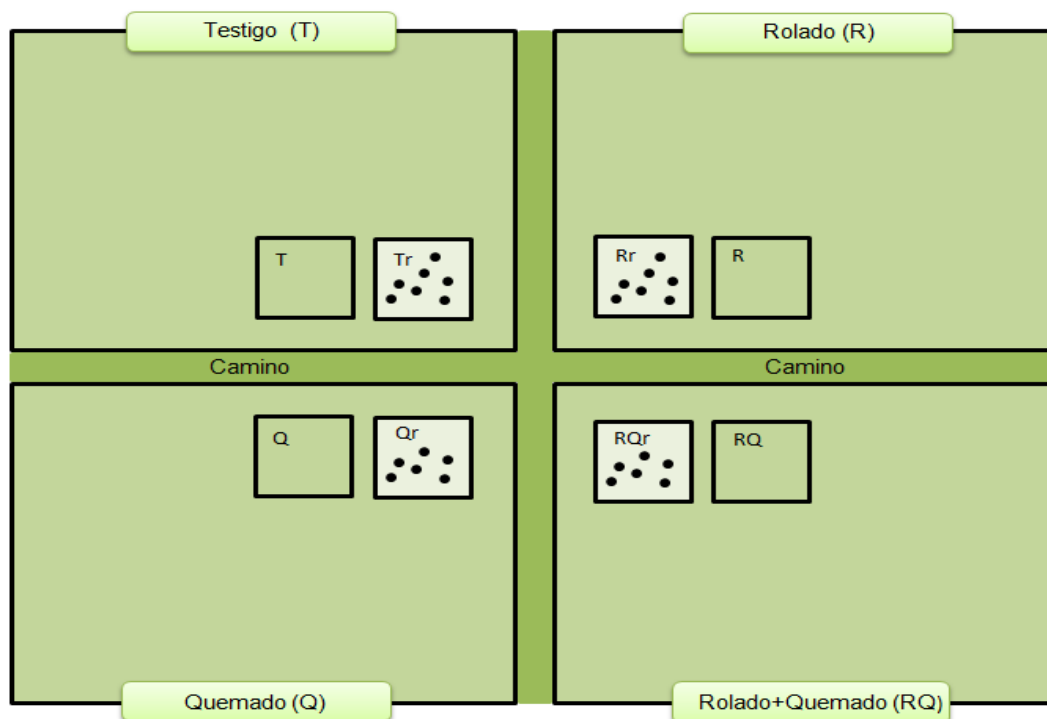


Figura 2. Esquema del diseño para los tratamientos primarios: *testigo* (T), *rolado* (R), *quemado* (Q), *rolado + quemado* (RQ); e intervenidos con la aplicación de raleos (r): *sin intervenir raleado* (Tr), *rolado raleado* (Rr), *rolado + quemado + raleado* (RQr) y *quemado raleado* (Qr).

Procedimiento del Muestreo

En el mes de noviembre de 2018, en cada uno de los escenarios/situaciones, se recolectó material senescente aún ligado a las macollas provenientes de dos especies de valor forrajero contrastante, *Poa ligularis* (forrajera) y *Nassella tenuissima* (no forrajera).

El material colectado se secó en estufa hasta peso constante. Posteriormente, se procedió a cortar el material de ambas especies en fragmentos de 4 cm y se colocó 1 gr de las mismas en bolsas aptas para el muestreo (Ambrosino, 2016). Éstas bolsas poseen una apertura de malla de 0,35 mm (Carrera *et al.*, 2008), la cual no permite el paso de los invertebrados considerando su aporte al proceso de descomposición como inferior o pequeño en relación al que ofrecen protozoos, bacterias y hongos (Cornelissen, 1996; Perez Harguindeguy *et al.*, 2000; Vaieretti *et al.*, 2010). Se prepararon bolsas de 10 x 10 cm que contienen dos compartimentos separados, del lado derecho se colocaron las muestras no forrajeras (NF) y del lado izquierdo las muestras forrajeras (F).

El 6 de mayo de 2019 en cada una de las ocho situaciones/tratamientos se colocaron 40 bolsas (con el material vegetal de F y NF) horizontalmente sobre la superficie del suelo y debajo del follaje de las plantas. Sobre las mismas se colocaron jaulas de protección contra el viento y el ganado vacuno (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Disposición de las muestras (bolsas) sobre el terreno.

En cada uno de los tratamientos se retiraron de a grupos de 10 bolsas (muestras) en cuatro momentos distintos. El primer grupo se extrajo a los 141 días (septiembre de 2019), el segundo a los 212 días (diciembre 2019), el tercero a los 465 (agosto 2020) y el cuarto a los 560 días (noviembre 2020) de su colocación en el terreno. Luego, en el laboratorio, el material vegetal procedente de las bolsas extraídas del área de estudio se limpió de residuos extraños y se pesaron luego de haber sido secadas en estufa a 60 °C durante 72 horas.



Figura 4. Disposición de las bolsas con las jaulas protectoras sobre el terreno.

Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados mediante ANOVA y análisis de correlación. Se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 1998). Para las diferencias entre medias se utilizó Tukey ($P \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

En la Figura 5a, se observa la dinámica de las precipitaciones y de la evapotranspiración potencial para el período del ensayo. La distribución es primavera-estivo-otoñal con inviernos secos o muy secos como el caso del año 2019. Desde que fueron colocadas las muestras en el campo, en mayo del 2019, se registraron lluvias en mayo y junio con 110 y 38 mm respectivamente. Con posterioridad, durante los meses siguientes no se registraron precipitaciones hasta diciembre. Al año siguiente, enero y febrero también tuvieron escasas precipitaciones, mientras que en abril y mayo superaron los 80 mm. Durante los meses siguientes las precipitaciones registradas fueron escasas hasta septiembre con más de 120 mm. En la figura 5b, se observa la dinámica mensual de la humedad relativa del aire y de la temperatura durante el período en que las muestras permanecieron en el campo. Las máximas temperaturas se registraron en los meses estivales, específicamente en enero y la máxima humedad a finales de otoño.

En la figura 5c, se observa la radiación solar en función del tiempo transcurrido en el que las muestras permanecieron en el campo, en el periodo comprendido desde mayo 2019 hasta noviembre 2020. Los máximos valores corresponden al período primavero-estival donde el fotoperiodo se alarga y por ende tendremos una mayor radiación incidente, mientras que los mínimos valores corresponde al periodo otoño-invernal donde el fotoperiodo se acorta y con este la radiación incidente es menor.

