

Red nacional de monitoreo de pastizales naturales de Argentina: productividad forrajera de la vegetación extrapampeana

BLANCO, L.J.¹; DURANTE, M.²; FERRANTE, D.³; QUIROGA, R.E.⁴; DEMARÍA, M.⁵; DI BELLA, C.M.⁶

RESUMEN

Las regiones extrapampeanas sostienen una porción relevante de la producción ganadera de Argentina (bovinos, caprinos, ovinos y camélidos), sustentada principalmente por el aporte forrajero de la vegetación nativa. En este contexto, es fundamental generar herramientas que permitan un manejo forrajero sustentable de estos ambientes. Para ello, el INTA implementó en 2006 una red nacional de sitios de monitoreo forrajero de la vegetación nativa. En este trabajo se analizó la productividad forrajera de 179 sitios extrapampeanos involucrados en la red (productividad anual promedio de entre 3 a 6 años). Se detectaron asimetrías regionales en cuanto a la disponibilidad de sitios monitoreados y a la longitud de las series de datos de productividad forrajera. Las regiones mejor representadas fueron el distrito ñandubay del Espinal, las estepas patagónicas, el extremo occidental de la provincia fitogeográfica chaqueña y la Puna catamarqueña. Contrariamente, el distrito oriental de la provincia fitogeográfica chaqueña, la porción central del Monte y la provincia Paranaense fueron detectadas como regiones de vacancia. En 101 de los 179 sitios de la red, la productividad forrajera herbácea (PFH) fue inferior a 1.000 kg ha⁻¹ año⁻¹. Lo mismo ocurrió con la productividad forrajera leñosa (PFL) en los 85 sitios evaluados. Los mayores valores de PFH se reportaron en mallines de Patagonia, vegas de la

Autores en colaboración: Adema, E.⁷; Agüero, W.¹; Ahumada, R.⁴; Andrade, M.³; Arroyo, D.N.⁵ Barraza, G.⁸; Behr, S.⁹; Bendersky, D.¹⁰; Biurrun, F.¹; Buono, G.⁹ Butti, L.⁷; Caruso, C.¹¹; Celdran, D.J.⁵; Chichahuala, M.S.⁵; Ciari, G.¹¹; Gaitan, G.¹²; García Martínez, G.¹¹; Kunst, C.⁸; Lezana, L.¹³; Lopez, J.⁸; Luisoni, L.¹⁴; Martini, J.P.⁵; Massa, E.¹³; Massara Paletto, V.¹²; Murray, F.¹⁵; Nakamatsu, V.⁹; Oliva, G.³; Opazo, W.¹¹; Oricchio, P.⁶; Pizzio, R.¹⁰; Siffredi, G.¹²; Teruel, D.¹; Torres, V.³; Utrilla, V.³; Vargas, P.³; Vázquez, P.⁷; Villablanca, M.¹⁶

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) La Rioja, Ruta Nacional N.º 38 km 267 altura paraje La Llanura CC 26 (5380), Chamental, La Rioja. Correo Electrónico: blanco.lisandro@inta.gov.ar. ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concepción del Uruguay, Ruta Provincial 39 km 143,5 (3260), Concepción del Uruguay, Entre Ríos. ³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322 (9400), Río Gallegos, Santa Cruz. ⁴Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Catamarca, Ruta Provincial N.º 33 km 4 (4705) Sumalao, Valle Viejo, Catamarca. ⁵Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Luis, Ruta Nacional 7 y 8 (5730), Villa Mercedes, San Luis. ⁶Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Clima y Agua, Nicolás Repetto de los Reseros s/n (1686), Hurlingham, Buenos Aires. ⁷Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Regional (CR) La Pampa, Av. Agustín Spinetto 785 (6300), Santa Rosa, La Pampa. ⁸Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santiago del Estero, Jujuy 850 (4200), Santiago del Estero. ⁹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Chubut 25 de Mayo 4870 (9100), Trelew, Chubut. ¹⁰Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Mercedes, Juan Pujol al Este s/n (3470), Mercedes, Corrientes. ¹¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Esquel, Chacabuci 513 (9200), Esquel, Chubut. ¹²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche, Modesta Victoria 4450 (8400), San Carlos de Bariloche, Río Negro. ¹³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná, Ruta 11, km 12,5 (3101), Oro Verde, Paraná, Entre Ríos. ¹⁴Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Reconquista, Ruta 11 km 773 (3567), Reconquista, Santa Fe. ¹⁵Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Valle Inferior, Ruta Nacional 3 km 971, Camino 4 IDEVI (8500), Viedma, Río Negro. ¹⁶Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Río Negro, Belgrano 544 (8500), Viedma, Río Negro.

Recibido 23 de marzo de 2017 // Aceptado 17 de julio de 2018 // Publicado online 01 de mayo de 2019

Puna, el distrito de ñandubay en el Espinal y en comunidades vegetales ribereñas de Entre Ríos. Mientras que la PFH de humedales aumentó significativamente con el incremento de la temperatura media anual (TMA), la PFH de sitios no correspondientes a humedales aumentó con la precipitación media anual (PMA). Finalmente, se observó que sitios históricamente sobrepastoreados presentaron valores de PFH muy inferiores a sitios sometidos a pastoreo más conservativo. Los resultados de este trabajo aportan información relevante para la planificación forrajera de la ganadería a escala regional, y también pueden ser utilizados como insumo para la calibración de modelos de estimación de la productividad forrajera basados en el uso de sensores remotos.

Palabras clave: recursos forrajeros, vegetación nativa, ganadería extrapampeana.

ABSTRACT

In Argentina, a significant portion of livestock production (cows, goats, sheeps and camelids) is sustained by the extra-pampean region, mainly supported by the forage contribution of native plant communities. In this context, it is essential to generate tools that allow a sustainable forage management of these environments. During 2006, INTA implemented a national network for monitoring forage productivity of native plant communities. We analyzed the forage productivity of 179 extra-pampean sites involved in the network. We detected regional asymmetries in relation to the number of monitored sites and the length of forage productivity data-sets. The best-represented regions were the “ñandubay” district of the Espinal phytogeographical province, the Patagonian steppes, the western end of the Chaco province, and the Puna in Catamarca. Herbaceous forage productivity (HFP) was less than 1,000 kg ha⁻¹ year⁻¹ in 101 of the 179 sites, and the same was true for woody forage productivity (WFP) in the analyzed 85 sites. The highest HFP values were reported in wetlands of Patagonia (“mallines”) and Puna (“vegas”), the “ñandubay” district of the Espinal and riparian communities of Entre Ríos. While the HFP in the wetlands increased significantly with the increase of mean annual temperature (MAT), the HFP of non-wetland sites increased with mean annual rainfall (MAP). Finally, we observed that overgrazed sites had HFP values lower than those sites subject to conservative grazing. These results could be relevant for planning livestock production at regional scale, as well as an input for forage productivity models based on remote sensing.

Keywords: forage resources, native plant communities, extra-pampean livestock production.

INTRODUCCIÓN

En las regiones extrapampeanas se desarrolla la mayor proporción de la producción ganadera de Argentina (SIGSA, 2015), con 30 millones de cabezas bovinas (59% del total nacional), 12 millones de ovinos (de un total de 15 millones) y casi la totalidad de la producción caprina (4,7 millones de existencias). Estos sistemas productivos son mayoritariamente extensivos y se sustentan por el aporte forrajero de la vegetación nativa (Ragonese, 1967). Las pasturas exóticas implantadas hacen un aporte significativamente menor y generalmente se utilizan estratégicamente para cubrir baches nutricionales (Sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos, 2016).

Los pastizales naturales son aquellas tierras no cultivadas que proveen las necesidades vitales para animales de pastoreo y tienen vegetación dominada por gramíneas, arbustos, hierbas o gramínoideas (Holecheck *et al.*, 2004; Anderson *et al.*, 2011). En Argentina estos ecosistemas se encuentran amenazados por procesos de degra-

dación, especialmente en ambientes áridos y semiáridos. Recientemente fue analizado el estado actual del deterioro de los recursos naturales de Argentina (Casas y Albaracín, 2015), presentándose datos cuantitativos respecto a la pérdida de productividad, cambios de estructura en la vegetación y aceleración de procesos erosivos del suelo en las diferentes regiones del país. En la región patagónica se observó que el 16% de la superficie presentó una tendencia negativa del índice de vegetación normalizado (NDVI) a lo largo de las últimas 3 décadas, lo cual podría estar asociado en una reducción de la productividad primaria neta aérea (PPNA) y consecuentemente de la capacidad de carga de dichos ecosistemas (Nakamatsu *et al.*, 2015; Oliva *et al.*, 2016). La cuarta parte de los pastizales pampeanos de San Luis presentó porcentajes de suelo desnudo superiores al 30% (Demaría, 2015). En la región de Los Llanos de La Rioja se determinó que el 45% de la superficie presentaba una reducción del 40% del NDVI potencial (Biurrun *et al.*, 2015). En Santiago del Estero se ha generalizado un proceso que se denomina “homogenización del paisaje del Chaco” (Adámoli *et al.*,

1972), caracterizado por la transformación de los bosques y sabanas en fachinales (lignificación del sistema). Los desencadenantes de este proceso son la tala extendida de bosques y el sobrepastoreo, provocando este último la desaparición del fuego como modelador del paisaje (Kunst *et al.*, 2006; Kunst, 2015).

El ajuste de carga animal considerando la receptividad de los campos ganaderos (Anderson *et al.*, 1980; Passera *et al.*, 1986; Borrelli y Oliva, 2001; Elissalde *et al.*, 2002; Quiroga *et al.*, 2009; Siffredi *et al.*, 2012) y una posterior planificación de estrategias de usos y descansos (Aguilera *et al.*, 2003; Blanco *et al.*, 2009), requieren conocer la productividad forrajera de la vegetación, su fisonomía, composición florística y estado de conservación (Golluscio *et al.*, 2009). Aun cuando los equipos de investigación de manejo de pastizales naturales de INTA, desde su creación, realizan caracterizaciones forrajeras de la vegetación, recién a partir de 2006 se generó un proyecto dedicado exclusivamente al monitoreo forrajero de los pastizales de Argentina. Se enfatizó, entre otros objetivos, implementar una red nacional de sitios de monitoreo forrajero de la vegetación. Esta red se diseñó como una herramienta de diagnóstico y evaluación a largo plazo, del estado forrajero de los diferentes tipos de vegetación a nivel nacional. Asimismo, se pensó que la información recabada facilitaría la calibración de modelos de estimación de la productividad forrajera a partir de datos satelitales (Grigera *et al.*, 2007; Durante *et al.*, 2014), o la implementación de otras metodologías de estimación indirecta del estado y funcionamiento de los recursos forrajeros (Di Bella *et al.*, 2009).

