Ecología Austral 19:3-18. Abril 2009
Asociación Argentina de Ecología

Divergencias en la estimación de receptividad ganadera en el noroeste de la Patagonia: diferencias conceptuales y consecuencias prácticas

Rodolfo A Golluscio [1, ✉], Hugo Bottaro [2], Daniel Rodano [3], Martín F Garbulsky [1, *], Segundo Bobadilla [2], Osvaldo Buratovich [2] & Martín Villa [2]

1. *Cátedra de Forrajicultura, Fac. de Agronomía (UBA), IFEVA (UBA/CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.*
2. *EEA INTA, Esquel.*
3. *Administración de Parques Nacionales, Esquel.*

Resumen. La estimación correcta de la capacidad de carga ganadera podría contribuir a detener algunos de los procesos de desertificación inducidos por el pastoreo en la Patagonia. En la actualidad se utilizan diferentes métodos de estimación, pero ninguno puede ser considerado "a priori" como método de referencia. En este trabajo se compararon las estimaciones obtenidas por los dos métodos más difundidos en el noroeste de la Patagonia: el Método de la Productividad Primaria Neta Aérea (MPPNA) y el Método del Valor Pastoral (MVP). El análisis se realizó en 119 sitios del noroeste del Chubut, que abarcaron un rango muy amplio de productividades (130 a 2100 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}). En general, la estimación obtenida por el MPPNA resultó mayor que la obtenida por el MVP, y la diferencia aumentó a medida que aumentó la PPNA. Se utilizó la técnica del Análisis de Sendero para estudiar los determinantes de los resultados obtenidos por ambos métodos y de la diferencia entre ellos. Las estimaciones por el MPPNA dependieron de la PPNA de manera casi exclusiva, ya que el otro componente importante en su cálculo (el Índice de Cosecha) también es función de la PPNA. Por su parte, las estimaciones por el MVP dependieron de forma más estrecha de la estimación del Forraje Consumido con anterioridad a la medición que del Valor Pastoral del stand al momento de la evaluación (VPstand), utilizado para estimar el Forraje Remanente en ese momento. El VPstand, por su parte, mostró una dependencia mucho más marcada respecto a la Cobertura Forrajera que respecto al VP de la vegetación en sí (VPveg). Por último, como era de esperar, la diferencia entre ambas estimaciones se hizo mayor al aumentar la PPNA y al disminuir la cantidad de forraje consumido con anterioridad a la evaluación. La diferencia también creció al aumentar el VPstand, pero ese patrón obedeció a un efecto enmascarado de la PPNA, ya que los sitios con mayor VPstand también tuvieron mayor cobertura forrajera y PPNA. El análisis realizado sugiere que el MPPNA provee una estimación del límite superior de la receptividad mientras que el MVP provee una estimación de su límite inferior. Las estimaciones de receptividad mejorarán en la medida que se desarrollen modelos más confiables para estimar el Índice de Cosecha y el Forraje Remanente al momento de la evaluación, que reduzcan la sensibilidad a la PPNA del primero y aumenten la sensibilidad del segundo.

[Palabras clave: desertificación, pastoreo, índice de cosecha, valor pastoral]

✉ Cátedra de Forrajicultura, Fac. Agronomía (UBA); IFEVA (UBA/CONICET). Av. San Martín 4453, (C1417DSE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
gollusci@agro.uba.ar
* Domicilio actual: CREAF – Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Recibido: 3 de junio de 2008; Fin de arbitraje: 1 de octubre de 2008; Revisión recibida: 17 de noviembre de 2008; Aceptado: 14 de diciembre de 2008