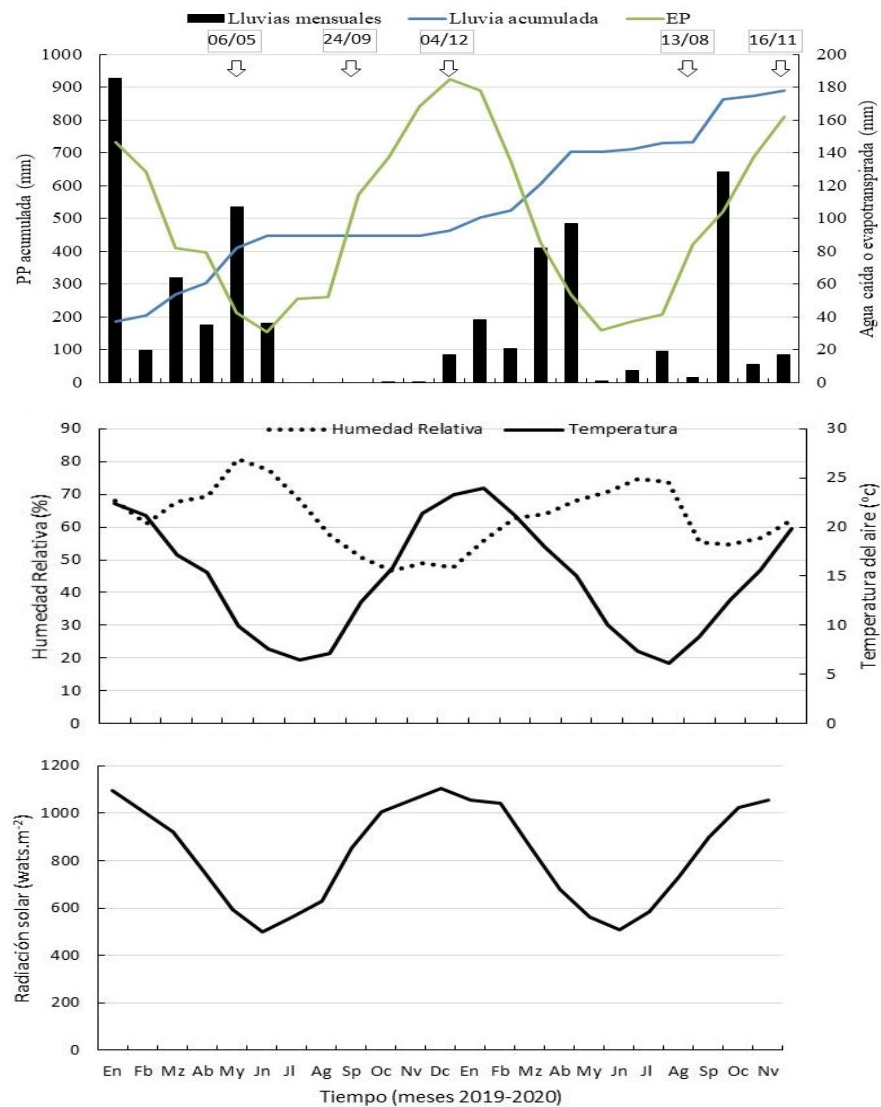


Figura 5. a) Precipitaciones mensuales (mm.), acumuladas (mm.), evapotranspiración potencial (mm.) y fechas de muestreo (24-09-19; 04-12-19; 13-08-20; 16-11-20); b) Humedad relativa (%) y temperatura promedio mensual ($^{\circ}\text{C}$) y c) Radiación solar incidente (watts.m^{-2}) durante el tiempo de desarrollo del trabajo.

Luego de 560 días de permanencia en el campo e independientemente de las intervenciones, la degradación de la broza proveniente de *Poa ligularis* fue siempre superior a lo observado para *Nassella tenuissima* ($p \leq 0,05$). A su vez, también se observaron diferencias en la degradación de la broza de ambas especies entre los dos primeros muestreos y los dos últimos, siendo superior en las fechas con mayor tiempo de permanencia (Figura 6).

Durante el periodo de permanencia de las muestras en el campo, las mayores precipitaciones se registraron en el otoño 2019 y 2020. En las estaciones restantes las precipitaciones fueron escasas (Figura 5a). Por esta razón, los mayores valores de degradación se registraron en estos períodos y no se observaron diferencias con los muestreos subsiguientes. Por otra parte, independiente de los factores ambientales, la diferente composición de los tejidos vegetales favorece la mayor pérdida de biomasa de aquellos con menores contenidos de carbohidratos estructurales, como es el caso de *Poa ligularis*. Por el contrario, los altos contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa de *Nassella tenuissima* retarda la degradación de la broza en el campo y favorece la inmovilización de nutrientes. La baja cantidad de nitrógeno en los tejidos de las pajas explicaría la relación positiva entre la abundancia de pajas y cobertura de mantillo, y negativa con la cantidad de materia orgánica y cobertura de suelo desnudo. El mantillo de las pajas sería menos lábil, debido a su mayor relación C:N en sus tejidos, lo que determinaría que en los sitios de mayor abundancia de pajas haya mayor cobertura de mantillo y menor materia orgánica (Rauber *et al.*, 2014).

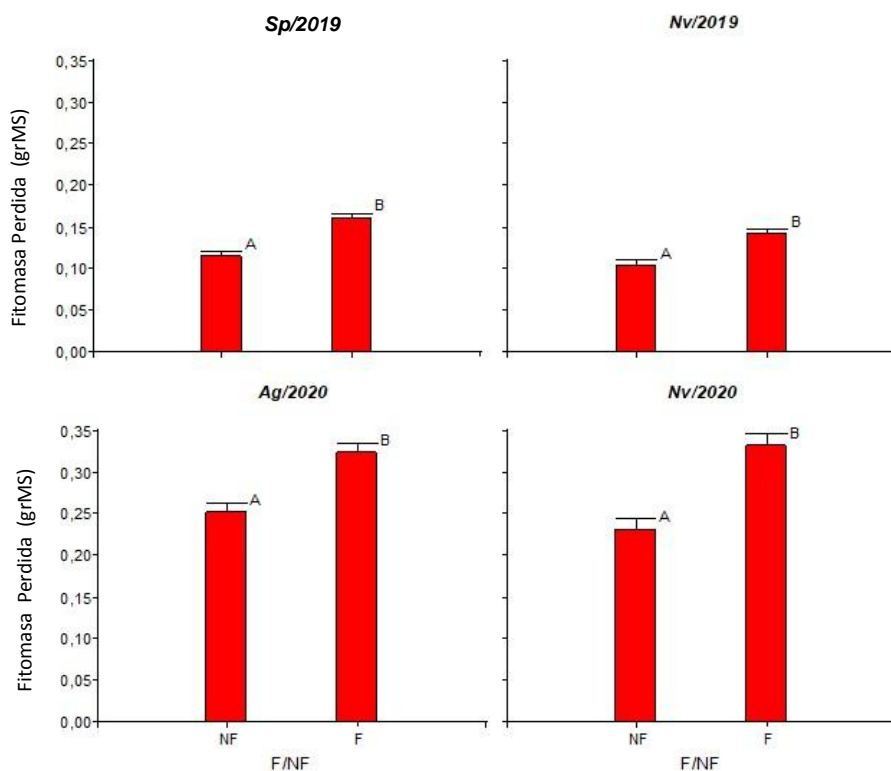


Figura 6. Diferencias de fitomasa perdida (gr MS) entre muestras de *Poa ligularis* (F) y *Nassella tenuissima* (NF) en cuatro fechas de extracción (24-09-19; 04-12-19; 13-08-20; 16-11-20). Para cada fecha, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p: 0,05$) entre F y NF.

Con respecto a las intervenciones, la menor degradabilidad de la broza proveniente de *Poa ligularis*, luego de 141 días en el campo, se registró para R y Rr, mientras que las mayores pérdidas de biomasa se observaron en RQ y RQr. Los valores observados para los demás tratamientos fueron intermedios y no se diferenciaron entre sí. Seguidamente, luego de 212 días, las menores pérdidas de biomasa también se observaron en el R y Rr, mientras que los mayores valores se registraron en el Q y RQr. Posteriormente, después de 465 y 560 días en el campo, se observa que la menor pérdida de biomasa sigue siendo para las áreas roladas, mientras que la mayor degradación de la broza se observó para las áreas RQ y RQr (Figura 7).