En este trabajo se presenta la información de productividad forrajera de todos los sitios extrapampeanos involucrados en la red. Luego, se discuten los alcances y limitaciones de la información provista por la red. Finalmente, se realiza un análisis sobre los principales controles climáticos y antrópicos de la productividad forrajera de la vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de sitios

La red de monitoreo forrajero de INTA se compone de 179 sitios (tabla 1), de vegetación extrapampeana distribuidos en 8 provincias fitogeográficas de Argentina (figura 1), que incluyen diferentes fisonomías (praderas, estepas gramíneas y arbustivas, matorrales, parques y bosques). Solo se incluyeron algunos sitios pertenecientes a comunidades vegetales de la región pampeana ubicados en ambientes periféricos de esta, como el distrito Paranaense (Cabrera, 1976) y los pastizales pampeanos occidentales (León y Anderson, 1983; Soriano, 1991; Demaría *et al.*, 2016). La selección de estos sitios de monitoreo se realizó contemplando la delimitación de las provincias fitogeográficas de Argentina (Cabrera, 1976), siguiendo una estrategia jerárquica de escalas espaciales (Long, 1968). Para ello se usaron mapas locales de vegetación, generalmente confeccionados para cada provincia o región. Luego, dentro

de cada unidad de vegetación, se seleccionaron visualmente sitios con la ayuda de imágenes satelitales de resolución espacial media o alta (Landsat 5, 7 y 8 o Google Earth).

Para unas pocas regiones pudo definirse dentro del sitio la condición (o estado) del pastizal, para lo que se utilizó la estrategia de “contraste de alambrado” (Bryant *et al.*, 1990; Balling *et al.*, 1998) o “gradiente de pastoreo” (Pickup y Chewings, 1994; Blanco *et al.*, 2008). Esto también se hizo con la ayuda de interpretación visual de imágenes satelitales de resolución espacial media o alta. La condición ecológica de la vegetación se determinó contemplando la cobertura de especies forrajeras deseables (Dyksterhuis, 1949) mediante observación visual en los mismos marcos de corte de biomasa.

Estimación de la productividad forrajera

En cada sitio de estudio se estimó la productividad forrajera herbácea (PFH) mediante cosechas de biomasa (Sala y Austin, 2000). Si bien en 121 sitios conviven especies herbáceas y leñosas, la productividad forrajera aportada

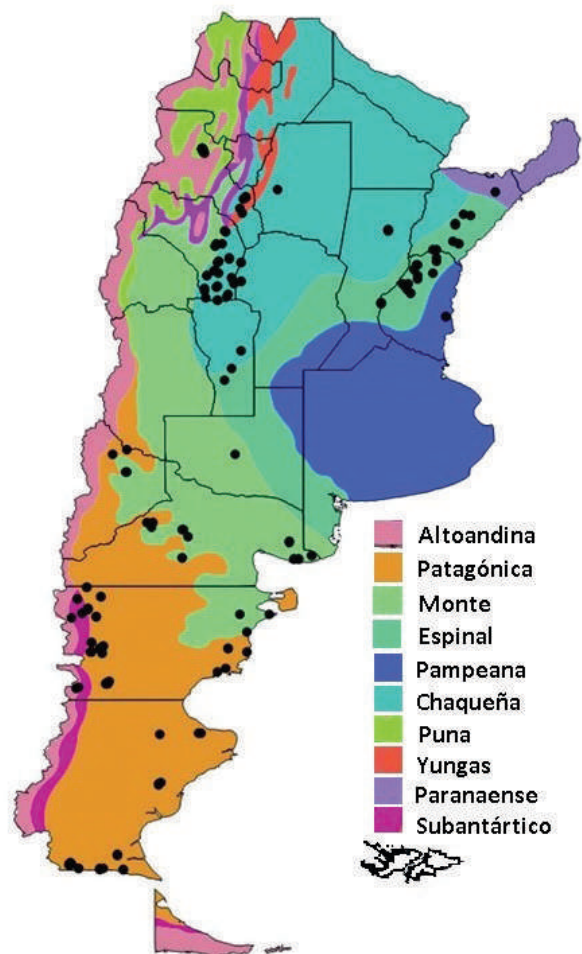


Figura 1. Distribución geográfica de los 179 sitios de monitoreo de la productividad forrajera (PF, círculos), en relación con las provincias fitogeográficas de Argentina (Cabrera, 1976).

por leñosas (PFL) solo se estimó en 85 de estos sitios. La PFL se estimó mediante cosecha de los brotes del año (Holm *et al.*, 2003), excepto en los sitios de La Rioja donde la PFL se estimó a partir de la cobertura aérea leñosa (CAL) mediante una ecuación de regresión calibrada *in situ* ($PFL = 0,86 \text{ CAL} + 12,95$; $p = 0,001$; $r^2 = 0,79$; Blanco *et al.*, 2016). La cantidad de años durante los que se evaluó la PFH y la PFL varió entre sitios; el período de mayor concentración de datos fue 2006-2015 (ver tabla 1).

En la mayoría de los sitios, se instalaron clausuras o jaulas móviles para evitar el pastoreo de animales domésticos durante el período evaluado, y asegurar la cosecha de biomasa producida. El tamaño de las clausuras o jaulas fue variable entre tipos de vegetación, contemplando el tamaño individual de las plantas dominantes dentro del tipo de vegetación. Por ejemplo, mientras que en las estepas arbustivas de la Puna de Catamarca se utilizó una clausura móvil de 6 x 6 m por sitio, en la pradera de pastos cortos de Corrientes se utilizaron 5 jaulas móviles de 0,25 m² por sitio.

La cosecha de biomasa se realizó anualmente (al final del período de crecimiento) en el pico de biomasa (Sala y Austin, 2000), excepto en sitios con alta tasa de crecimiento donde se midieron rebrotes sucesivos (Sala y Austin, 2000). Así, en los sitios ubicados en Entre Ríos y Corrientes la frecuencia de estimación de PFH fue mensual, mientras que en mallines patagónicos y vegas de la Puna la frecuencia de cosecha fue estacional. La rotación de la jaula o clausura se realizó inmediatamente después del momento de la cosecha de biomasa. El material cosechado fue secado en estufa hasta peso constante y luego pesado. PFH y PFL se expresaron en kg ha⁻¹ año⁻¹.

Análisis de datos

Para cada sitio de estudio se estimó el promedio anual de PFH, PFL y productividad forrajera total (PF total = PFH + PFL; ver tabla 1); además, se estimó la precipitación media anual (PMA) mediante pluviómetros ubicados *in situ*. Por lo tanto, nuestro enfoque se inscribe dentro de la lógica de los modelos espaciales de PPNA (sensu Lauenroth y Sala, 1992). La temperatura media anual (TMA) de todos los sitios, y la PMA de algunos sitios que no contaban con pluviómetro (ver tabla 1) se obtuvo de la base de datos de Global Climate data (2016), cuya resolución espacial es de 1 km².

Se realizaron diversos análisis cuantitativos para visualizar los alcances y limitaciones (espaciales y temporales) de la información disponible. Primero, se generó un diagrama climático a partir de la PMA y TMA de cada sitio y se los relacionó con los "límites climáticos" de las provincias fitogeográficas, construidos a partir de información meteorológica recopilada por Cabrera (1976). Luego, se estimó la frecuencia de sitios con diferente cantidad de años de evaluación de la productividad forrajera. Se clasificaron los datos de acuerdo a la provincia fitogeográfica (Cabrera, 1976) a la que pertenecen los sitios evaluados, y se los ordenó en rangos de PFH y PFL.

Se analizó la relación espacial de la PFH y PFL con la PMA y TMA mediante regresión lineal simple o regresión

con punto de quiebre (Robbins *et al.*, 2006). Este análisis se realizó separando aquellos sitios que corresponden a humedales (mallines patagónicos, vegas de la Puna y humedales del litoral de Entre Ríos) del resto de los sitios de estudio, porque corresponden a un tipo de vegetación azonal que reciben aporte de agua de cursos superficiales o subsuperficiales, y por lo tanto se esperaba que su productividad no dependiese tan directamente de las precipitaciones.

Finalmente, se compararon sitios con diferente historia de pastoreo (condición buena/regular versus condición pobre del pastizal) para dos ambientes (matorrales – bosques xerófitos de La Rioja y mallines patagónicos de Chubut), de los cuales se contaba con información de PFH y PFL obtenida en condiciones apareadas. Para ello se utilizó análisis de t para muestras apareadas (Snedecor y Cochran, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alcances y limitaciones de la información obtenida

Geográficamente, los sitios evaluados se distribuyeron entre los 26 y 52 grados de latitud sur y desde los 57 hasta los 71 grados de longitud oeste (figura 1). Aunque esta distribución representa la totalidad del territorio continental nacional, se pueden observar claras asimetrías regionales en cuanto a la disponibilidad de sitios monitoreados. Las regiones más desprovistas de información dentro de la red fueron el distrito oriental de la provincia fitogeográfica Chaqueña (Chaco y Formosa), la provincia fitogeográfica Paranaense (Misiones), la porción septentrional de la provincia fitogeográfica del Monte (desde Catamarca hasta el norte de Mendoza) y la porción central del Espinal (Córdoba). En estas regiones, donde hay vacíos de información, será necesario mayor esfuerzo de las diferentes instituciones u organizaciones involucradas en la problemática ganadera y ambiental, especialmente en sitios que sostienen mucha producción ganadera basada en ambientes naturales y que aún no tienen bien establecidos sitios de monitoreo.

La variabilidad espacial interna de la productividad forrajera en algunas provincias fitogeográficas fue más ampliamente representada que en otras. Por ejemplo, el "espacio climático" (precipitación – temperatura) que ocupa la vegetación de Patagonia fue relativamente cubierto con la distribución de los sitios evaluados (figura 2). Sin embargo, esto no sucedió para otras regiones. En la provincia fitogeográfica Chaqueña, cuya PMA varía desde menos de 400 mm anuales hasta los 1.400 mm, los sitios para los cuales se evaluó la productividad forrajera se encuentran concentrados entre los 300 y los 600 mm, quedando solo unos sitios evaluados en Santa Fe por encima de esa PMA. En el Monte, los sitios monitoreados se distribuyeron en ambientes con TMA inferior a 15 °C. Finalmente, en yungas solo se evaluó la productividad forrajera en sitios ubicados en Catamarca, donde esta provincia fitogeográfica se presenta casi en su totalidad en ecotono con el distrito Chaco Serrano. Esto puede observarse claramente en la distribución de los sitios dentro del diagrama climático, cuya dispersión es acotada y "fronteriza", quedando sin representación princi-

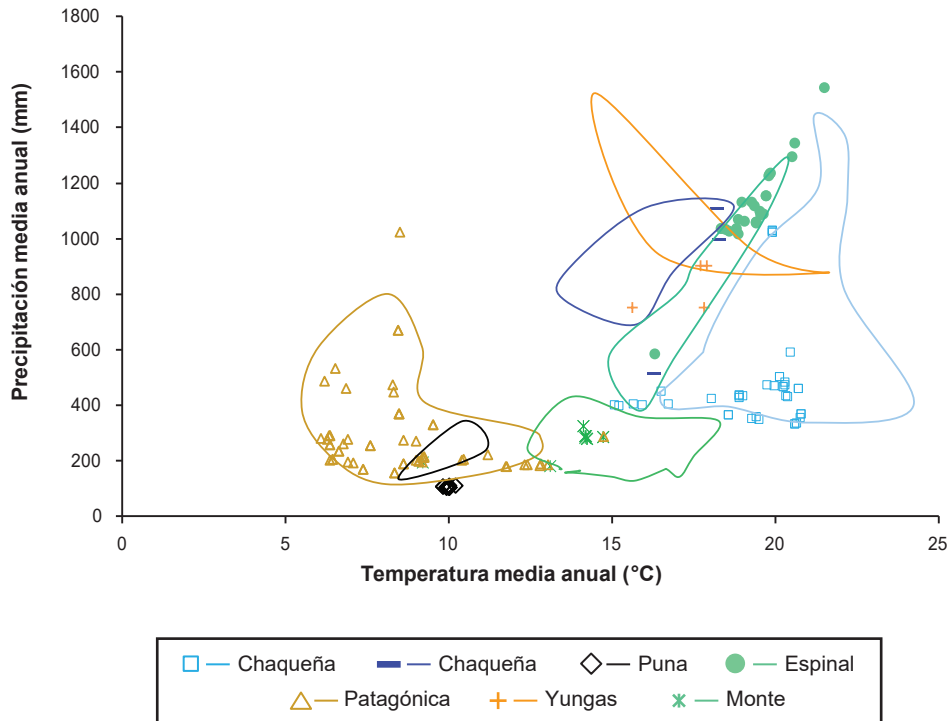


Figura 2. Distribución climática de los sitios de monitoreo de la productividad forrajera (símbolos) en relación con los límites climáticos de las provincias fitogeográficas (Cabrera, 1976) a las que pertenecen (áreas irregulares). La distribución climática de los sitios de monitoreo se generó a partir de la precipitación media anual (PMA, obtenida de datos de pluviómetro cercanos) y de la temperatura media anual (TMA, obtenida de la página web de Global Climate data (<http://www.worldclim.org/bioclim>)). Los límites climáticos de las provincias fitogeográficas se construyeron uniendo los valores de PMA y TMA obtenidos de los diagramas climáticos presentados por Cabrera (1976) para caracterizar las provincias fitogeográficas.

palmente aquellos ambientes con PMA superior a 1.000 mm anuales, los cuales se distribuyen en áreas ubicadas más al norte y con mayor altitud (Cabrera, 1976).