ABSTRACT. Divergences in carrying capacity estimation in North-western Patagonia: conceptual differences and practical consequences: An effective estimate of the carrying capacity of different vegetation types would contribute to reduce some grazing-induced desertification processes in Patagonia. At present there are several methods in use. However, none can be considered "a priori" as the reference-method. In this study, we compared the estimates obtained by two commonly used in northwestern Patagonia, Aboveground Net Primary Productivity Method (MPPNA) and Pastoral Value Method (MVP). Using both methods, we calculated the carrying capacity for 119 sites encompassing a wide range of ANPP (130 to 2100 kg $DM.ha^{-1}.y^{-1}$). Estimates obtained using MPPNA were generally higher than those obtained using MVP, and the difference widened as ANPP increased. We used Path Analysis to identify the determinants of both estimates and their difference. MPPNA values depend mainly on ANPP, as the other component of the metric (Harvest Index) is also calculated as a function of ANPP. On the other hand, MVP values are more strongly dependent on the value of Forage Consumed prior to measurement than on the Pastoral Value of the stand at that time (VPstand), as the latter is used to estimate the amount of Forage Available at the time of measurement. VPstand, in turn, depends more on Forage Cover than on the VP of the vegetation (VPveg). As expected, the difference between the two carrying capacity estimates widened as ANPP increased and as Forage Consumed prior to measurement decreased. The difference between estimates also broadened as VPstand increased, reflecting an indirect effect of ANPP as sites of high VPstand had also high ANPP and forage cover. The analysis suggests that MPPNA and MVP provide the upper and lower limits, respectively, to carrying capacity estimates. These estimates could be improved by developing more reliable models for the estimation of Harvest Index and Forage Available at the time of measurement, reducing the sensitivity to ANPP of the first variable and increasing the sensitivity to ANPP of the second.

[Keywords: desertification, grazing, harvest index, pastoral value]

INTRODUCCIÓN

La Patagonia está afectada por procesos de desertificación que en algunas zonas alcanzan dimensiones dramáticas (León & Aguiar 1985; Soriano & Movia 1986; Del Valle et al. 1998). Una de las consecuencias más frecuentes de tales procesos es la reducción de la productividad secundaria (Dodd 1994). De hecho, las existencias ganaderas de la región patagónica disminuyeron desde un máximo de 29 millones de unidades ganaderas ovinas en 1952 a un valor relativamente estable de 16.5 millones a partir de 1996 (INDEC 2002; Huerta & Méndez Casariego 2004). Esta caída del stock ganadero no se debió a decisiones voluntarias de los productores sino a disminuciones espontáneas de las tasas de natalidad y a aumentos en las tasas de mortalidad (Golluscio et al. 1998a; Texeira & Paruelo 2006). Ese deterioro de los parámetros poblacionales de las majadas ovinas estaría asociado a la caída en la disponibilidad de alimento. A su vez, la disminución de la disponibilidad de forraje se debería a la conjunción de muerte de individuos de especies forrajeras como resultado del sobrepastoreo y de dificultades extremas que el clima le impone al reestablecimiento de las plántulas de forrajeras (Bertiller 1996; Golluscio et al. 1998b). La detención del proceso mencionado depende, en primera instancia, de la capacidad de los productores para adecuar de manera consciente la carga animal a la receptividad de los recursos forrajeros que la sustentan.

La receptividad ganadera (o capacidad de carga) es la cantidad máxima de animales que un área puede sostener sin deteriorar los recursos forrajeros, manteniendo a su vez un nivel de producción adecuado a los objetivos empresarios y a las opciones de manejo disponibles (Dankwerts 1989; Society for Range Management 1989; Holechek et al. 1989; Scarnecchia 1990). La receptividad está estrechamente ligada a la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) de los ecosistemas (McNaughton et al. 1989; Sala & Austin 2000). En efecto, si todos los años los animales consumieran más que lo que el ecosistema produce por año, el ecosistema perdería su "capital vegetal", es decir, su biomasa fotosintética. Pero, inclusive, si los animales se limitaran a consumir exclusivamente la PPNA, el sustrato disponible para la actividad de los descomponedores quedaría restringido al proveniente de las deyecciones y las muerte de los animales, lo cual afectaría de forma severa los ciclos de los nutrientes y, en el largo plazo, disminuiría la PPNA. Entonces, resulta fácil suponer

que la receptividad de un ecosistema debería ser una densidad ganadera tal que consuma anualmente menos que lo que el ecosistema produce. Sin embargo, no existen técnicas universalmente aceptadas y confiables para estimar la receptividad (Scarnecchia 1990), entre otras cosas porque no existe consenso acerca de cuál es la proporción de la PPNA que pueden consumir los animales sin afectar el funcionamiento del ecosistema en el largo plazo. En los campos patagónicos, a esa incertidumbre conceptual se le suma la conjunción de diversas causas. (1) Los productores acuñaron una noción intuitiva de la receptividad de cada potrero mediante el método de "prueba y error": le asignan a cada potrero la cantidad de animales que luego de varios años demostró ser capaz de mantener niveles aceptables de producción. (2) La productividad primaria neta aérea (PPNA) resulta muy variable tanto en el espacio como en el tiempo (Paruelo et al. 2004). De hecho, la elevada variabilidad interanual de la PPNA ha llevado a cuestionar el concepto mismo de receptividad en algunos ecosistemas áridos (Ellis & Swift 1988). (3) Los métodos de evaluación existentes se adaptan, en general, a las características estructurales de las comunidades vegetales para las cuales se acuñaron, pero surgen dificultades operativas cuando se los quiere utilizar en otras.