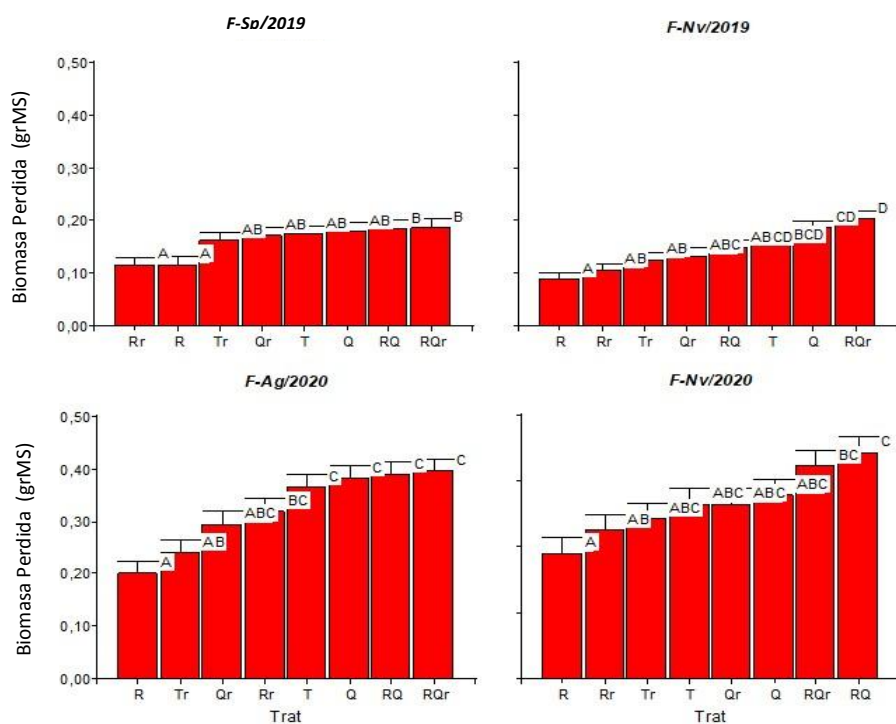


Figura 7. Diferencias de biomasa perdida (gr MS) entre muestras de *Poa ligularis* (F: Forrajera) provenientes de sitios con diferentes intervenciones (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQr: Rolado-Quemado-raleado) en cuatro fechas de extracción (24-09-19; 04-12-19; 13-08-20; 16-11-20). Para cada fecha, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p: 0,05) entre T; Tr; R; Rr; Q; Qr; RQ y RQr.

Con respecto a la broza proveniente de *Nassella tenuissima*, a los 141 días, las mayores pérdidas se registraron en el RQ, mientras que en el T, Q y Tr las pérdidas registradas fueron las más bajas de la fecha. Luego de 212 días, las mayores pérdidas siguen observándose en el RQ y las menores en el T, Tr, Qr y Rr. Seguidamente, después de 465 días, el RQ y el Q registraron las mayores pérdidas de biomasa y las menores correspondieron al Tr, R y Qr. Por último, luego de 560 días, los valores observados no difieren de la fecha anterior y el RQ sigue siendo el tratamiento donde se registraron las mayores pérdidas (Figura 8).

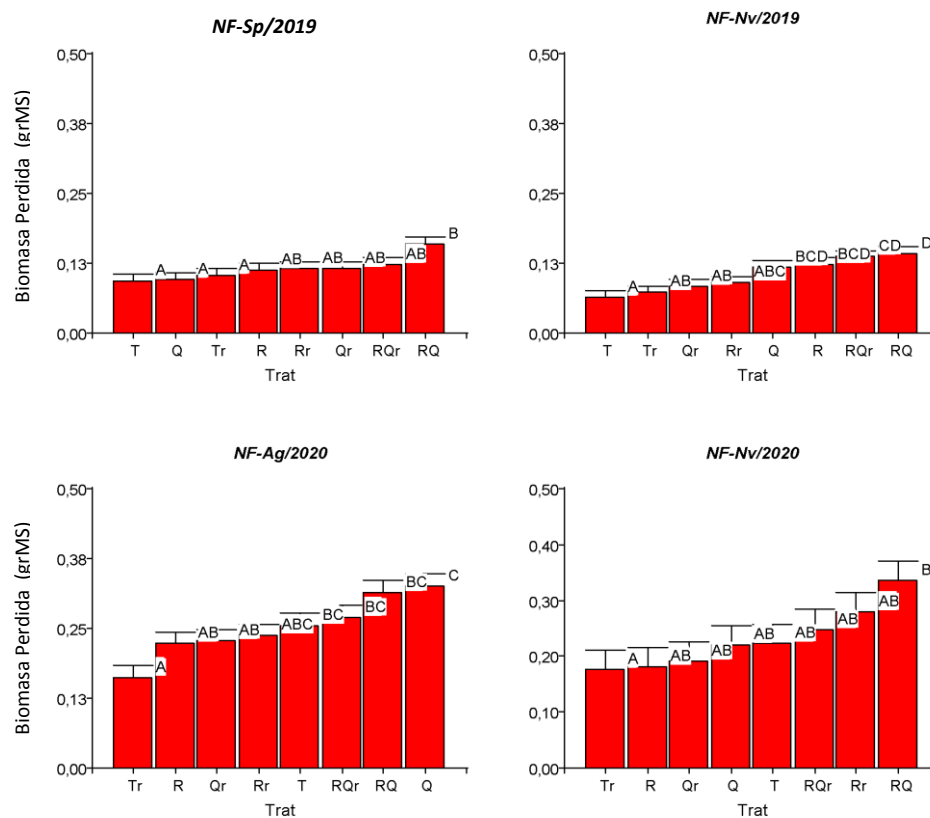


Figura 8. Diferencias de biomasa perdida (gr MS) entre muestras de *Nassella tenuissima* (NF: No Forrajera) provenientes de sitios con diferentes intervenciones (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQr: Rolado-Quemado-raleado) en cuatro fechas de extracción (24-09-19; 04-12-19; 13-08-20; 16-11-20). Para cada fecha, letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre T: Tr: R: Rr: Q: Or: RO v ROr.

Estos resultados, muestran una mayor pérdida de biomasa en aquellos tratamientos que han tenido mayor control de las especies leñosas retrasando su rebrote (Suárez *et al.*, 2018; Perez Payera y Parodi, 2019). Por el contrario, en aquellos tratamientos donde el renopal se recuperó a partir de rebrotes basales, provocando una alta cobertura del suelo (Suárez *et al.*, 2018; Perez Payera y Parodi, 2019) la pérdida de biomasa en la broza fue notablemente inferior, posiblemente debido a la baja proporción de luz que llega al suelo y en consecuencia, la menor incidencia de

los rayos UV, señalados por diversos autores como uno de los factores que más influye en este proceso junto con las precipitaciones y temperatura (Gaxiona y Arnesto, 2015).

Con respecto a la degradación de la broza de *Poa ligularis* en los distintos tratamientos y tiempo de permanencia en el campo, se observan los mismos patrones ya descritos para las dos primeras fechas de muestreo con los menores valores de pérdida de biomasa y los mayores para las últimas dos. Sin embargo, se observan algunas diferencias entre los tratamientos. Entre el T y el Q con sus correspondientes raleados Tr y Qr, los menores valores se observaron en estos últimos. En el R y Rr, se registraron las menores pérdidas de biomasa de todas las fechas y tratamientos. A su vez, cuando se comparan ambos tratamientos, se observan mayores pérdidas en el Rr. Por último, en el RQ y RQr se observaron los mayores valores de degradación de la broza y no hubo diferencias entre ambos (Figura 9).