No solo la distribución espacial de los sitios de monitoreo presentó limitaciones, sino también la longitud temporal de las series de datos. El monitoreo forrajero de los pastizales se instaló programáticamente en INTA desde el año 2006, aunque durante el primer trienio fue principalmente una etapa de instalación de los sitios. De esta manera, 84 de 179 sitios presentan series temporales menores a 4 años de datos. La necesidad de series más largas radica en que estas proveen información más consistente en relación con las fluctuaciones temporales de la precipitación, especialmente en ambientes áridos y semiáridos (Noy Meir, 1973; Le Houérou *et al.*, 1988). En nuestro caso, las series de datos más largas disponibles se encuentran en algunos sitios de Chubut, Entre Ríos y Corrientes (ver tabla 1).

Sin embargo, se espera que esta red de monitoreo forrajero sea dinámica, incorporando nuevos sitios, e involucrando diferentes instituciones vinculadas a la problemática ganadera/ambiental. En tal sentido, cabe mencionar que INTA en conjunto con la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos (FAUBA), la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) y el Ministerio de Agroindustria de la

Nación, llevan adelante un proyecto de seguimiento forrajero satelital (Sistema nacional de diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos, 2016), al cual esta red provee información de campo para la calibración de modelos basados en sensores remotos.

Está proyectado incorporar la información básica que genera esta red, sintetizada en la tabla 1, en un sitio web institucional de información geoespacial denominado SEPA (Herramientas satelitales para el seguimiento de la producción agropecuaria). Para ello se programó incorporar hipervínculos a la tabla 1, que les permitan a los usuarios acceder, para cada sitio, a la fotografía del paisaje, la marcha estacional histórica del NDVI (desde febrero del 2000 hasta la actualidad) y el contacto institucional correspondiente. Se prevé que esta estrategia de visualización de la información permitirá enriquecer la red de monitoreo, facilitar el acceso, y promover la interacción entre los usuarios y los responsables de la información de cada sitio.

Productividad forrajera y fisonomía

La mayoría de los sitios evaluados tienen bajos niveles de PFH (ver figura 7). Así, 101 de los 179 sitios presentaron valores de PFH menores a 1.000 kg ha⁻¹ año⁻¹. Esto se co-

responde con su distribución con relación a las provincias fitogeográficas con menores valores de PFH; las estepas de la provincia Patagónica, la provincia fitogeográfica del Monte, las estepas de la Puna y la porción más seca de la provincia fitogeográfica Chaqueña (Chaco Árido) fueron los ambientes con mayor densidad de sitios de monitoreo. Contrariamente, las provincias fitogeográficas con mayor potencial de PFH estuvieron menos representadas por sitios de monitoreo, excepto el distrito ñandubay del Espinal y el distrito mesopotámico pampeano.

En los 85 sitios para los cuales se evaluó PFL se encontraron valores inferiores a $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (ver figura 8). En estos sitios la vegetación dominante es leñosa (estepas de Patagonia y Puna, y matorrales del Monte y el extremo seco del distrito occidental chaqueño), y en todos los casos corresponden a ambientes áridos y semiáridos con PPN potencial relativamente baja (Lieth, 1975).

La potencialidad de la vegetación para producir forraje es muy diferente entre provincias fitogeográficas, pero también muy variable entre comunidades vegetales dentro de cada provincia fitogeográfica (ver figura 8). Por ejemplo, mientras los 24 sitios evaluados en el monte presentaron valores de PFH y PFL menores a $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, 25 de los 27 sitios del Espinal superaron los $2.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de PFH. Patagonia y Puna presentaron un comportamiento similar en PFH y PFL, asociado a la naturaleza de dos ambientes contrastantes que presentan en común ambas provincias fitogeográficas (León *et al.*, 1998; Quiroga *et al.*, 2013). En ambas regiones coexisten estepas mixtas xerofíticas (arborescentes – herbáceas) de bajos valores de PFH y PFL (menores a $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) con praderas húmedas (mallines patagónicos o vegas de la Puna) de altos valores de PFH (mayores a $2.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

En la provincia fitogeográfica Chaqueña, la mayor distribución de sitios con PFH y PFL menores a $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, se debe a que sitios con mayor potencial productivo en la región (porción oriental del distrito occidental, distrito serrano y distrito oriental) fueron menos evaluados; y además en ellos solo se estimó PFH.

Controles climáticos de la productividad

La PFH se incrementó significativamente a lo largo de un gradiente regional de PMA (figura 3). A diferencia de lo ocurrido con la PFH, la relación entre la PFL y la PMA no fue significativa ($p > 0,05$). La relación espacial entre la productividad primaria y la precipitación está ampliamente documentada (Lauenroth, 1979; Sala *et al.*, 1988; Briggs y Knapp, 1995; Bai *et al.*, 2008; Sala *et al.*, 2012). Sin embargo, solo la ecuación presentada por Lauenroth (1979) abarca un rango de PMA similar a la ecuación generada en este trabajo.

Particularmente, los valores de PPN que se obtienen con el modelo de Lauenroth (1979) en los extremos de PMA (100 mm y 1.500 mm) son similares a los valores de PFH que se obtienen utilizando el modelo con punto de quiebre mostrado en este trabajo. Sin embargo, para valo-

res intermedios de PMA las estimaciones de nuestro modelo con punto de quiebre y el modelo lineal de Lauenroth (1979) son sensiblemente diferentes. En nuestro modelo solo se contempla la fracción herbácea de la productividad primaria, y en los ecosistemas más xéricos ($\text{PMA} < 540 \text{ mm}$) la mayor proporción de la PF es esperable que sea leñosa (Paruelo y Lauenroth, 1996), especialmente en ambientes degradados. Probablemente, esta parcialidad en el análisis de la PPN sea determinante para que en nuestro modelo la pendiente para sitios con PMA superiores a 540 mm sea el triple a la de sitios con PMA menores a 540 mm.

Al igual que en estudios anteriores (Lauenroth, 1979) no se detectó una relación de PFH y PFL con TMA para la generalidad de los sitios ($p > 0,05$, figura 4). Solo para los humedales (mallines, vegas y pastizales inundables de Entre Ríos) se observó un incremento significativo de PFH con TMA ($p < 0,05$, figura 4). Esto coincide con lo que ha sido documentado para el hemisferio norte (Thormann y Bayley, 1997).

La variación de PFH a lo largo de los gradientes climáticos es un indicador claro de la potencialidad ganadera de los diferentes ambientes extrapampeanos de Argentina. Así, a lo largo del gradiente de PMA, estimaciones de receptividad ganadera (manteniendo un factor de uso por pastoreo del 30% de la PFH), para ambientes pertenecientes al monte ($\text{PMA} = 200 \text{ a } 300 \text{ mm}$) indicarían que son necesarias 20 a 30 ha para mantener un equivalente vaca¹. En cambio, en ambientes ubicados dentro del Espinal (mayormente $\text{PMA} = 600 \text{ a } 1200 \text{ mm}$) se podría mantener un equivalente vaca utilizando entre 2 y 8 ha.

El efecto del pastoreo sobre la productividad

No solo los factores climáticos, como la precipitación y la temperatura, controlan las variaciones espaciales de la productividad forrajera en las comunidades de vegetación nativa. El manejo del pastoreo a lo largo de décadas también puede modificar la capacidad de producir forraje de los ecosistemas. Sin embargo, este factor actúa a una escala espacial de mayor detalle (potrero) que los controles climáticos (región), y aquí solo se analizó para sitios en dos regiones con las que se contaba con datos apareados bajo diferente historia de pastoreo (sitios de La Rioja y mallines Patagónicos de Chubut).

En los sitios de La Rioja, los cambios más evidentes entre condiciones fueron en la PFH, la cual se redujo a un tercio al empobrecerse la condición ecológica del sitio ($p < 0,05$, figura 5). En cambio, la PFL fue similar en la condición pobre respecto a la buena/regular ($p > 0,05$, figura 5). Los mayores efectos del pastoreo sobre el componente herbáceo han sido documentados en diversos estudios para esta región (Quiroga *et al.*, 2009, Blanco *et al.*, 2016).

¹Equivalente vaca: promedio anual de los requerimientos de una vaca de 400 kg de peso, que gesta y cría un ternero hasta el destete a los 6 meses de edad con 160 kg de peso (Cocimano *et al.*, 1975).