En la porción noroeste de la Patagonia extraandina se utilizan al menos cuatro métodos de estimación de la receptividad para áreas esteparias. En estos ambientes, la extensión de los establecimientos y la heterogeneidad espacial hacen que la determinación directa de la disponibilidad de forraje por medio de cortes sea complicada y costosa. Por esta razón, todos los métodos proponen estimarla en forma indirecta a partir de parámetros de medición fácil. Algunos técnicos del INTA en las EEAs Bariloche y Esquel utilizan Guías de Condición específicas para distintas comunidades. Estas guías combinan la estimación visual de la cobertura de las principales especies forrajeras con relaciones entre cobertura y biomasa forrajeras calibradas para cada comunidad (EEA INTA Bariloche; Bonvissuto et al. 1998; Siffredi & Becker 2001; Bonvissuto & Lanciotti 2002; Siffredi et al. 2005 a, b, c; Bottaro et al. 2007). Otros técnicos del INTA en las EEAs Esquel y Chubut usan el método del Valor Pastoral (VP) (Nakamatsu et al. 1998; Elissalde et al. 2002), que estima la disponibilidad forrajera a partir de la combinación entre frecuencia de toques de especies sobre una transecta y un índice de calidad para cada una. Algunos técnicos particulares utilizan el método del intercoironal, basado en la medición de la biomasa de las especies forrajeras y la altura de la especie clave [i.e., *Poa dusenii* Hack en la Estepa Magallánica de Santa Cruz, una metodología análoga a la desarrollada por el INTA Río Gallegos (www.ovis21.com.ar; Borrelli et al. 1990; Cibils 1993)]. Por último, algunos profesionales de la Facultad de Agronomía de la UBA estiman la receptividad exclusivamente a partir de la productividad primaria neta aérea (PPNA) (Golluscio et al. 1998b). Si todos esos métodos arrojaran resultados similares al aplicárselos a un mismo conjunto de sitios, la elección de cuál usar podría ser materia de gusto personal del técnico y de su posibilidad para acceder a los datos necesarios para implementar cada metodología. Sin embargo, como cada uno genera un resultado diferente, y teniendo en cuenta que ninguno puede tomarse como "método de referencia", es menester analizar las ventajas y desventajas de cada uno y tratar de dilucidar cuáles son las causas de las diferencias.

El objetivo general de este trabajo es comparar -a la escala de potrero- las estimaciones de la receptividad obtenidas por los dos métodos presuntamente más difundidos y objetivos (el del VP y el de la PPNA) de los cuatro que se reseñaron más arriba, evaluar las ventajas y desventajas de cada uno y contribuir al desarrollo de un método que sintetice las ventajas de todos ellos. A tal efecto se utilizó información proveniente de 119 sitios dispersos por el Oeste de Chubut.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El Oeste de Chubut abarca 20.4% de la superficie provincial, pero posee alrededor del 37% de los ovinos y produce casi el 37% de la lana de la provincia. Incluye parte de los Departamentos Cushamen, Futaleufú, Languiñeo, Tehuelches y Río Senguerr, cuyas cargas ganaderas (incluyendo todas las especies domésticas) oscilan entre 1.01 y 0.31 unidades ganaderas ovinas (UGO) por hectárea [1 UGO

equivale a un capón de 40 kg de peso corporal que consume 0.82 kg de materia seca por día (Elissalde et al. 2002)] en Futaleufú y en Languiñeo, respectivamente (Dirección de Marcas y Señales 2003). Como en la mayor parte de la Patagonia, la organización de estancias dedicadas a la cría de ovinos es reciente, en términos relativos [i.e., desde fines del siglo XIX (Soriano & Paruelo 1990)], y coincide con la detección de signos de deterioro que han sido identificados y descriptos por varios autores (Soriano 1956; Borelli et al. 1984; Elissalde & Garrido 1984; León & Aguiar 1985; Perelman et al. 1997; Paruelo & Aguiar 2003). La reducción de existencias ganaderas a escala regional que viene teniendo lugar desde mediados del siglo XX ha sido interpretada como una consecuencia del deterioro. En los cinco departamentos de la zona de estudio, las existencias ganaderas se redujeron 44.8% entre 1937 y 2000, con un máximo de 53.7% en el Departamento de Tehuelches y 34.4% en el de Río Senguerr.