En cuanto a la degradación de la broza proveniente de *Nassella tenuissima*, los patrones en el T y el Q fueron similares a los observados para *Poa ligularis*, con las menores pérdidas de biomasa en los raleados. Entre el R y Rr no se observan diferencias significativas cuando se comparan los tiempos de permanencia en el campo. Sin embargo, con respecto al RQ y RQr se registraron menores valores de degradación en este último (Figura 10).

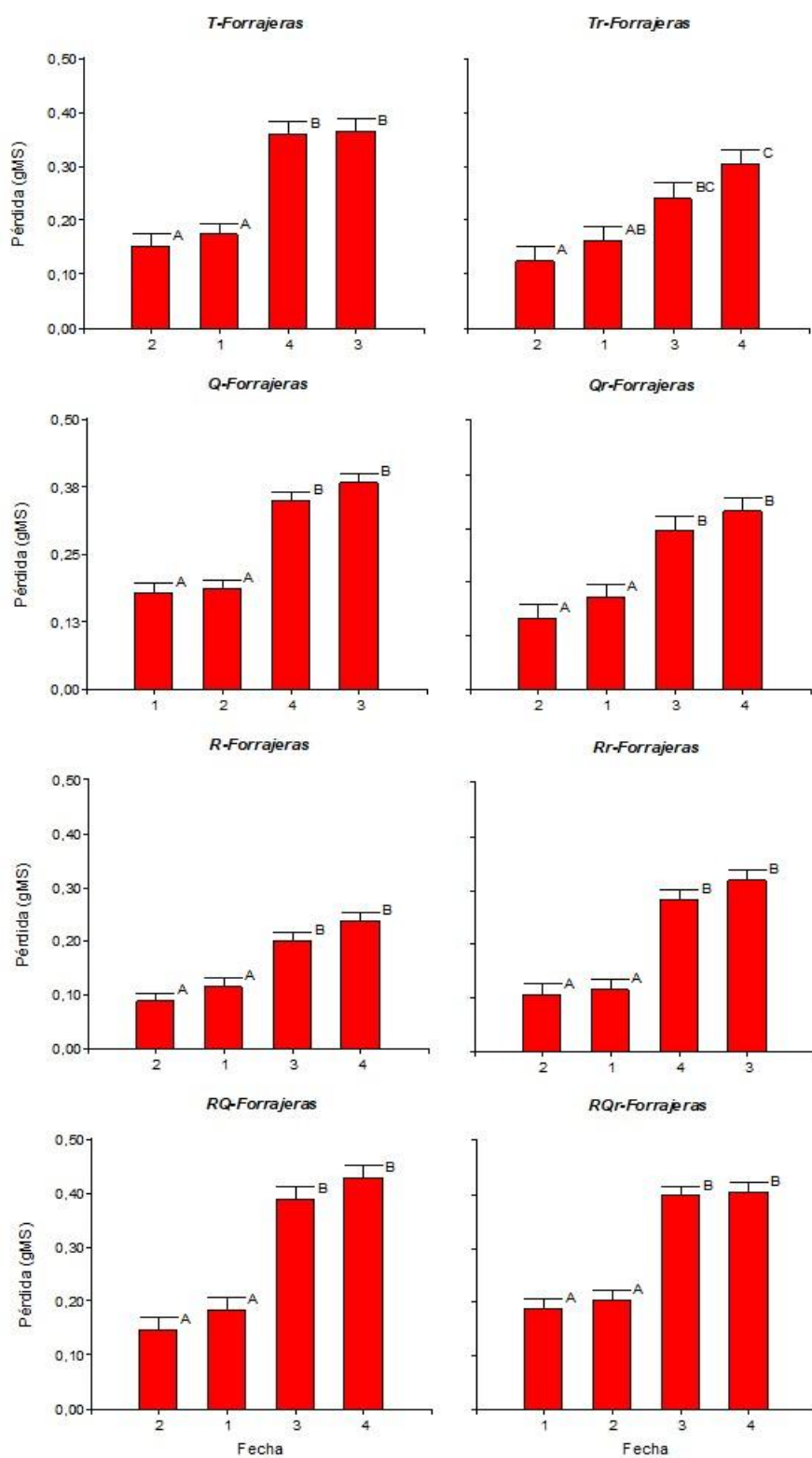


Figura 9. Diferencias de fitomasa perdida (gr MS) entre muestras de *Poa ligularis* (F: Forrajes) provenientes de sitios con diferentes intervenciones (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQR: Rolado-Quemado-raleado) en cuatro fechas de extracción (1: 24-09-19; 2: 04-12-19; 3: 13-08-20; 4: 16-11-20). Para cada intervención habrá letras distintas que indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre 1; 2; 3 y 4.