ID	Provincia	Nombre Sitio	Latitud S	Longitud O	Altitud	Provincia Fitogeográfica
1	La Rioja	Balde El Tala	31,70721	66,01744	294	Chaqueña
2	La Rioja	Balde El Tala	31,80272	66,07364	331	Chaqueña
3	La Rioja	Corral De Isaac	31,90707	66,40428	499	Chaqueña
4	La Rioja	Corral De Isaac	31,91795	66,41677	408	Chaqueña
5	La Rioja	El Hafar	31,03634	66,77366	713	Chaqueña
6	La Rioja	El Hafar	31,03478	66,77342	714	Chaqueña
7	La Rioja	La Jarilla	30,41951	66,00286	334	Chaqueña
8	La Rioja	La Jarilla	30,48564	66,00630	350	Chaqueña
9	La Rioja	Pozo De Rosendo	31,12031	65,90197	301	Chaqueña
10	La Rioja	Pozo De Rosendo	31,11981	65,90086	299	Chaqueña
11	La Rioja	Santa Rosa	31,45075	66,43704	596	Chaqueña
12	La Rioja	Santa Rosa	31,44000	66,40734	598	Chaqueña
13	La Rioja	Médanos Negros	31,59031	66,87097	423	Chaqueña
14	La Rioja	Médanos Negros	31,50662	66,86777	456	Chaqueña
15	La Rioja	Pana	30,60338	65,58916	204	Chaqueña
16	La Rioja	Pana	30,60529	65,58862	204	Chaqueña
17	La Rioja	Santa Elena	30,00465	66,48603	341	Chaqueña
18	La Rioja	Santa Elena	30,00389	66,48648	341	Chaqueña
19	La Rioja	San Javier	29,92161	66,23761	298	Chaqueña
20	La Rioja	San Javier	29,92540	66,44114	327	Chaqueña
21	La Rioja	Casamata	31,33350	65,82579	256	Chaqueña
22	La Rioja	Casamata	31,30578	65,83871	257	Chaqueña
23	La Rioja	La Charito	29,50171	66,12648	312	Chaqueña
24	La Rioja	La Charito	29,47594	66,13835	313	Chaqueña
25	Córdoba	Los Huecos	31,27408	65,57552	260	Chaqueña
26	Córdoba	Los Huecos	31,27461	65,57347	259	Chaqueña
27	La Rioja	Pampa De Las Salinas	31,85138	66,80658	375	Chaqueña
28	La Rioja	El Quemado	30,95921	66,38335	832	Chaqueña
29	La Rioja	Tuani	30,87098	66,50279	1418	Chaqueña
30	La Rioja	Tuani	30,88655	66,51904	1499	Chaqueña
31	La Rioja	Sierra De Los Quinteros	30,60425	66,39318	1164	Chaqueña
32	La Rioja	Sierra De Los Quinteros	30,54246	66,37529	1448	Chaqueña
33	La Rioja	Sierra De Los Quinteros	30,54237	66,37433	1447	Chaqueña
34	Catamarca	Huasi Ciénaga	26,56753	66,93503	3258	Puna (vega)
35	Catamarca	Huasi Ciénaga	26,57087	66,93493	3258	Puna (vega)
36	Catamarca	La Lomita	26,58653	66,93357	3256	Puna (vega)
37	Catamarca	La Lomita	26,58795	66,93558	3262	Puna (vega)
38	Catamarca	Laguna Blanca	26,57655	66,94065	3291	Puna (vega)
39	Catamarca	Laguna Blanca	26,57622	66,94105	3307	Puna (vega)
40	Catamarca	Laguna Blanca	26,60327	66,93768	3247	Puna
41	Catamarca	Laguna Blanca	26,60532	66,91677	3212	Puna (vega)
42	Catamarca	Laguna Blanca	26,60822	66,93518	3211	Puna (vega)
43	Catamarca	Laguna Blanca	26,60812	66,91677	3197	Puna
44	Catamarca	Laguna Blanca	26,60890	66,93682	3215	Puna
45	Catamarca	Laguna Blanca	26,60907	66,93492	3205	Puna (vega)
46	Catamarca	Laguna Blanca	26,68375	66,91738	3267	Puna
47	Catamarca	Laguna Blanca	26,69303	66,92503	3333	Puna

ID	Provincia	Nombre Sitio	Latitud S	Longitud O	Altitud	Provincia Fitogeográfica
48	Catamarca	Laguna Blanca	26,69282	66,90532	3269	Puna
49	Catamarca	Laguna Blanca	26,72102	66,87637	3234	Puna
50	Catamarca	Sauce Guascho	28,29138	65,43353	1213	Yungas
51	Catamarca	Zucuma	28,32303	65,40292	1057	Yungas
52	Catamarca	Higuera Seca	28,35152	65,50035	1504	Yungas
53	Catamarca	El Taco	28,68965	65,62610	1451	Chaqueña
54	Catamarca	Ipizca	28,85742	65,55275	1034	Yungas
55	Entre Ríos	Spais	31,66978	59,60872	75	Espinal
56	Entre Ríos	Spais Chilca	31,66969	59,61853	75	Espinal
57	Entre Ríos	Stieben	31,55729	59,72502	68	Espinal
58	Entre Ríos	Acevedo	31,41775	59,82634	79	Espinal
59	Entre Ríos	Tomasini	31,33240	59,88659	49	Espinal
60	Entre Ríos	Elena	31,32812	59,70823	69	Espinal
61	Entre Ríos	Abiche	31,18230	59,37269	60	Espinal
62	Entre Ríos	Trovador	31,05729	59,37716	61	Espinal
63	Entre Ríos	Chañar	30,95920	58,81858	71	Espinal
64	Entre Ríos	San Francisco	30,82595	59,50290	49	Espinal
65	Entre Ríos	Genrebert2	30,67802	59,38737	59	Espinal
66	Entre Ríos	Tierra Gaucha	30,68437	59,37676	49	Espinal
67	Entre Ríos	La Colina	30,55099	58,68532	68	Espinal
68	Entre Ríos	La Emilia	30,42189	58,68498	64	Espinal
69	Entre Ríos	Eea_Mixto	32,51770	58,36830	27	Pampeana
70	Entre Ríos	EEA_Arenaprof	32,51762	58,36336	21	Pampeana
71	Entre Ríos	EEA_Arenasom	32,51349	58,36067	18	Pampeana
72	Entre Ríos	Kicho_Sauzal	32,01975	60,65602	13	Pampeana
73	Entre Ríos	Kicho_Canutillar	32,01971	60,65350	13	Pampeana
74	Entre Ríos	Kicho_Catayzal	32,03030	60,65561	12	Pampeana
75	Entre Ríos	Kicho_Pastos cortos	32,03632	60,64979	13	Pampeana
76	Corrientes	Pajonal	29,23153	58,04616	92,6	Espinal
77	Corrientes	Pastos cortos	29,23464	58,03207	102,3	Espinal
78	Corrientes	Flechillar	29,25099	58,02337	105,7	Espinal
79	Corrientes	Stabra	29,84446	58,10522	84,4	Espinal
80	Corrientes	Virita	30,15506	58,84115	65	Espinal
81	Corrientes	Arropoi	30,13364	58,71514	66,8	Espinal
82	Corrientes	Sanluc	28,09205	56,64198	80	Espinal
83	Corrientes	Sanvicsf	29,93359	57,90867	70,3	Espinal
84	Corrientes	Sanvicf	29,93572	57,90933	70,4	Espinal
85	Corrientes	Donabe	28,92524	57,49423	69,9	Espinal
86	Corrientes	Palmitas	28,88215	57,72815	70,7	Espinal
87	Santa Fe	Gramillar de Cañada	29,46278	60,38806	58,4	Chaqueña
88	Santa Fe	Gramillar de Cañada	29,46278	60,38806	58,4	Chaqueña
89	Santa Fe	Abras	29,45055	60,38380	61,5	Chaqueña
90	Santa Fe	Monte Degradado	29,44139	60,38386	60,1	Chaqueña
91	San Luis	La Travesía	34,31031	65,90437	485	Pampeana
92	San Luis	El Tala	34,72984	66,16651	458	Pampeana
93	San Luis	El Mollar	33,72174	65,57000	571	Espinal

Distrito Fitogeográfico	Condición	PFH	PFL	PF total	Período	PMA	TMA
Seco		18	283	301	2008 - 2015	156	10,1
Seco		5	324	329	2009 - 2015	156	10,1
Bosques y prados montanos		2469	0	2469	2011 - 2014	900	17,7
Bosques y prados montanos		3859	0	3859	2011 - 2014	900	17,8
Bosques y prados montanos		4134	0	4134	2011, 2013 - 2015	900	15,6
Serrano		2281	0	2281	2011 - 2014	750	15,6
Bosques y prados montanos		1843	0	1843	2011 - 2013	750	17,8
Ñandubay	Regular	3529	sd	sd	2002 - 2014	1142	18,3
Ñandubay	Buena	3902	sd	sd	2011 - 2014	1046	18,3
Ñandubay	Buena	7490	sd	sd	2011 - 2012	937	18,5
Ñandubay	Buena	4719	sd	sd	2011 - 2012	1167	18,6
Ñandubay	Excelente	2302	sd	sd	2007 - 2014	1098	18,8
Ñandubay	Buena	5430	sd	sd	2011 - 2014	1143	18,8
Ñandubay	Buena	5402	sd	sd	2000 - 2014	1282	18,9
Ñandubay	Regular	4044	sd	sd	2000 - 2014	1250	19,1
Ñandubay	Regular	3302	sd	sd	2000 - 2014	1272	18,9
Ñandubay	Buena	4410	sd	sd	2011 - 2013	1362	19,4
Ñandubay	Buena	6479	sd	sd	2011 - 2014	1451	19,4
Ñandubay	Buena	4693	sd	sd	2011 - 2014	1335	19,4
Ñandubay	Buena	4933	sd	sd	2000 - 2014	1370	19,3
Ñandubay	Regular	3070	sd	sd	2012 - 2013	1043	19,3
Pampa Mesopotámica	Regular	2269	sd	sd	2013 - 2014	1158	18,2
Pampa Mesopotámica	Regular	3169	sd	sd	2013 - 2014	1158	18,2
Pampa Mesopotámica	Regular	3214	sd	sd	2013 - 2014	1158	18,2
Pampa Mesopotámica	Buena	7154	sd	sd	2012	1187	18,3
Pampa Mesopotámica	Buena	24475	0	24475	2012	1187	18,3
Pampa Mesopotámica	Buena	11400	0	11400	2012 - 2013	1058	18,3
Pampa Mesopotámica	Buena	11879	sd	sd	2012 - 2013	1019	18,3
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Buena	4759	0	4759	2007 - 2014	1456	19,8
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Excelente	6230	0	6230	2007 - 2014	1456	19,8
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Regular	3648	0	3648	2007 - 2014	1456	19,8
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Pobre	4187	0	4187	2007 - 2014	1088	19,6
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Buena	5274	0	5274	2009 - 2014	1084	19,5
Ñandubay (Cuchilla mesopotámica)	Regular	6038	0	6038	2010 - 2014	1097	19,5
Ñandubay (Malezal)	Regular	183	0	183	2014	1541	21,5
Ñandubay (Terrazas Río Uruguay)	Buena	7949	0	7949	2012 - 2014	1151	19,7
Ñandubay (Terrazas Río Uruguay)	Buena	9838	0	9838	2013 - 2014	1151	19,7
Ñandubay (Malezal)	Buena	7814	0	7814	2012 - 2014	1341	20,5
Ñandubay (Malezal)	Buena	5725	0	5725	2007 - 2008	1294	20,5
Oriental	Buena	8908	0	8908	1986 - 1987	1073	19,9
Oriental	Buena	6948	0	6948	1986 - 1987	1073	19,9
Oriental	Buena	2565	sd	sd	1986 - 1987	1073	19,9
Oriental	Pobre	774	sd	sd	1986 - 1987	1073	19,9
Pampeano Occidental		2609	0	2609	2012 - 2015	747	16,3
Pampeano Occidental		1387	0	1387	2012 - 2015	729	16,2
Caldén		2207	sd	sd	2014 - 2015	814	16,3

(continua en la página siguiente)