La región tiene un relieve quebrado, con mayor altura en el Norte que en el Sur, y suelos aridisoles (Etchevehere 1971; Del Valle et al. 1998). El clima es templado-frío y árido, con vientos predominantes del Oeste que pueden llegar a ser muy intensos. Las precipitaciones varían entre 150 y 300 mm/año, están concentradas en invierno y son muy inferiores a la evapotranspiración potencial anual, que alcanza valores cercanos a los 600 mm (Paruelo et al. 1998). Como consecuencia, el balance hídrico muestra un déficit estival y un exceso invernal marcados. Sin embargo, la PPNA es mínima en el invierno debido a las bajas temperaturas y alcanza su valor máximo hacia fines de la primavera (Paruelo et al. 2004). La vegetación corresponde al Distrito Occidental de la Provincia Fitogeográfica Patagónica y su ecotono con el Distrito Subandino (Soriano 1956; León et al. 1998). Predominan las estepas graminoso-arbustivas y arbustivo-graminosas, cuya cobertura aérea oscila entre 40 y 60%. Hacia el Oeste aparecen estepas graminosas típicas del Distrito Subandino, y hacia el Este, estepas arbustivas típicas del Distrito Central. Sobre las redes de drenaje aparecen praderas (mallines), dominadas por juncos y pastos y hierbas mesofíticos (Paruelo et al. 2004).

Descripción de los métodos de estimación de receptividad a evaluar

Tanto la metodología desarrollada en la Facultad de Agronomía de la UBA [Método de la PPNA, MPPNA (Golluscio et al. 1998a)] como la desarrollada en la EEA del INTA Chubut [Método del Valor Pastoral, MVP (Nakamatsu et al. 1998)] estiman la Receptividad como el cociente entre la Disponibilidad Forrajera (DF) y el Consumo Individual Anual (CIA). Ambas difieren, sin embargo, en el cálculo de la Disponibilidad Forrajera. El MPPNA estima la DF como el producto entre la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) y el Índice de Cosecha (IC) (Ecuación 1).

$$DF = PPNA \times IC \quad (1)$$

donde DF = Forraje Disponible; PPNA = Productividad Primaria Neta Aérea; IC = Índice de Cosecha.

La PPNA puede ser estimada a través de la cosecha de biomasa a campo (Sala & Austin 2000) o a partir de diversos modelos que se basan sobre datos climáticos y/o satelitales (Monteith 1972; Sala et al. 1988; Paruelo et al. 1997, 2000, 2004; Piñeiro et al. 2006). El IC (porcentaje de la PPNA que podría ser consumido por los herbívoros bajo los sistemas productivos corrientes) se calcula a partir de la relación encontrada por Oesterheld et al. (1992) entre la biomasa de herbívoros domésticos y la PPNA en sistemas manejados por el hombre, suponiendo un consumo diario individual de 3% del peso vivo de los animales [$IC(\%)=-5.71+.7154x(PPNA(kg\ MS\ ha^{-1}.año^{-1}))^{0.5}$ (Golluscio et al. 1998b)].

Por su parte, el Método del Valor Pastoral (MVP) calcula la Disponibilidad Forrajera (DF) como el producto del Factor de Uso (FU) por la Producción Forrajera (PF). El FU es el porcentaje de la producción forrajera que puede ser pastoreada por el ganado sin comprometer una producción sostenible en el tiempo (Holechek et al. 1989). Elissalde et al. (2002) aplicaron para la región en estudio valores de FU decrecientes entre 50 y 30% a medida que aumenta la erodabilidad de los suelos. La Producción Forrajera se determina sumando el Forraje Consumido antes de la evaluación (FC) y el Forraje Remanente al momento de la eva-

luación (FR). El Forraje Consumido se determina a partir de los registros del establecimiento acerca del número y categoría de animales y los días de permanencia de la hacienda desde el inicio de la última temporada de crecimiento, suponiendo un consumo individual anual (CIA) de 300 kg MS/UGO (Somlo et al. 1995). El Forraje Remanente se determina multiplicando el VP del sitio o stand (incluyendo tanto la superficie cubierta por vegetación como por suelo desnudo) por una constante específica (k_{sitio}). Dicha constante ha sido calibrada para las principales Áreas Ecológicas del Chubut mediante regresiones lineales forzadas por el origen a partir de datos de biomasa forrajera y VP de los sitios utlizados (Nakamatsu et al. 1998). Las Áreas Ecológicas son unidades cartográficas de escala levemente más detallada que el Distrito Fitogeográfico pero mucho menos detallada que la Comunidad Vegetal (Bran 1992).