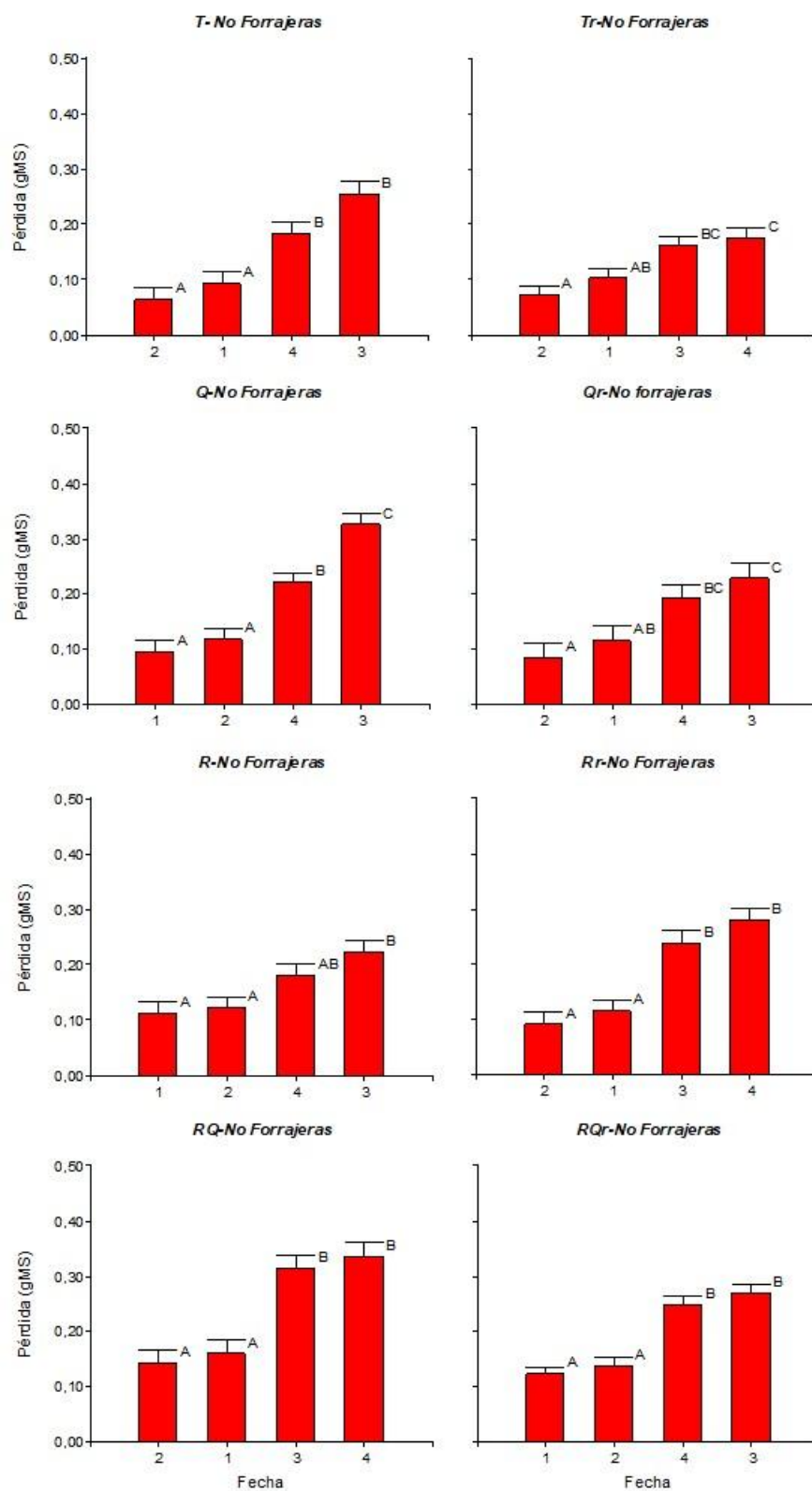


Figura 10. Diferencias de fitomasa perdida (gr MS) entre muestras de *Nassella tenuissima* (NF: No Forrajera) provenientes de sitios con diferentes intervenciones (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQr: Rolado-Quemado-raleado) en cuatro fechas de extracción (1: 24-09-19; 2: 04-12-19; 3: 13-08-20; 4: 16-11-20). Para cada intervención habrá letras distintas que indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre 1: 2: 3 v 4.

A diferencia de lo esperado, a excepción del R y Rr, las menores pérdidas de biomasa se registraron en los tratamientos raleados, posiblemente debido al mayor sombreado sobre el nivel del suelo por parte del pastizal y los rebrotes del renoval, como consecuencia del rejuvenecimiento ocasionado por la intervención. Esto habría ocasionado una mayor intercepción de luz y agua por parte de la vegetación que fue desfavorable para la degradación de la broza.

Por otra parte, las notables diferencias observadas entre los dos primeros muestreos y los dos últimos, muy posiblemente estén asociados a las precipitaciones recibidas por las muestras en el campo. Luego de colocadas las muestras en mayo 2019, las precipitaciones fueron muy escasas hasta el segundo muestreo. Luego, para el tercer y cuarto muestreo, las precipitaciones fueron mucho más abundantes.

A excepción del material colocado en el área Q y R, la degradación del material forrajero en función del tiempo tuvo una pendiente superior a la observado para el material no forrajero (Figura 11).

Esto pone en evidencia el efecto que tienen los componentes estructurales sobre la degradación de la broza a largo plazo y explicaría las acumulaciones de material muerto en este compartimento en aquellos lugares donde predominan especies no forrajeras.

La poca diferencia observada para la degradación entre ambos tipos de broza, a lo largo del tiempo tanto en el R y el Rr puede deberse a la alta cobertura de leñosas y de pajonal observada en ambas situaciones. Esto habría interferido la llegada de luz al suelo y también habría jugado un papel importante en la intercepción y distribución de las lluvias, dos factores clave en la degradación del material vegetal sobre la superficie del suelo.

Por otra parte, las mayores diferencias entre la degradación del material forrajero y no forrajero a lo largo del tiempo se observaron en el T y en el RQr. En el T, las bolsas se depositaron en un área con baja cobertura de pastizal, mientras en el RQr tanto la cobertura del pastizal como de las leñosas fue la más baja de todos los tratamientos (Parodi y Perez Payeras, 2019).

Contrariamente a lo esperado, teniendo en cuenta el tiempo de permanencia en el campo de la broza y las diferentes intervenciones, el material proveniente de *Poa ligularis* proveniente del R y del Rr fue el que menor degradabilidad durante todo el ensayo tuvo (Figura 12). La alta cobertura de vegetación, leñosas provenientes de rebrote basal y del pajonal, generaron un importante sombreado sobre la superficie del suelo que puede haber sido uno de los motivos de la baja degradación de la broza de las especies forrajeras. La broza de *Nasella tenuissima*, tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos, posiblemente debido a sus altos contenidos de carbohidratos estructurales (Yapur Musale 2002, Yapur Musale *et al.*, 2002) que también afecta su digestibilidad para el consumo de los herbívoros (Estelrich y Cano 1996). No sólo la cobertura de leñosas puede afectar la degradación de la broza de las especies forrajeras, el pastizal denso puede generar una estructura tal que impida la llegada de luz al suelo y afecte la distribución y absorción de las lluvias, sobre todo aquellas de pocos milímetros. Esto último, puede observarse en el Tr y el Qr, donde luego del tratamiento de raleo de leñosas, la cobertura del pastizal incrementó notablemente (Parodi y Pérez Payeras, 2019) cubriendo totalmente el suelo.

La pérdida de material en función del tiempo como indicador de tasa de degradación (Figura 11), permite observar que aún cuando se generen condiciones que mejoren este proceso en las forrajeras no tiene la misma incidencia para la broza producida por las especies no

forrajeras. En áreas con dominancia de pajonales, esto tendría como consecuencias la acumulación de una importante capa de mantillo sobre la superficie del suelo con valores que pueden llegar hasta los 6500 kg MS / ha (Estelrich *et al.*, 2005). A su vez, con esta acumulación de broza sobre el suelo se produce también la inmovilización de importantes cantidades de nutrientes cuya disponibilidad podría lograrse a muy largo plazo o por la acción del fuego en el corto plazo (incendios, quemas controladas o algún otro disturbio).

Por otra parte, no sólo la calidad del material colectado para colocar en las bolsas de degradación tiene incidencia en la pérdida de biomasa registrada sino también la antigüedad del mismo. En las áreas T, R y sus respectivos raleos, el material senescente colectado provenía de la acumulación en las plantas de varios períodos de desarrollo, sobre todo el material proveniente de las no forrajeras, ya que el de *Poa ligularis* fue renovado anualmente por el pastoreo. En cambio, el material de las no forrajeras proveniente de las áreas que tuvieron también quema controlada, fue material producido más recientemente, rejuvenecido por la acción del fuego. Por lo tanto, sería de esperar que la concentración de carbohidratos estructurales en estas últimas áreas haya sido menor y por ello las tasas de degradación fueron ligeramente superiores a los otros donde el material estuvo más envejecido.