ID	Provincia	Nombre Sitio	Latitud S	Longitud O	Altitud	Provincia Fitogeográfica
94	Santiago del Estero	Las Marías	28,03681	64,29325	199	Chaqueña
95	Chubut	Ea El Maitén	42,02900	71,00875	1159	Patagónica
96	Chubut	Lino Luciano	42,03320	71,00652	1157	Patagónica
97	Chubut	La Cancha	42,79500	70,95427	960	Patagónica
98	Chubut	La Cancha	42,79833	70,95694	962	Patagónica
99	Chubut	La Cancha	42,80139	70,95194	960	Patagónica
100	Chubut	Yague	42,93990	71,17242	937	Patagónica
101	Chubut	Nahuelpan	42,94272	71,16573	875	Patagónica
102	Chubut	La Anita	43,06300	70,66275	818	Patagónica
103	Chubut	La Anita	43,06338	70,66887	816	Patagónica
104	Chubut	El Alfil Sin Quema	44,10547	70,42867	785	Patagónica
105	Chubut	El Alfil Quema	44,10634	70,42872	785	Patagónica
106	Chubut	Laguna	44,36438	70,47253	721	Patagónica
107	Chubut	Laguna	44,36531	70,47331	721	Patagónica
108	Chubut	Pedro Arregui	42,35353	70,52685	1077	Patagónica
109	Chubut	Creton	42,35662	70,52960	1077	Patagónica
110	Chubut	Cholila	42,43114	71,31838	1051	Patagónica (mallín)
111	Chubut	Cholila	42,43114	71,31838	1051	Patagónica (mallín)
112	Chubut	Durruty	44,29885	70,85878	911	Patagónica (mallín)
113	Chubut	Durruty	44,29924	70,87647	906	Patagónica (mallín)
114	Chubut	Chalet	43,98981	70,83777	941	Patagónica (mallín)
115	Chubut	Chalet	43,99018	70,83851	944	Patagónica (mallín)
116	Chubut	Crespo	44,17969	70,55563	819	Patagónica (mallín)
117	Chubut	Crespo	44,18009	70,55184	813	Patagónica (mallín)
118	Chubut	Aldea Escolar	43,12239	71,54576	726	Subantártica (mallín)
119	Chubut	Campo Exp. Río Mayo	45,39900	70,29800	594	Patagónica
120	Chubut	Campo Exp. Río Mayo	45,44100	70,30000	580	Patagónica
121	Chubut	La Ana	45,42700	70,26800	540	Patagónica
122	Chubut	Media Luna	45,58500	71,39100	823	Patagónica
123	Chubut	Alto Río Mayo	45,56700	71,31300	764	Patagónica
124	Chubut	San Felipe	44,20500	66,01500	327	Patagónica
125	Chubut	San Felipe	44,18900	66,05000	328	Patagónica
126	Chubut	La Clara	43,58800	65,38100	211	Patagónica
127	Chubut	Cerro Condor	45,03300	66,39200	33	Patagónica
128	Chubut	La Isabel	44,87400	66,11700	98	Patagónica
129	Chubut	Berna	44,29600	65,35100	56	Patagónica
130	Chubut	Las Piedritas	43,00000	64,58300	115	Monte
131	Chubut	Bahía Cracker	42,98600	65,60300	99	Monte
132	Chubut	Campo Exp. Río Mayo	45,33400	70,22700	537	Patagónica
133	Chubut	Campo Exp. Río Mayo	45,42300	70,36000	553	Patagónica
134	Santa Cruz	El Moscoso	47,19270	68,45200	244	Patagónica
135	Santa Cruz	El Moscoso	47,17113	66,96860	183	Patagónica
136	Santa Cruz	El Moscoso	47,18620	67,07161	189	Patagónica
137	Santa Cruz	Cerro Bombero	48,92136	68,39355	216	Patagónica
138	Santa Cruz	Cerro Bombero	48,93441	68,48363	218	Patagónica
139	Santa Cruz	Cerro Bombero	49,01019	68,49577	231	Patagónica

Distrito Fitogeográfico	Condición	PFH	PFL	PF total	Período	PMA	TMA
Occidental	Pobre	1434	sd	sd	1997 - 2002	651	20,5
Subandino	Buena	614	551	1165	2007 - 2015	604	6,5
Subandino	Regular	190	584	774	2007 - 2015	604	8,5
Subandino	Pobre	241	101	342	2006 - 2015	363	8,5
Subandino	Buena	403	174	577	2006 - 2015	363	8,5
Subandino	Regular	410	134	544	2006 - 2015	363	8,3
Subandino	Buena	904	385	1289	2006 - 2015	607	8,3
Subandino	Regular	672	347	1019	2006 - 2015	607	9,0
Occidental	Regular	422	227	649	2007 - 2015	123	8,6
Occidental	Pobre	275	177	452	2007 - 2015	123	8,3
Occidental	S/ quema	435	219	654	2007 - 2015	334	8,3
Occidental	C/ quema	292	101	393	2007 - 2015	334	8,6
Occidental	Pobre	322	184	506	2007 - 2015	204	8,6
Occidental	Regular	437	302	739	2007 - 2015	204	9,5
Central	Pobre	24	412	436	2007 - 2015	272	9,5
Central	Regular	106	626	732	2007 - 2015	246	9,5
Subandino	Buena	6871	26	6897	2009 - 2015	289	8,5
Subandino	Regular	7026	0	7026	2009 - 2015	484	8,5
Subandino	Buena	4899	0	4899	2009 - 2015	162	6,8
Subandino	Regular	4701	0	4701	2009 - 2015	162	6,8
Occidental	Regular	10611	0	10611	2010 - 2015	169	7,6
Occidental	Buena	11330	0	11330	2010 - 2015	115	7,6
Occidental	Buena	3272	0	3272	2006 - 2015	221	7,4
Occidental	Pobre	1493	17	1510	2006 - 20015	221	7,4
Valdiviano	Buena	7626	0	7626	1997 - 2014	983	9,1
Occidental	Buena	304	131	435	2006 y 2008-2012	155	9,1
Occidental	Regular	292	144	436	2007 - 2012	155	9,1
Occidental	Regular	266	217	483	2007 - 2012	155	6,2
Subandino	Regular	203	249	452	2007 - 2012	386	6,8
Subandino	Regular	276	131	407	2007-2008 y 2010-2012	386	11,7
Central	Regular	76	153	229	2009 - 2012	184	11,7
Central	Regular	42	239	281	2009 - 2012	184	12,3
Central	Regular	34	702	736	2011 - 2012	186	12,8
Del Golfo San Jorge	Regular	120	402	522	2012	250	12,4
Del Golfo San Jorge	Regular	13	353	366	2012	276	12,8
Del Golfo San Jorge	Regular	65	517	582	2012	242	13,0
Austral	Regular	15	426	441	2007 - 2012	306	13,1
Austral	Buena	703	0	703	2011 - 2012	172	9,2
Occidental	Buena	7099	0	7099	2006 - 2012	155	9,0
Occidental	Buena	7084	0	7084	2006 - 2012	155	11,2
Golfo San Jorge	Regular	133	221	354	2008	125	10,4
Golfo San Jorge	Regular	97	91	188	2008	125	10,4
Golfo San Jorge	Regular	141	133	274	2008	125	10,4
Central	Regular	140	105	245	2008	132	9,2
Central	Regular	182	88	270	2008	132	9,2
Central	Regular	166	69	235	2008	132	9,2

(continua en la página siguiente)

ID	Provincia	Nombre Sitio	Latitud S	Longitud O	Altitud	Provincia Fitogeográfica
140	Santa Cruz	Potrok Aike	51,94472	70,42611	191	Patagónica
141	Santa Cruz	La Leona	51,45827	69,93725	135	Patagónica (Mallín)
142	Santa Cruz	Glencross	51,82341	71,62430	167	Patagónica (Mallín)
143	Santa Cruz	Glencross-Chorrillo	51,71316	71,59783	283	Patagónica (Mallín)
144	Santa Cruz	Glencross -Laguna	51,75900	71,64150	149	Patagónica (Mallín)
145	Santa Cruz	Glencross-Morro	51,75233	71,54533	198	Patagónica (Mallín)
146	Santa Cruz	Morro Chico-El Zurdo	51,92533	71,27950	192	Patagónica (Mallín)
147	Santa Cruz	Bella Vista	51,95733	70,54566	124	Patagónica (Mallín)
148	Santa Cruz	Paliaike	51,96516	69,71350	77	Patagónica (Mallín)
149	Santa Cruz	Morro Chico-El Zurdo	51,92116	71,27983	120	Patagónica (Mallín)
150	Santa Cruz	Bella Vista	51,95650	70,54583	142	Patagónica (Mallín)
151	Santa Cruz	Paliaike	51,97316	69,71450	76	Patagónica (Mallín)
152	Santa Cruz	La Leona	51,46297	69,92680	86	Patagónica (Mallín)
153	Santa Cruz	Glencross	51,82266	71,62266	117	Patagónica (Mallín)
154	Río Negro	Km 46 Ruta Nac 250	40,43635	63,88137	53	Monte
155	Río Negro	Km 46 Ruta Nac 250	40,43635	63,88410	53	Monte
156	Río Negro	Km 46 Ruta Nac 250	40,44262	63,87919	53	Monte
157	Río Negro	Ruta Bahia Creek Km 20	40,92612	63,10328	28	Monte
158	Río Negro	Ruta Bahia Creek Km 20	40,93030	63,09924	29	Monte
159	Río Negro	Ruta Bahia Creek Km 60	41,03219	63,56138	60	Monte
160	Río Negro	Ruta Bahia Creek Km 60	41,03437	63,58818	60	Monte
161	Río Negro	Ruta Bahia Creek Km 60	41,03659	63,56002	60	Monte
162	Río Negro	"La Totora"	41,05733	63,70705	67	Monte
163	Río Negro	"La Totora"	41,05736	63,72914	67	Monte
164	Río Negro	"La Totora"	41,05736	63,70974	67	Monte
165	Río Negro	Sierra Colorada (Serra)	40,00810	67,62708	461	Monte
166	Río Negro	Sierra Colorada (Serra)	40,00812	67,67035	494	Monte
167	Río Negro	Sierra Colorada (Suarez)	40,24919	67,42508	504	Monte
168	Río Negro	Sierra Colorada (Uriz)	40,24919	67,42508	504	Monte
169	Río Negro	Ea. Don Pedro Menucos	40,99552	67,63100	799	Monte
170	Río Negro	Ea. Don Pedro Menucos	40,98110	67,65867	709	Monte
171	Río Negro	Cerro Policía (Arreche)	39,73550	68,69689	563	Monte
172	Río Negro	Cerro Policía (Arreche)	39,75906	68,70186	576	Monte
173	Río Negro	Cerro Policía (Faundez)	39,74714	68,89947	575	Monte
174	Río Negro	Cerro policía (Indaver)	39,92208	68,76056	668	Monte
175	Río Negro	Cerro policía (Indaver)	39,92208	68,73211	683	Monte
176	Neuquén	Chos Malal	37,33330	70,10000	1440	Patagónica
177	Neuquén	Chos Malal	37,19890	69,58330	862	Patagónica (Mallín)
178	Neuquén	Tromen	37,97670	69,63100	1288	Patagónica
179	La Pampa	Chacharramendi	37,36667	65,76667	249	Espinal

Tabla 1. Caracterización de los sitios incluidos en la red de monitoreo forrajero. Incluye la ubicación geográfica (grados), la altitud (m), la identidad florística – fisonómica (provincia y distrito fitogeográfico según Cabrera, 1976), la condición ecológica, la producción forrajera herbácea (PFH), leñosa (PFL) y total (PFH + PFL) expresadas en $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, el período para el cual se promediaron los datos de PFH y PFL, la precipitación media anual (PMA en mm, estimada a partir de pluviómetros ubicados en los sitios de estudio, excepto en aquellos sitios sin pluviómetro para los cuales se extrajo el dato desde la base de datos de Global Climate data (<http://www.worldclim.org/bioclim>) y la temperatura media anual (TMA en °C obtenida desde la base de datos Global Climate data (<http://www.worldclim.org/bioclim>)).