El VP sintetiza la calidad forrajera de la vegetación y se calcula a partir de la sumatoria de los productos del Índice de Calidad Específica de cada especie (ICE_i en una escala que varía entre 0 y 5) por la frecuencia relativa de Toques Forrajeros por especie (TFi / $\sum$ TFi) obtenidos en 100 observaciones realizadas a campo secuencialmente cada dos metros sobre una transecta lineal. En cada observación se baja una aguja perpendicularmente al suelo y se anota el nombre de cada especie que toca la aguja antes de llegar al suelo, registrando si el órgano tocado es forrajero o no. Los ICE de las distintas especies (Elissalde et al. 2002) se establecieron tomando en cuenta el grupo funcional al que pertenece cada una, su preferencia por el ganado ovino (Bonvissuto et al. 1983; Bonvisutto et al. 1984; Bonino et al. 1986), su valor nutricional, evaluado a partir de sus porcentajes de digestibilidad y de proteína bruta (Somlo et al. 1985; Somlo & Cohen 1995), su disponibilidad a lo largo del año, evaluada a partir de su fenología (Siffredi et al. 1981) y su frecuencia de aparición en la dieta a lo largo del año (Somlo et al. 1997). La sumatoria de los productos entre el ICE y la importancia relativa de cada especie en la comunidad vegetal (TFi / $\sum$ TFi) es luego multiplicada por 0.2 para que el valor varíe entre 0 y 1 y así se obtiene una estimación del Valor Pastoral promedio de la vegetación en sí, tal como fuera definido por Daget & Poissonet (1971) (llamado en adelante VPveg). Nakamatsu et al. (1998) modificaron esa versión original del VP multiplicando el VPveg por la cobertura forrajera total (CF= $\sum$ TFi), para evaluar la calidad a escala de stand completo (vegetación y suelo desnudo). A esta forma modificada del VP la llamaremos en adelante VPstand (Ecuación 2).

$$\begin{matrix} \text{VPstand} = \\ 0.2 \times [\sum_{i=1}^{n} (\text{TFi} \times \text{ICEi}) / \sum \text{TFi}] \times \text{CF} = \\ \text{VPveg} \times \text{CF} \end{matrix} \quad (2)$$

donde: VPstand = Valor Pastoral del stand; TFi = Toques Forrajeros para la especie i; ICEi = Índice de Calidad Específica de la especie i; CF = Cobertura Forrajera; VPveg = Valor Pastoral de la vegetación

Así, dos stands de igual composición florística pero muy distinta cobertura, tendrán idéntico VPveg pero muy distinto VPstand. En síntesis, para un stand dado la DF se calcula según la Ecuación 1 en el caso del MPPNA, y según la ecuación 3 en el caso del MVP.

$$DF = [FC + (k_{sitio} \times VPveg \times CF)] \times FU \quad (3)$$

donde: DF = Forraje Disponible; FC = Forraje Consumido con anterioridad a la evaluación; k_{sitio} = Pendiente de la regresión entre Forraje Remanente y VPstand; VPveg = Valor Pastoral de la vegetación; CF = Cobertura Forrajera; FU = Factor de Uso.

Metodología de comparación entre estimaciones

La disponibilidad forrajera se calculó por ambos métodos en 119 censos realizados con el fin de asesorar a productores por técnicos de la EEA Esquel del INTA, en diferentes establecimientos ganaderos del Oeste de la Provincia de Chubut entre 2001 y 2004 (Figura 1). En cada censo se relevó la cobertura de todas las especies presentes en 100 puntos ubicados de manera secuencial sobre una línea de 200 m de longitud (Nakamatsu et al. 1998). Se registró además su ubicación geográfica mediante un geoposicionador satelital, así como la carga animal y el período de ocupación previo al momento de la realización del censo. Los censos cubrieron un gradiente latitudinal y longitudinal amplio e incluyeron distintas formas fisiográficas y composiciones florísticas (Tabla 1).