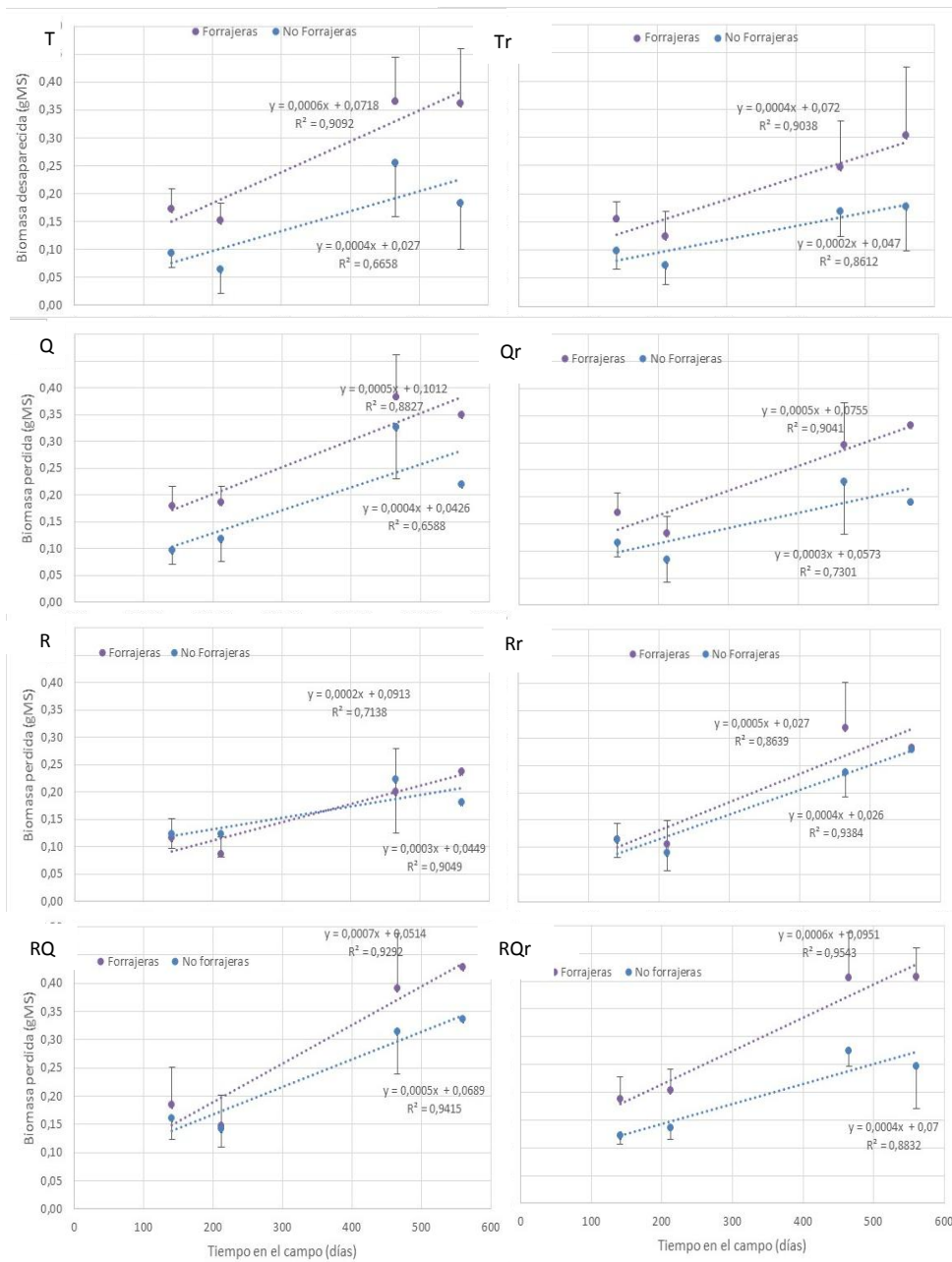


Figura 11. Biomasa perdida (gr MS) en función del tiempo de permanencia en el campo (días) en muestras de *Poa ligularis* (F: Forrajeras) y *Nassella tenuissima* (NF: No Forrajeras) en muestras provenientes de sitios con diferentes intervenciones (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQR: Rolado-Quemado-raleado)

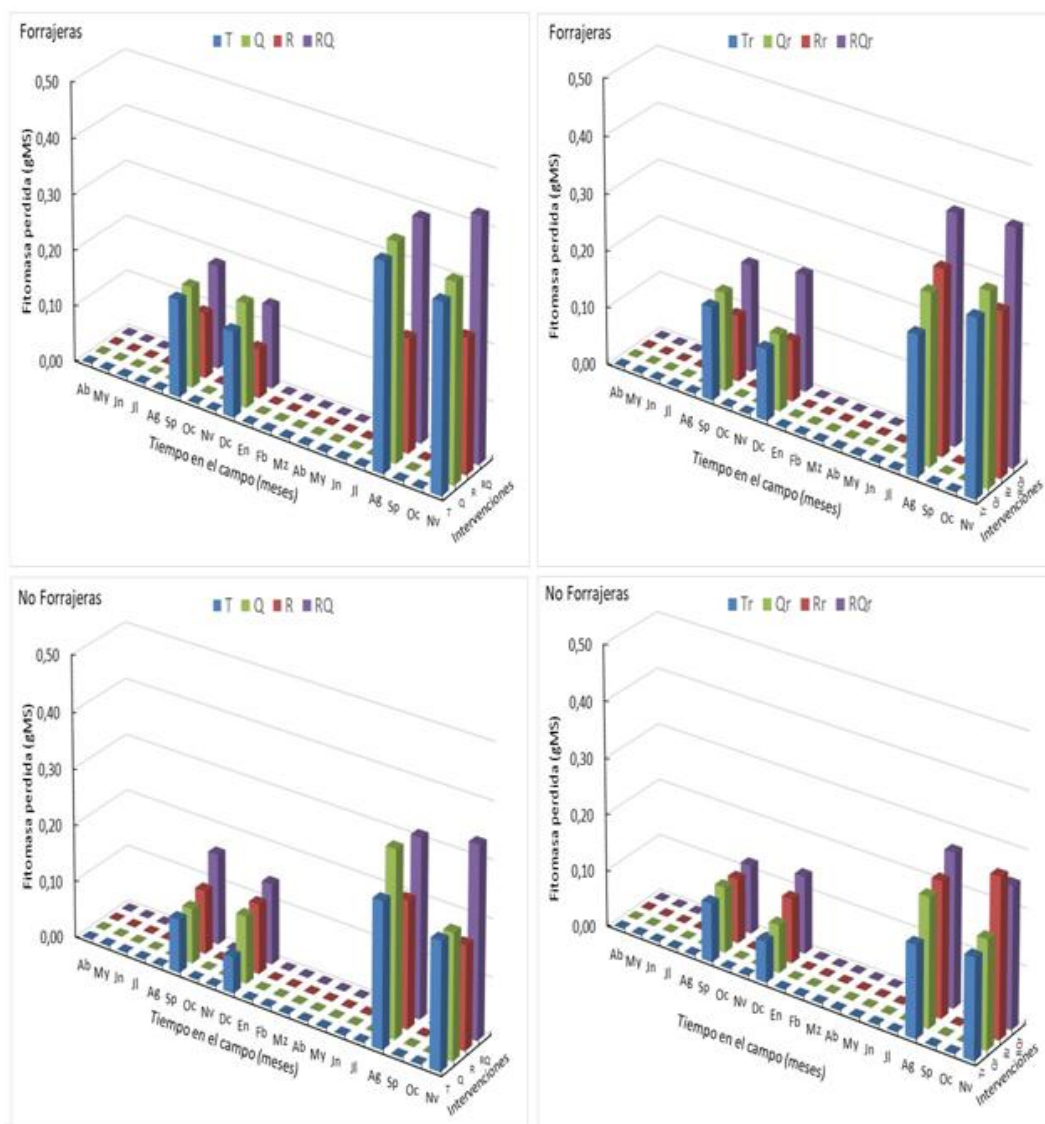


Figura 12. Fitomasa perdida (gr MS) en cuatro fechas de extracción (24-09-19; 04-12-19; 13-08-20; 16-11-20) luego de un período creciente de permanencia en el campo en muestras de *Poa ligularis* (F: Forrajera) y *Nassella tenuissima* (NF: No Forrajera) en muestras provenientes de sitios con diferentes intervenciones y sus respectivos raleos (T: Testigo, Tr: Testigo-raleado, R: Rolado, Rr: Rolado-raleado, Q: Quemado, Qr: Quemado-raleado, RQ: Rolado-Quemado, RQr: Rolado-Quemado-raleado)