Distrito Fitogeográfico	Condición	PFH	PFL	PF total	Período	PMA	TMA
Magallánico	Buena	435	476	911	2009 - 2014	180	7,1
Magallánico	Buena	3608	0	3608	2004 - 2005	288	6,4
Magallánico	Buena	7022	0	7022	2004 - 2005	280	6,1
Magallánico	Buena	937	0	937	2011 - 2012	280	6,3
Magallánico	Buena	1968	0	1968	2011 - 2012	280	6,3
Magallánico	Buena	1263	0	1263	2011 - 2012	280	6,3
Magallánico	Buena	3049	0	3049	2011 - 2012	203	6,4
Magallánico	Buena	3070	0	3070	2011 - 2012	233	6,6
Magallánico	Buena	2762	0	2762	2011 - 2012	257	6,3
Magallánico	Regular	375	0	375	2011 - 2012	203	6,4
Magallánico	Regular	850	0	850	2011 - 2012	233	6,6
Magallánico	Regular	1902	0	1902	2011 - 2012	257	6,3
Magallánico	Buena	1225	0	1225	2004 - 2005	288	6,9
Magallánico	Buena	1694	0	1694	2004 - 2005	280	6,3
Oriental	Buena	770	sd	sd	2009 - 2012	341	14,7
Oriental	Buena	691	sd	sd	2009 - 2012	341	14,7
Oriental	Pobre	377	sd	sd	2009 - 2012	341	14,7
Oriental	Buena	731	sd	sd	2009 - 2012	324	14,1
Oriental	Pobre	640	sd	sd	2009 - 2012	324	14,1
Oriental	Buena	951	sd	sd	2009 - 2012	359	14,2
Oriental	Pobre	721	sd	sd	2009 - 2012	359	14,2
Oriental	Regular	818	sd	sd	2009 - 2012	359	14,2
Oriental	Regular	796	sd	sd	2009 - 2012	303	14,2
Oriental	Pobre	575	sd	sd	2009 - 2012	288	14,2
Oriental	Buena	685	sd	sd	2009 - 2012	303	14,2
Austral	Buena	180	155	335	2003 - 2005	190	12,9
Austral	Regular	30	60	90	2003 - 2005	187	12,9
Austral	Regular	214	70	284	2003 - 2005	203	12,9
Austral	Buena	230	118	348	2003 - 2005	203	12,9
Austral	Regular	15	300	315	2003 - 2005	191	11,4
Austral	Regular	5	270	275	2003 - 2005	191	11,4
Austral	Regular	4	537	541	2009	135	12,4
Austral	Pobre	20	73	93	2009	135	12,4
Austral	Buena	112	28	140	2009	130	12,4
Austral	Regular	11	149	160	2009	141	11,7
Austral	Buena	2	378	380	2009	141	11,7
Occidental		359	485	844	2011	359	8,2
Occidental		1508	0	1508	2011	164	13,6
Occidental		282	613	895	2011	167	11,3
Caldén (Ecotono Monte)	Pobre	743	sd	sd	2007 - 2011	435	15,3

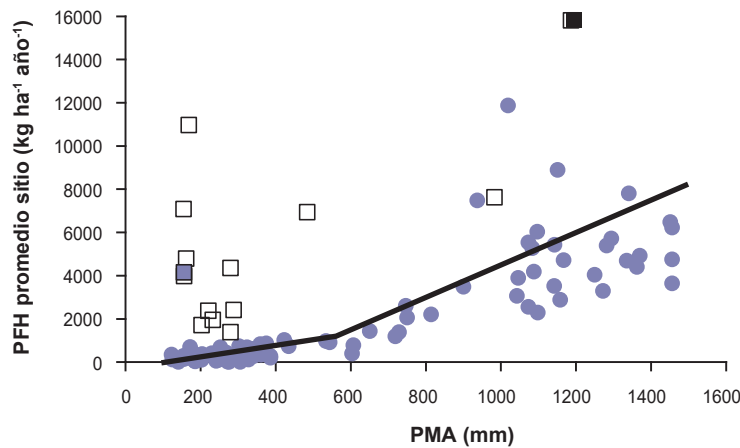


Figura 3. Relación entre la productividad forrajera herbácea (PFH) de cada sitio de muestreo (promediando todas las condiciones) y la precipitación media anual (PMA). Círculos corresponden a todos aquellos sitios que no son humedales (grises). Los cuadrados vacíos corresponden a mallines patagónicos, el cuadrado negro corresponde a humedales de islas del Delta del río Paraná y el cuadrado gris a vegas de la Puna. La relación PFH – PMA (línea negra) para sitios que no son humedales se realizó con regresión no lineal con punto de quiebre ($PFH = 1,82 PMA - 1,76$ [para $100 \text{ mm} < PMA < 540 \text{ mm}$] y $PFH = 5,83 PMA - 2167$ [para $540 \text{ mm} < PMA < 1500 \text{ mm}$]; $r^2 = 0,80$).

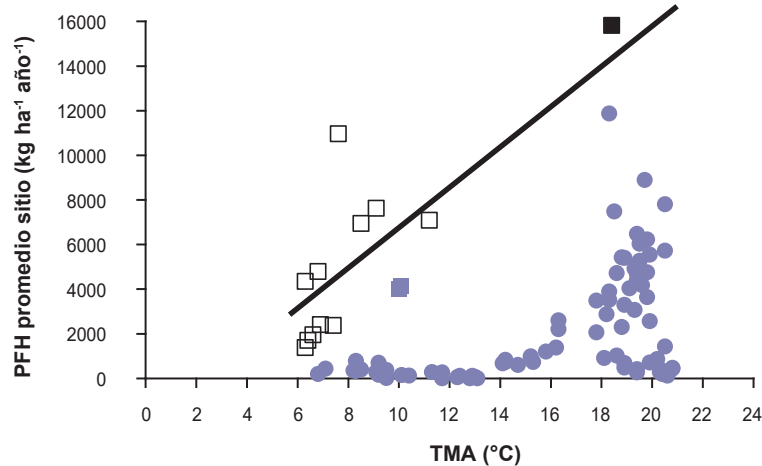


Figura 4. Relación entre la productividad forrajera herbácea (PFH) de cada sitio de muestreo (promediando todas las condiciones) y la temperatura media anual (TMA). Círculos grises corresponden a todos aquellos sitios que no son humedales. Los cuadrados vacíos corresponden a mallines Patagónicos, el cuadrado negro corresponde a humedales de islas del Delta del río Paraná y ese cuadrado no es gris a vegas de la Puna. La relación entre PFH de humedales y TMA (línea negra) se estimó mediante regresión lineal simple ($PFH = 1001 TMA - 3286$; $r^2 = 0,6229$, para $6 \text{ °C} < TMA < 22 \text{ °C}$).

Mientras las condiciones pobres se detectan en áreas cercanas a las aguadas, para las cuales el efecto del pastoreo es más intenso y frecuente (Blanco *et al.*, 2008; Blanco *et al.*, 2016), las condiciones regulares y buenas se observan en sectores más alejados de las aguadas.

Está bien documentado que la mitad de la superficie de la región ganadera de La Rioja se encuentra en evidente estado de desertificación, afectando la producción secundaria de los sistemas ganaderos (Biurrun *et al.*, 2015). Así,

en pastizales de La Rioja en condición regular o buena, se necesitarían 15 ha para mantener un equivalente vaca. En cambio, en pastizales de condición pobre de la misma región, es necesario 44 ha para sostener un equivalente vaca (con el mismo factor de uso = 30%).

En los mallines patagónicos de Chubut no se observaron diferencias de PFH y PFL entre la condición buena/regular y la pobre ($p > 0,05$, figura 6). Las diferencias de PFH entre condiciones, más marcadas en los sitios de La Rioja que

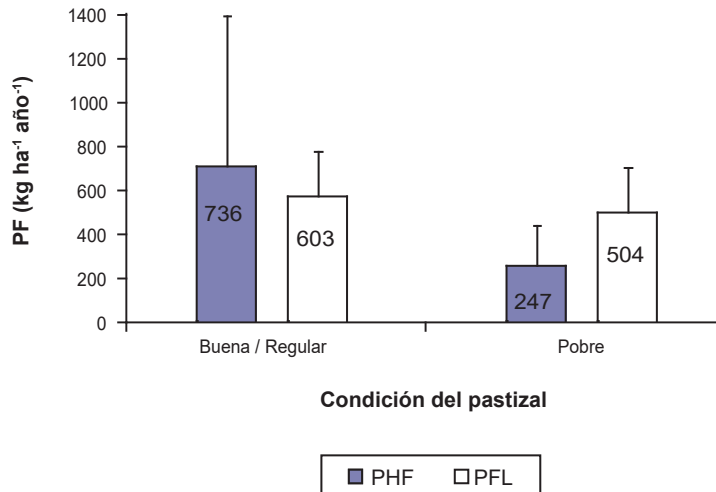


Figura 5. Contraste de la productividad forrajera herbácea (PFH) y leñosa (PFL) de 13 pares de sitios de condición regular - buena versus condición pobre (apareados), en el extremo seco del distrito occidental de la provincia fitogeográfica chaqueña en La Rioja. Las líneas negras verticales encima de las barras indican 1 desvío estándar.

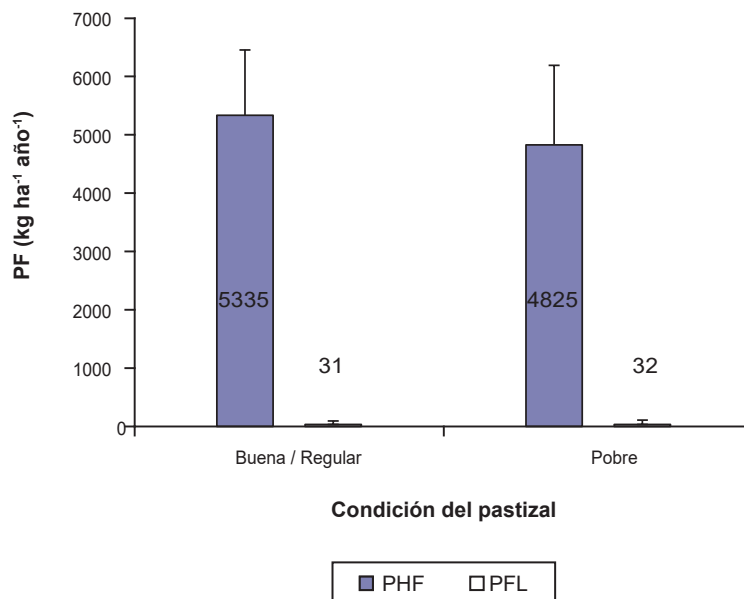


Figura 6. Contraste de la producción forrajera herbácea (PFH) y leñosa (PFL) de 5 pares de sitios de condición buena versus condición pobre (apareados) correspondientes a mallines de la provincia fitogeográfica patagónica en Chubut. Las líneas negras verticales encima de las barras indican 1 desvío estándar.

en los mallines de Chubut, pueden responder a que sitios con mayor disponibilidad de recursos (por ejemplo, agua) podrían ser más resilientes frente a un disturbio como el pastoreo gracias a que incrementan la diversidad de especies con la intensidad de este (Milchunas *et al.*, 1988). Sin embargo, algunos estudios previos indicarían que la PFH de los mallines sería impactada negativamente por el pastoreo continuo y severo durante largo tiempo (Enriquez *et*

al., 2015), afectando además el ciclo de carbono (Enriquez *et al.*, 2017; Enriquez y Cremona, 2017).