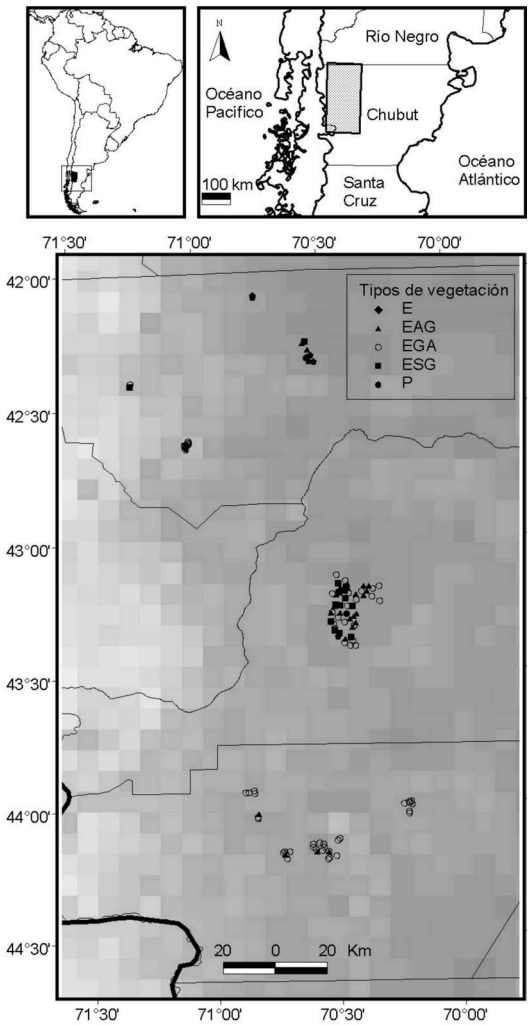

Figura 1. Ubicación del área de estudio y de los censos sobre una imagen de IVN - GIMMS (Tucker et al. 2005) de verano. Las áreas más claras muestran mayores valores de IVN. Los censos se diferencian por tipo fisonómico (Paruelo et al. 2004): rombos negros=eriales (E), triángulos negros=estepas arbustivo-graminosas (EAG), círculos blancos=estepas graminoso-arbustivas (EGA), cuadrados negros=estepas subarbustivas graminosas (ESG) y círculos negros=praderas (P). Líneas finas=límites interdprovinciales, línea gruesa=límite internacional con la República de Chile.

Figure 1. Location of the study area and relevés on a summer NDVI-GIMMS (Tucker et al. 2005) image. The lighter coloured areas have the highest NDVI values. Relevés are classified by physiognomic type (Paruelo et al. 2004): black diamonds=semideserts (E), black triangles=shrub-grass steppes (EAG), white circles=grass-shrub steppes (EGA), black squares=sub-shrub grass steppes (ESG) and black circles=prairies (P). Thin lines=provincial limits, thick lines=Argentina-Chile frontier.

La PPNA de cada censo se calculó a partir de su Índice de Vegetación Normalizado (IVN) obtenido de una imagen LANDSAT TM de diciembre de 1997, usando la relación entre PPNA e IVN presentada por Paruelo et al. (2004). Para cada censo se calculó el Valor Pastoral a nivel de stand (VPstand) siguiendo la metodología arriba descripta, aplicando un Factor de Uso constante de 50% y un k_{sitio} constante de 9.6, correspondiente al Área Ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales (Nakamatsu et al. 1998). El Forraje Consumido con anterioridad a la realización del censo se calculó a partir de los datos de carga animal y período de ocupación suministrados en cada establecimiento.

Dado que los censos de campo se realizaron en 2001-2004 pero la imagen Landsat que se usó para la estimación de la PPNA era de 1997, se evaluó objetivamente el estado de la vegetación en ambos períodos, utilizando datos de IVN - GIMMS [Global Inventory Monitoring and Modeling Studies (www.landcover.org)] de una resolución espacial de 8 km (Tucker et al. 2005). Se compararon mediante análisis de variancia los valores de IVN de los 27 píxeles que incluyen a los censos para el período del 15 de diciembre al 15 de enero de cada estación de crecimiento. No se encontraron diferencias significativas entre los IVN de las 4 estaciones de crecimiento analizadas (2000-2001, 2001-2002, 2002-2003 y 2003-2004; $P>0.90$). Tampoco se detectaron diferencias entre el IVN de las estaciones de crecimiento mencionadas y el del período 1997-1998, correspondiente a la imagen satelital utilizada ($P>0.17$), excepto en la última estación de crecimiento, en que el IVN fue levemente inferior al del lapso de referencia ($P=0.04$).