Consideraciones finales

A lo largo del tiempo de permanencia de las muestras en el campo y los datos logrados a través del presente trabajo, varios factores han sido de influencia al momento de obtener un valor de degradación de la broza. Comenzando por las especies forrajeras y no forrajeras, sus características anatómicas son favorecidas para la primera debido que al tener baja relación C:N la degradación es mayor, al contrario de las no forrajeras que poseen carbohidratos estructurales y aromáticos (celulosa, lignina, hemicelulosa, etc.) que retrasan la degradación y su vez causan una ligera inmovilización de nutrientes en el suelo por parte de los microorganismos.

Por otra parte, tenemos las características ambientales como la radiación solar, precipitaciones y la temperatura. La radiación solar ha demostrado que se muestra como un pre-tratamiento por fotodegradación durante las estaciones secas, ante aquellas estaciones donde los demás parámetros anteriormente mencionados aumentan, facilitando más la degradación.

A su vez, en la aplicación de tratamientos con sus respectivos raleados, se observa que generalmente la aplicación de esta última técnica causó un aumento de la degradación con escenarios particulares, donde el efecto fue el contrario debido a la rápida regeneración del estrato herbáceo y arbóreo, alterando la distribución de los factores como la radiación, temperatura y precipitaciones. La tendencia de ambas especies tienen un comportamiento similar a aumentar con el tiempo, pero la tasa de degradación siempre fue superior en la especie forrajera.

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a la Universidad Nacional de La Pampa, principalmente a la Facultad de Agronomía por permitirnos llevar a cabo nuestros estudios de grado.

A nuestra directora Dra. Natalia Sawczuk por sus conocimientos y apoyo continuo, por brindarme su espacio y elementos necesarios para poder realizar este trabajo. A nuestro codirector, Dr. Daniel Estelrich por la buena predisposición en todo momento en el desarrollo de este trabajo, como así también en la revisión y sugerencias del mismo. Al MSc. Ricardo Ernst y al Dr. Ernesto Morici por el aporte de conocimientos y predisposición. Y agradecemos a Viviana Cenizo por hacerse cargo de la estufa con las muestras.

Un agradecimiento especial al grupo de trabajo de la Cátedra de Ecología Vegetal de la Facultad de Agronomía, y a la Cátedra de Pastizales Naturales de la Facultad de Cs. Ex. y Naturales, con quienes fue posible realizar este proyecto y compartir las salidas de campaña, revisión del trabajo y permitirnos hacer uso del instrumental necesario para la toma de muestras y relevamiento a campo.

Finalmente agradecemos a nuestros padres y familia por el apoyo incondicional durante toda esta etapa. A nuestros amigos que nos contuvieron en los malos momentos y nos acompañaron en los buenos, y a todos los que colaboraron de diferentes formas para la realización de este proyecto.

¡Muchas GRACIAS!

Bibliografía

- Adema E.O., D.E. Buschiazzo, F. J. Babinec, T. Rucci & V.G. Gómez Hermida. 2003. Balance de agua y productividad de un pastizal rolado en Chacharramendi, La Pampa. Publicación Técnica N° 50, E.E.A. Anguil “Ing. Agr Guillermo Covas”, INTA. p 20.
- Ambrosino, M.L., 2016. Factores que afectan el funcionamiento del ecosistema en sitios dominados por especies de diferente calidad forrajera en el noreste patagónico. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (Buenos Aires), Argentina.
- Austin, A.T., Vivanco, L. 2006. Plant litter decomposition in a semiarid ecosystem controlled by photodegradation. *Nature* 442: 555-558.
- Ayres, E., Steltzer, H., Berg, S., Wall, D.H. 2009. Soil biota-accelerate decomposition in high-elevation forests by specializing in the breakdown of litter produced by the plant species above them. *Journal of Ecology* 97: 901-912.
- Berg, B. 1986. Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soils-a mini review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 359-369.
- Borman, F.H., Likens, G.E. 1979. *Pattern and process in a forested ecosystem*. Springer. Verlag, New York. 253 pp.
- Boyero, M.A. 1985. “*Prosopis caldenia* Burk, en Argentina”. Segundo Encuentro Regional CIID América Latina y el Caribe. Forestación en zonas áridas y Semiáridas, pag 270–323. Santiago de Chile.

- Brown, R.W. 1995. The water relations of range plants: adaptations to water deficits. En: *Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology*. Bedunah, D.J., Sosebee, R.E. (eds.). Society for Range Management. Denver, Colorado, USA. pp. 291-413.
- Campanella, M.V., Bertiller, M.B. 2008. Plant phenology, leaf traits, and leaf litterfall of contrasting life forms in the arid Patagonian Monte, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 19 (1): 75-85.
- Cano, Eduardo. 1988. *Pastizales Naturales de La Pampa. 1. Descripción de las especies más importantes*. Argentina: AACREA. 425 p.; (12) h. plegs.: il.
- Carrera, A.L., Bertiller, M.B., Larreguy, C. 2008. Leaf litterfall, fine-root production, and decomposition in shrublands with different canopy structure induced by grazing in the Patagonian Monte, Argentina. *Plant and Soil* 311: 39-50.
- Casagrande G. y H. Conti 1980. Clima de la provincia de La Pampa. In. *Relevamiento Integrado de la Provincia de La Pampa*. INTA, Prov. de La Pampa, UNLPam. 493 pp.
- Coley, P.D. 1988. Effects of plant growth rate and leaf life time on the amount and type of anti-herbivore defense. *Oecologia* 74: 531-536.
- Cornelissen, J.H.C. 1996. An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types. *Journal of Ecology* 84: 573-582.
- Cornelissen, J.H.C., Thompson, K. 1997. Functional leaf attributes predict litter decomposition rate in herbaceous plants. *New Phytologist* 135 (1): 109-114.
- Diaz S., I. Noy-Meir & M. Cabido. 2001. Can grazing response of herbaceous plant be predicted from simple vegetative traits?. *J. Applied Ecol.* 38:497-508