CONCLUSIONES

En este estudio se resume la información de productividad forrajera de 179 sitios distribuidos en las regiones extrapampeanas de Argentina, evaluados casi simultáneamente duran-

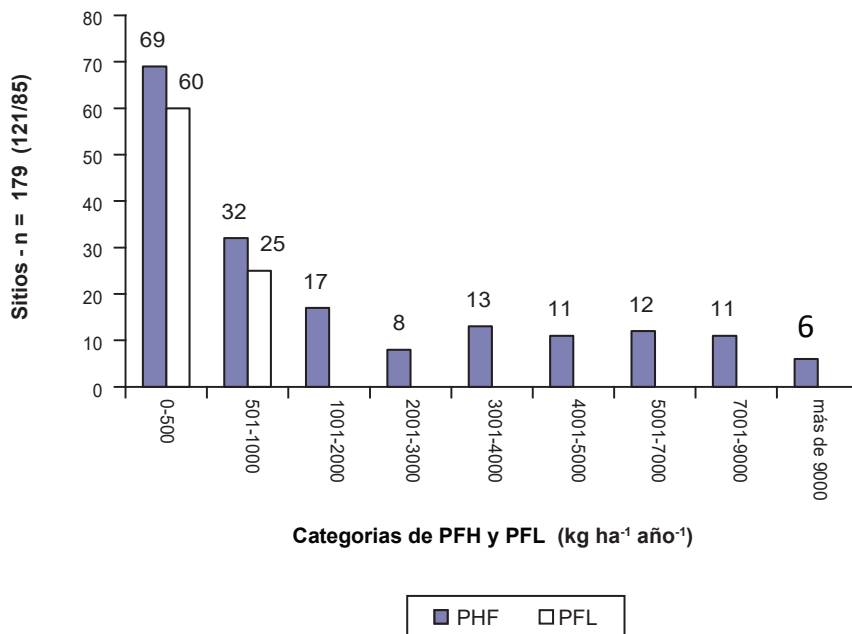


Figura 7. Distribución de los 179 sitios de monitoreo (cantidad) en clases de la productividad forrajera herbácea (PFH, barras oscuras) y leñosa (PFL, barras claras), de los cuales 121 tenían vegetación herbácea y leñosa, pero solo en 85 se estimó PFL.

te la última década y con metodologías similares de medición, lo cual le confiere un nivel de estandarización y comparabilidad inédito en Argentina. Se identificaron zonas vacantes donde sería importante incorporar nuevos sitios de monitoreo para mejorar la cobertura espacial de la red nacional de monitoreo forrajero. Se resalta la importancia de darle continuidad al monitoreo, de manera de aumentar la robustez de los datos y poder evaluar tendencias en el largo plazo, sobre todo teniendo en cuenta el deterioro de los recursos que se ha documentado para algunas de las regiones.

Los datos provistos en este estudio son un aporte como material de consulta para tomadores de decisión a escala regional (nación, provincia o departamento). Así, la elaboración de planes y proyectos para el desarrollo del sector ganadero debe contemplar los "límites" forrajeros regionales, y brindar un marco de sustentabilidad a las propuestas. En este sentido, los datos, planteos analíticos y modelos aquí presentados pueden ser tenidos en cuenta para establecer niveles de receptividad acordes a la potencialidad de los ambientes involucrados.

Finalmente, los datos aquí provistos proveen la base para desarrollar y calibrar modelos de estimación de la productividad forrajera de la vegetación nativa, ya sea a partir de datos satelitales, a través de modelos de simulación, o la combinación de ambos. En la medida que se cuente con series temporales más largas de productividad forrajera para cada sitio, se podrá generar información más útil para la planificación forrajera predial, y evaluar los controles de la variación temporal de la productividad.

AGRADECIMIENTOS

A los productores ganaderos por permitir instalar los sitios de monitoreo forrajero en sus establecimientos. A los extensionistas de INTA por colaborar en la selección de los sitios de monitoreo. A los siguientes colegas y personal de apoyo de campo por colaborar en el muestreo: Diego Celadrán, Juan Escobar, Ivana Clich, Adriana Beider, Alfonso Beloqui, Javier Gonzalez, Erica Colombani, Erica Llanos, Alicia I. Kröpfl, Hugo Giorgetti, Natalia Villasusso, Maria Eugenia Vivar, Gervasio Humano, Martín Villa, Osvaldo Burato, Tedy Lloyd, Edgar Sebastián Villagra, Humberto Moraga, Luis Ahumada, Maximiliano Zamboni, Ariel Herrera, Alicia Sancho, Simon Corzo, Emanuel Luna Toledo, Leonardo Riva de Neyra, Nicolás Zarate, Miguel Artaza, Cesar Flores, Isidoro Ahumada, Pedro R. Namur, Ariel Herrera, Armando Ricarte, Raul Díaz, Carlos Ferrando, Jorge Burns, Juan Fonseca, Jorge Dupleich, Milena Noir, María José Mametto, Adela Noir, Soraya Tymkow, Olga Cardona, Sonia Gyukits y Rubén Cimino. A dos revisores anónimos por sus valiosas sugerencias. Este trabajo fue financiado por: Proyecto Específico PNPA 1126074 "Desarrollo, Integración y Transferencia de Tecnologías para Manejo Sustentable de Servicios de la Vegetación Natural para Fines Ganaderos" (INTA), "Diagnóstico, planificación, seguimiento y prospección forrajera en sistemas ganaderos" (INTA, FAUBA, AACREA y MINAGRI) cofinanciado por IPCVA y PID N° 2013-0051, con el aporte financiero de los Proyectos Regionales con Enfoque Territorial (INTA) que desarrollan actividades en las provincias incluidas en la Red nacional de monitoreo de pastizales naturales y las unidades ejecutoras de la Ley Ovina en las provincias patagónicas.

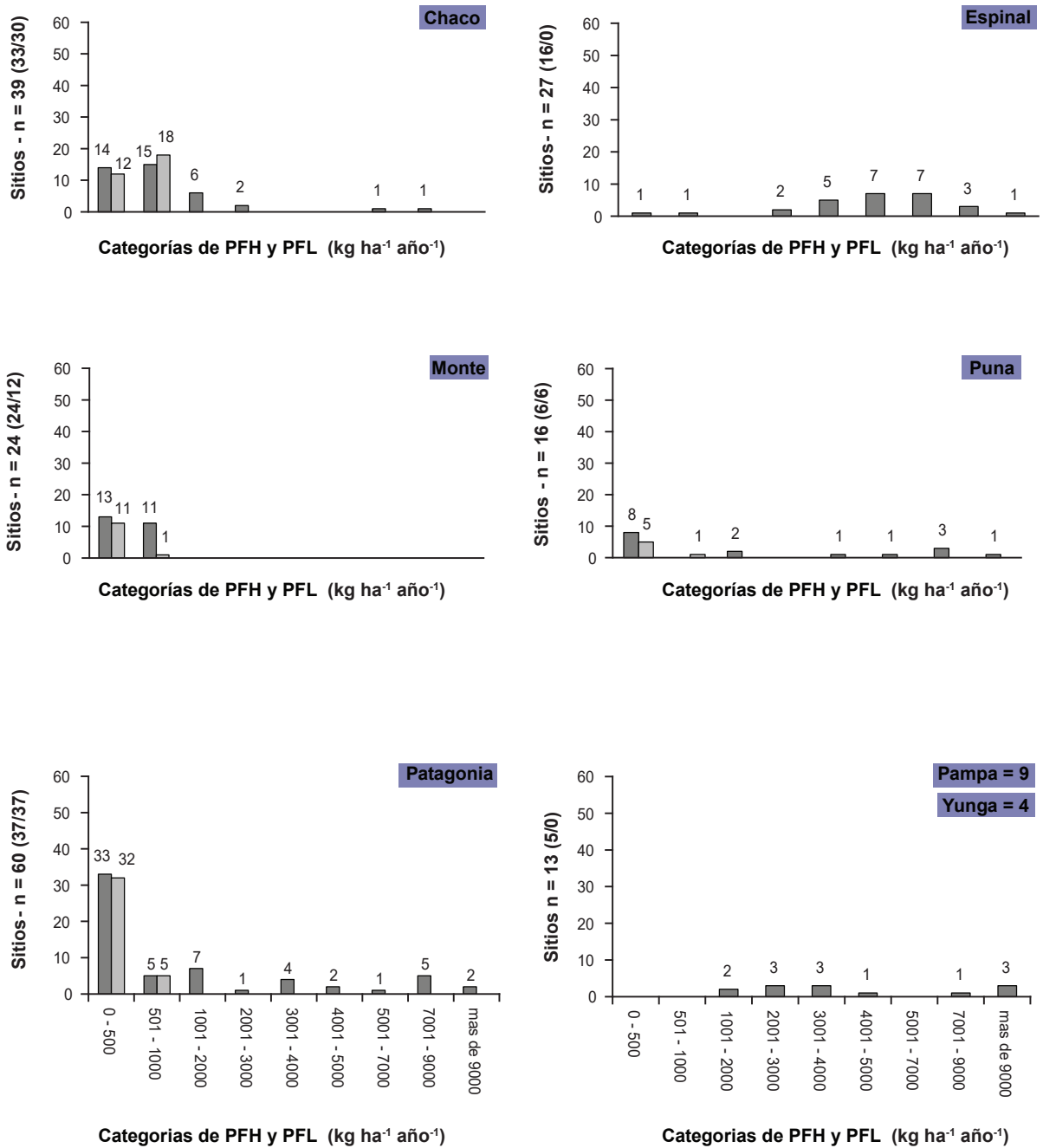


Figura 8. Distribución de los 179 sitios de monitoreo (cantidad) en clases de productividad forrajera herbácea (PFH) y leñosa (PFL) dentro de cada una de las provincias fitogeográficas de Argentina. En el eje de las ordenadas de cada gráfico se menciona el número total de sitios monitoreados (n) para cada provincia fitogeográfica, aclarando entre paréntesis la cantidad de sitios con vegetación leñosa y en cuanto de ellos se evaluó PFL.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMOLI, J.; SENHAUSER, E.; ACERO, J. M.; RESCIA, A. 1972. Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina. *Journal of Biogeography* 1: 491-500.

AGUILERA, M.O. 2003. Uso ganadero de pastizales naturales de San Luis. En: AGUILERA, M.O.; PANIGATTI, J.L. (Eds.). *Con las metas claras*. 89-124 pp.

ANDERSON, D.L.; DEL AGUILA, J.A.; MARCHI, A.; VERA, J.C.; ORIONTE, E.L.; BERNARDÓN, A. 1980. Manejo racional de un campo en la región árida de los Llanos de La Rioja, Parte I, INTA, Bs. As., 1-61 pp.