Para comparar ambos métodos, se analizó la relación entre los valores de Disponibilidad de Forraje calculados por ellos, tomando todos los datos en conjunto y clasificándolos en diferentes tipos fisonómicos (Paruelo et al. 2004). Se utilizaron a tal efecto técnicas de regresión lineal simple. En segundo lugar, se evaluó la influencia de las distintas variables involucradas en cada método sobre la estimación respectiva: PPNA e Índice de Cosecha para la estimación de Disponibilidad Forrajera obtenida mediante el MPPNA, y Forraje Consumido, VPstand y sus dos componentes (VPveg y CF) para la estimación de Disponibilidad Forrajera obte-

nida mediante el MVP. Dada la falta de independencia entre las variables consideradas por cada método, se utilizó la técnica del Análisis de Sendero (Sokal & Rohlf 1981), que permite evaluar en qué medida la relación entre una variable dependiente y una independiente está mediada por la relación que ésta tiene con otra/s variable/s independiente/s. A tal efecto se seleccionaron, a partir del análisis anterior, las variables más importantes como determinantes de los resultados logrados por cada modelo (aquellas que presentaron correlaciones directas significativas con la respectiva estimación de disponibilidad forrajera) y se evaluó, también mediante Análisis de Sendero, qué papel le cabe a cada una en la explicación de las diferencias halladas entre ambas estimaciones. Se evaluaron además las correlaciones entre las diversas variables causales incluidas en el análisis de sendero. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete Infostat (Grupo InfoStat 2007) y con un nivel de significancia α=0.05.

RESULTADOS

Relación entre ambas estimaciones

La correspondencia entre las estimaciones de Disponibilidad Forrajera por ambos métodos fue muy pobre, aunque significativa debido al alto número de sitios considerado (r^2=0.11; *P*<0.001; n=119) (Figura 2). La pendiente de la regresión fue significativamente inferior a 1, lo cual sugiere que la estimación del Método del Valor Pastoral (MVP) arroja resultados menores a la del Método de la PPNA (MPPNA). En efecto, las estimaciones obtenidas por el MVP se distribuyeron en un rango de Disponibilidad Forrajera menor (0-200 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}) que las obtenidas por el MPPNA (0-600 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}) y la DF estimada por el MPPNA resultó claramente superior a la estimada por el MVP cuando la primera superó los 150 kg MS.ha^{-1}.año^{-1} (Figura 2). El ajuste entre ambas estimaciones de DF mejoró en el rango de DF_{MPPNA}<200 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}, pero la pendiente también resultó muy inferior a 1 (r^2=0.25; b=0.36, *P*<0.00001; n=87). En todos los tipos fisonómicos estudiados, el MPPNA arrojó estimaciones mayores que el MVP (pendiente menor que 1). El ajuste sólo fue significativo en las estepas subarbustivo-graminosas (Tabla 2).

Influencia de las variables independientes sobre las estimaciones de cada modelo

Las estimaciones por el MPPNA dependen de forma casi exclusiva de los valores que registre la PPNA. En su cálculo se utiliza una ecuación que multiplica PPNA por un Índice de Cosecha que es función de la PPNA. Por lo tanto, resulta lógico que los resultados que arroja tengan una relación altamente significativa con la PPNA y con el Índice de Cosecha (r=0.99 y 0.95, respectivamente) y que dichas correlaciones hayan obedecido principalmente al efecto directo de la PPNA en el primer caso y al indirecto de la PPNA sobre el IC en el segundo (Figura 3a).

Las estimaciones por el MVP dependen más estrechamente del Forraje Consumido con anterioridad a la medición que del VPstand (r=0.8 y 0.66, respectivamente). La mayor parte del efecto del Forraje Consumido es directo ya que no muestra correlaciones significativas con el VPstand ni con sus componentes (VPveg y CF) (r=0.08, 0.12 y 0.01, respectivamente). La mayor parte del efecto del VPstand sobre la estimación de disponibilidad también es directa con respecto al Forraje Consumido, pero el VPstand muestra una dependencia mucho más marcada respecto a la Cobertura Forrajera que respecto al VPveg (Figura 3b).