- Diaz S., S. Lavorel, S. McIntyre, V. Falczuk, F. Casanoves, D. Milchunas, C. Skarpe, G. Rusch, M. Stenberg, I. Noy-Meur, J. Landsberg, W. Zhang, H. Clark Y B.D. Campbell. 2007. Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology* 13:313-341.
- Estelrich H.D. y A.E. Cano. 1985. Disponibilidad forrajera y determinación de la capacidad de carga de un bosque de *Prosopis caldénia*. *Rev. Asoc. Pampeana de Profesionales Cs. Naturales. Actas I Jornadas de Biología y II Jornadas de Geología de La Pampa. UNLPam. N0 1. 30-35.*
- Estelrich H.D., C.C. Chirino, E.F Morici & B. Fernandez. 2005. Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina – Modelo Conceptual. En: *Heterogeneidad de la Vegetación. Libro homenaje a Rolando Leon (Paruelo J., M. Oesterheld y M. Aguiar Eds.)*.
- Estelrich, H. D. y Cano, A. E. (1996). Dinámica de la degradabilidad ruminal "in sacco" de la fitomasa aérea de especies nativas de la región semiárida pampeana (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 9(1), 1-16
- Estelrich, H. D. y Castaldo, A. 2014. Receptividad y carga ganadera en distintas micro regiones de la provincia de La Pampa (Argentina) y su relación con las precipitaciones. *Semiárida*, 24(2), 7-19.
- Gaxiola A. y Armesto J.J. 2015. Understanding litter decomposition in semiarid ecosystems: linking leaf traits, UV exposure and rainfall variability. Instituto de Ecología y Biodiversidad y Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

- Inventario integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. Cano Eduardo (Coord.); Guillermo Casangrande, Hugo Conti, Juan Salazar Lea Plaza; Carlos Peña Zubiarte; Dárnaso Maldonado Pinedo; Hugo Martínez; Ricardo Hevia; Carlos Scoppa; Eduardo Cano; Beatriz Fernández; Miguel Montes, Juan Musto; Alberto Pittaluga. 1980. INTA, Provincia de La Pampa (Min. de Econ. y Asuntos Agrarios), UNLPam (Facultad de Agronomía). 493 pp.
- Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer-Verlag, New York, NY, US. pp. 197-198.
- Lerner P. 2004. El Caldénar: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales. En: Arturi MF, Frangi J, Goya JF (eds) Ecología y Manejo de los bosques de Argentina. Cap. 11, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Massara A. y Ferreyra F. A. 2017. Dinamica de la composicion especifica y fitomasa de rebrotes de un pajonal de pasto puna (*Amelichloa brachychaeta*) sometido a pastoreos rotativos con altas cargas.
- Milchunas D.G., O.E. Sala & W.K. Lauenroth. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. Am. Nat., 132:87-106.
- Milton, S.J., Dean, W.R.J., Du Plessis, M.A., Siegfried, W.R. 1994. A conceptual model of arid rangeland degradation. Bioscience 44: 70-76.
- Moretto, A.S., Distel, R.A., Didone, N.G. 2001. Decomposition and nutrient dynamic of leaf litter and roots from palatable and unpalatable grasses in a semi-arid grassland. Applied Soil Ecology 18: 31-37.

- Morici, E. F. A., R. Ernst., A. Kin, D. Estelrich, M. Mazzola, y S. Poey. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. *Archivos de Zootecnia* 52: 59-66.
- Morici, E.F.A.; Doménech-García, V.; Gómez-Castro, G.; Kin, A.; Saenz, A. & Rabotnikof, C. 2009. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la Provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia*. 43:529-537.
- Nazar Anchorena J.B. 1988. Manejo de Pastizales naturales de La Pampa. Tomo II. Convenio AACREA – Provincia de La Pampa. 425 pp.
- Orchard, V.A., Cook, F.J. 1983. Relationship between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology & Biochemistry* 15: 447-453.
- Parodi N. M. y Pérez Payeras M. 2019. Dinámica de la vegetación en áreas de fachinal sometidas a distintas intervenciones.
- Pérez-Harguindeguy, N., Vendramini, F., Díaz, S., Cabido, M., Cornelissen, J.H.C., et al. 2000. Descomposición y caracteres foliares de especies de Pteridófitas y Angiospermas del Chaco Serrano de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 28: 35-44.
- Poca, M., Pérez-Harguindeguy, N., Vaieretti, M.V., Cingolani, A.M. 2014. Descomposición y calidad físico-química foliar de 24 especies dominantes de los pastizales de altura de las sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 24: 249-257.
- Poorter, H., Remkes, C. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83: 553-559.

- Rauber R., Steinaker D., Demaría M. y Arroyo D. 2014. Factores asociados a la invasión de pajas en bosques de la región semiárida central argentina. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Villa Mercedes, Argentina. CONICET. University of Regina, Department of Biology, Canada.*
- Reich, P.B., Watson, M.B., Ellsworth, D.S. 1992. Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 62: 365-392.
- Roberto, Z.; Adema, E.; Rucci, T. 2005. Relevamiento fisonómico de la vegetación en el área del Caldenal. *Publicación Técnica N°60, INTA.*
- Sawczuk, N. 2009. Evaluación del efecto del tiempo de permanencia de las temperaturas máximas de quema sobre propiedades físicas y químicas de un Haplustol éntico de la región central del caldenal. *Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Santa Rosa, La Pampa*
- Sawczuk, N. 2018. La interacción planta-animal y su influencia sobre algunos parámetros de degradación en un pastizal del distrito fitogeográfico del Calden. *Tesis Doctoral en Agronomía. Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca). Área: Ecología y Manejo de Pastizales Naturales. pp.112.*
- SAyDS 2006, GEO Argentina 2004: perspectivas del medio ambiente de la Argentina. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Ministerio de Salud y Ambiente (Argentina); Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Buenos Aires, 312 pp.).*

- SAyDS. 2007. Primer Inventario Nacional de bosques Nativos. Segunda etapa. Inventario de Campo de la Región del Espinal. Distritos del Caldén y Ñandubay. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR
- Stephan, A., Meyer, A.H., Schmid, B., 2000. Plant diversity affects culturable soil bacteria in experimental grassland communities. *Journal of Ecology* 88 (6): 988-998.
- Strickland, M.S., Osburn, E., Lauber, C., Fierer, N., Bradford, M.A. 2009. Litter quality is in the eye of the beholder: initial decomposition rates as a function of inoculums characteristics. *Functional Ecology* 23: 627-636.
- Suárez C.E., H.D. Estelrich, E.F.A. Morici, R.D. Ernst, N. Sawczuk, M. Pérez Payeras y N. Parodi. 2018. Evaluación de distintas técnicas de manejo en un renoval de *Prosopis caldenia*. IV Congreso de Sistemas Silvo Pastoriles. Villa La Angostura, Argentina. 294-305 p.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 372 pp.
- Takeda, H., Ishida, Y., Tsutsumi, T. 1987. Decomposition of leaf litter in relation to litter quality and site conditions. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto University* 180: 17-38.
- Vaieretti, M.V., Cingolani, A.M., Perez-Harguindeguy, N., De Gurvich y Cabido, M. 2010. Does decomposition of standard materials differ among grassland patches maintained by livestock? *Austral Ecology* 35: 935-943.
- Wardle, D.A., Bonner, K.I., Barker, G.M. 2002. Linkage between plant litter decomposition, litter quality, and vegetation responses to herbivores. *Functional Ecology* 16: 585-595.

- Whitford, W. 2002. Ecology of Desert Systems. Academic Press, USA.
- Yapur Musale, J. M. (2002). Efecto del fuego y la defoliación sobre la disponibilidad forrajera y la calidad nutritiva de *Stipa tenuissima*. Trabajo Final de Graduación para obtener el título de ingeniero agrónomo. Facultad de Agronomía UNLPam. *Repositorio Digital abierto de la UNLPam*.
- Yapur, J. M., Sáenz, A.M. y Cerqueira, E. D. 2002. Efecto de la quema y del régimen de corte sobre la acumulación de biomasa aérea y la calidad nutritiva de *Stipa tenuissima*. *Revista Argentina de Producción Animal*, 22(Sup. 1), 225-226.