ANDERSON, D.L.; BONVISSUTO, G.L.; BRIZUELA, M.A.; CHIOSSONE, G.; CIBILS, A.F.; CID, M.S.; FELDMAN, I.; FERNANDEZ GRECCO, R.C.; KUNST, C.; OESTERHELD, M.; OLIVA,

- G.E.; PARUELO, J.M.; PEINETTI, H.R.; VILLAGRA, E.S. 2011. Perspectives on Rangeland Management Education and Research in Argentina. *Rangelands* 33 (1): 2-12.
- BAI, Y.; WU, J.; XING, Q.; PAN, Q.; HUANG, J.; YANG, D.; HAN, X. 2008. Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology* 89 (8): 2140-2153.
- BALLING, C.; KLOPATEK, J.; HILDEBRANDT, M.; MORITZ, C.; WATTS, C. 1998. Impacts of land degradation on historical temperature records from the Sonoran Desert. *Climatic Change* 40: 669-681.
- BIURRUN, F.; CABIDO, M.; BLANCO, L. 2015. Consideraciones sobre la vegetación de la provincia de La Rioja y su estado de conservación. En: CASAS, R.; ALBARRACÍN, G. (Eds.). *El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura –FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua – PROSA. Tomo I, 485-503 pp.
- BLANCO, L.J.; AGUILERA, M.O.; PARUELO, J.M.; BIURRUN, F.N. 2008. Grazing effect on NDVI across an aridity gradient in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 72 (5): 764-776.
- BLANCO, L.J.; FERRANDO, C.A.; BIURRUN, F.N. 2009. Remote sensing of spatial and temporal vegetation patterns in two grazing systems. *Rangeland Ecology & Management* 62 (5): 445-451.
- BLANCO, L.; PARUELO, J.; OESTERHELD, M.; BIURRUN, F. 2016. Spatial and temporal patterns of herbaceous primary production in semi-arid shrublands: a remote sensing approach. *Journal of vegetation science*, 716-727. Doi: 10.1111/jvs.12398
- BORRELI, P.; OLIVA, G. 2001. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral: Tecnología de manejo extensivo. Ediciones INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1-281 pp.
- BRIGGS, J.M.; KNAPP, A.K. 1995. Interannual variability in primary production in tallgrass prairie: climate, soil moisture, topographic position, and fire as determinants of aboveground biomass. *American Journal of Botany* 82: 1024-1030.
- BRYANT, N.; JOHNSON, L.; BRAZEL, J.; BALLING, R.; HUTCHINSON, C.; BECK, L. 1990. Measuring the effect of overgrazing in the Sonoran Desert. *Climatic Change* 17: 243-264.
- CABRERA, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* (Segunda edición). Tomo II, Fase I. Editorial Acme. Buenos Aires, 1-85 pp.
- COCIMANO, M.; LANGE, A.; MENVIELLE, E. 1975. Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Revista Argentina de Producción Animal* 4: 161-190.
- DEMARÍA, M. 2015. Avance de la frontera agrícola sobre el pastizal pampeano semiárido de San Luis. En: CASAS, R.; ALBARRACÍN, G. (Eds.). *El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura –FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua – PROSA. Tomo I, 475-484 pp.
- DEMARÍA, M.R.; MARTINI, J.P.; STEINAKER, D.F. 2016. Actualización del límite occidental del pastizal pampeano. *Ecología Austral* 26 (1): 59-63.
- DI BELLA, C.M.; NEGRI, I.J.; POSSE, G.; JAIMES, F.R.; JOBÁGY, E.G.; GARBULSKY, M.F.; DEREGIBUS, V.A. 2009. Forage production of the Argentine pampa region based on land use and long-term Normalized Difference Vegetation Index data. *Rangeland Ecology & Management* 62 (2): 163-170.
- DYKSTERHUIS, E.J. 1949. Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *Journal of Range Management* 2 (3): 104-115.
- DURANTE, M.; OESTERHELD, M.; PIÑEIRO, G.; VASSALLO, M.M. 2014. Estimating forage quantity and quality under different stress and senescent biomass conditions via spectral reflectance. *International Journal of Remote Sensing* 35 (9): 2963-2981.
- ELISSALDE, N.; ESCOBAR, J.; NAKAMATSU, V. 2002. Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiárida de la Patagonia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Patagonia sur. EEA Chubut, Trelew, 1-41 pp.
- ENRIQUEZ, A.S.; CHIMNER, R.A.; CREMONA, M.V.; DICHL, P.; BONVISSUTO, G. 2015. Grazing intensity levels influence C reservoirs of wet and mesic meadows along a precipitation gradient in Northern Patagonia. *Wetland Ecology and Management* 23:439-451.
- ENRIQUEZ, A.S.; CREMONA, M.V. 2017. Particulate organic carbon is a sensitive indicator of soil degradation related to overgrazing in Patagonian wet and mesic meadows. *Wetlands Ecology and Management* 1-13. doi:/10.1007/s11273-017-9577-4
- Global Climate data. (Disponible: <http://www.worldclim.org/bio-clim> verificado: 2016).
- GOLLUSCIO, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología austral* 19 (3): 215-232.
- GRIGERA, G.; OESTERHELD, M.; PACÍN, F. 2007. Monitoring forage production for farmers' decision-making. *Agricultural Systems* 94 (3): 637-648.
- HOLECHEK, J.R.; PIEPER, D.; HERBEL, C.H. 2004. Range management: principles and practices. 5th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, EUA.; 587 p.
- HOLM, A.M.; CRIDLAND, S.W.; RODERICK, M.L. 2003. The use of time-integrated NOAA NDVI data and rainfall to assess landscape degradation in the arid shrubland of Western Australia. *Remote Sensing of Environment* 85 (2): 145-158.
- KUNST, C. 2015. Los ecosistemas y la vegetación del Chaco: dinámica y estado actual. En: CASAS, R.; ALBARRACÍN, G. (Eds.). *El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura –FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua –PROSA. Tomo I, 455-474 pp.
- KUNST, C.; MONTI, E.; PÉREZ, H.; GODOY, J. 2006. Assessment of the rangelands of southwestern Santiago del Estero, Argentina, for grazing management and research. *Journal of Environmental Management* 80 (3): 248-265.
- LAUENROTH, W.K. 1979. Grassland primary production: North American grasslands in perspective. *Perspectives in grassland ecology*. Springer Nueva York, 3-24 pp.
- LAUENROTH, W.K.; SALA, O.E., 1992. Long-term forage production of North American shortgrass steppe. *Ecological Applications* 2: 397-403.
- LE HOUEROU, H.N.; BINGHAM, R.L.; SKERBEK, W. 1988. Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of arid Environments* 15 (1): 1-18.
- LEÓN, R.J.; ANDERSON, D.L. 1983. El límite occidental del pastizal pampeano. *Tuexenia* 3: 67-83.
- LEÓN, R.J.; BRAN, D.; COLLANTES, M.; PARUELO, J.M.; SORIANO, A. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8 (2): 125-144.
- LIETH, H. 1975. Modeling the primary productivity of the world. *Primary productivity of the biosphere*. Springer Berlin Heidelberg, 237-263 pp.
- LONG, G. 1968. Conceptions générales sur la cartographie biogéographique intégrée de la végétation et de son ecologie. *Docu-*

ment 46. Centre d'études phytosociologique et ecologique. CNRS. Montpellier.

MILCHUNAS, D.G.; SALA, O.E.; LAUENROTH, W. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist* 132 (1): 87-106.

NAKAMATSU, V.; GAITÁN, J.; BONVISSUTO, G. 2015. Deterioro de pastizales y desertificación en la Patagonia Argentina. En: CASAS, R.; ALBARRACÍN, G. (Eds.). *El Deterioro del Suelo y del Ambiente de la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura –FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua – PROSA. PROSA. Tomo I, 519-542 pp.

NOY-MEIR, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annual review of ecology and systematics* 4: 25-51.

OLIVA, G.; GAITAN, J.; FERRANTE, D. 2016. Humans cause deserts: evidence of irreversible changes in Patagonia's rangelands. En: BEHNKE, R.; MORTIMORE, M. (ed.). *The End of Desertification? Disputing Environmental Change in the Drylands*. Springer.

PARUELO, J.M.; LAUENROTH, W.K. 1996. Relative abundance of plant functional types in grasslands and shrublands of North America. *Ecological Applications* 6 (4): 1212-1224.

PARUELO, J.M.; LAUENROTH, W.K.; BURKE, I.C.; SALA, O.E. 1999. Grassland precipitation-use efficiency varies across a resource gradient. *Ecosystems* 2 (1): 64-68.

PASSERA, C.B.; DALMASSO, A.D.; BORSETTO, O. 1986. Método de "Point Quadrat Modificado". *Actas del Taller de Arbustos Forrajeros*. Grupo Regional FAO-IADIZA, Mendoza, 71-80 pp.

PICKUP, G.; CHEWINGS, V.H. 1994. A grazing gradient approach to land degradation assessment in arid areas from remotely sensed data. *Remote Sensing* 15 (3): 597-617.

QUIROGA, R.E.; BLANCO, L.J.; FERRANDO, C.A. 2009. A case study evaluating economic implications of two grazing strategies for cattle ranches in northwest Argentina. *Rangeland Ecology & Management* 62 (5): 435-444.

QUIROGA, E.; QUIROGA, A.; AHUMADA, L.; BIURRUN, F.; AGÜERO, W. 2013. Productividad de la vegetación y capacidad de carga ganadera en las regiones naturales de Catamarca. *INTA Serie Estudios sobre el Ambiente y el Territorio* 7 (13):1-19.

RAGONESE, A.E. 1967. *Vegetación y ganadería en la República Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, 1-218 pp.

ROBBINS, K.R.; SAXTON, A.M.; SOUTHERN, L.L. 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. *Journal of Animal Science* 84 (13): 155-165.

RUTHERFORD, M.C. 1980. Annual plant production-precipitation relations in arid and semi-arid regions. *South African Journal of Science* 76 (2): 53-56.

SALA, O.E.; AUSTIN, A.T. 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. *Methods in ecosystem science*. Springer, Nueva York, 31-43 pp.

SALA, O.E.; GHERARDI, L.A.; REICHMANN, L.; JOBBAGY, E.; PETERS, D. 2012. Legacies of precipitation fluctuations on primary production: theory and data synthesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 367 (1606): 3135-3144.

SALA, O.E.; PARTON, W.J.; JOYCE, L.A.; LAUENROTH, W.K. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology* 69 (1): 40-45.

SEPA. Herramientas satelitales para el seguimiento de la producción agropecuaria. (Disponible: <http://www.sepa.inta.gov.ar/> verificado: 03 de noviembre de 2016).

SIFFREDI, G.L. 2012. *Guía de evaluación del pastoreo de cuados*. Ediciones INTA, 1-33 pp.

SIGSA. (Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales, Dirección Nacional de Sanidad Animal, SENASA). (Disponible <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/informacion/informes-y-estadisticas> verificado: 2016).

SISTEMA NACIONAL DE DIAGNÓSTICO, PLANIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y PROSPECCIÓN FORRAJERA EN SISTEMAS GANADEROS. (Disponible: <http://www.produccionforrajes.org.ar/> verificado: 2016).

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1989. 'Statistical Methods', 8th Edition. Iowa State Univ. Press, EUA.

SORIANO, A. 1991. Rio de la Plata Grasslands. En: Coupland, R.T. (Ed.). *Ecosystems of the World. Natural Grasslands: Introduction and Western Hemisphere*. Elsevier, Nueva York, 367-407 pp.

THORMANN, M.N.; BAYLEY, S.E. 1997. Aboveground net primary production along a bog-fen-marsh gradient in southern boreal Alberta, Canada. *Ecoscience*, 4 (3): 374-384.

WALTER, H. 1939. *Grasland, Savanne und Busch der arideren Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedingtheit*. *Jahrb Wiss Bot.* 87: 750-860.

WORLDCLIM, GLOBAL CLIMATE DATA. Free climate data for ecological modeling and GIS. Version 1.4. (Disponible: <http://www.worldclim.org/> verificado: 22 de noviembre de 2016).