Influencia de las variables explicatorias sobre las diferencias entre estimaciones

La diferencia entre ambas estimaciones de disponibilidad forrajera (DF_{MPPNA}-DF_{MVP}) aumentó significativamente con la PPNA (r=0.94) y con el VPstand (r=0.38) y disminuyó significativamente con el Forraje Consumido (r=-0.23). Tanto en el caso de la PPNA como en el del Forraje Consumido los efectos más importantes fueron los directos y los patrones observados fueron coherentes con el hecho de que la PPNA es el principal determinante del primer término de la resta (DF_{MPPNA}) y el Forraje Consumido es uno de los factores determinantes del segundo término (DF_{MVP}) (Figura 3). En cambio, el VPstand mostró una correlación positiva con la diferencia entre es-

Tabla 1. Ubicación geográfica, productividad y caracterización fisonómica de los sitios censados.
Table 1. Location, net primary productivity and physiognomic characterization of study sites.

Variable	Valor máximo	Valor mínimo	Promedio
Latitud	44°12′27″	42°05′12″	
Longitud	70°09′16″	71°18′46″	
Productividad primaria neta aérea (kg MS.ha^{-1}.año^{-1})	2099	133	805
Cobertura vegetal	86	7	50
Valor Pastoral	22.7	0.54	7.3
Cobertura de gramíneas	86	1	26
Cobertura de arbustos	49	0	13
Cobertura de subarbustos	31	0	7
Cobertura de hierbas	18	0	2

Tabla 2. Coeficiente de determinación (r^2), significancia estadística del ajuste obtenido (p) y pendiente (b) de la regresión lineal entre las estimaciones de Disponibilidad de Forraje obtenidas por los Métodos del Valor Pastoral y de la PPNA en los distintos tipos fisonómicos. No se incluyen las praderas por su escaso número de sitios (1).

Table 2. Coefficient of determination (r^2), statistical significance of the fitted model (*P*) and slope (b) of the linear regression between the estimates of Forage Availability obtained by the Pastoral Value Method (MVP) and ANPP Method (MPPNA) in the different physiognomic types. Prairies are not included because of their limited number of sites (1).

Tipo fisonómico	r^2	*P*	b	N
Estepa graminoso-arbustiva (EGA)	0.03	0.21	0.05	65
Estepa arbustivo-graminosa (EAG)	0.10	0.09	0.08	31
Estepa subarbustivo-graminosa (ESG)	0.38	0.014	0.18	15
Erial (E)	0.12	0.44	0.12	7

timaciones pese a ser otro de los determinantes del segundo término de la resta. Este efecto inesperado estuvo asociado a la correlación positiva entre VPstand y PPNA (r=0.56), que determinó que la relación positiva entre VPstand y la diferencia entre estimaciones estuviera explicada mucho más por el efecto indirecto de la PPNA sobre el VPstand y que por un efecto directo de VPstand, que de hecho fue negativo (Figura 3).

Al reemplazar en el análisis de sendero el VPstand por sus dos componentes (VPveg y CF) se observó que la correlación entre PPNA y VPstand se debía principalmente a la correlación positiva entre PPNA y CF (r=0.65), ya que no había correlación entre PPNA y VPveg (r=0.06). La diferencia entre ambas estimaciones dependió positivamente de la PPNA y de la CF y negativamente del FC. El VPveg no jugó papel alguno como determinante de la diferencia entre estimaciones. Como en el caso anterior, los efectos de la PPNA y del FC fueron principalmente directos, mientras que los de la CF estuvieron mediados por su correlación con la PPNA (Figura 4a y b).

DISCUSIÓN

La correspondencia entre las estimaciones de disponibilidad forrajera realizadas por ambos métodos fue muy pobre. Por encima de un umbral muy bajo de disponibilidad forrajera (51 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}), los cálculos hechos con el Método de la PPNA arrojaron resultados sistemáticamente mayores que los hechos con el Método del Valor Pastoral (Figura 2). De acuerdo con el modelo general presentado por Oesterheld et al. (1992), ese umbral de PPNA correspondería a pastizales con una

PPNA de alrededor de 500 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}, y según ambos métodos sería equivalente a una receptividad de 0.17 UGO/ha (Somlo et al. 1995). El hecho que el ajuste entre ambos métodos haya sido algo mejor en los eriales y estepas subarbustivas podría reflejar un comportamiento particular de esas comunidades o simplemente deberse a que se trata de un tipo de vegetación de escasa PPNA (Paruelo et al. 2004).

El aumento de la diferencia entre estimaciones a medida que aumenta la PPNA podría asociarse a que la estimación del MPPNA es excesivamente sensible a la PPNA o bien a que la estimación del MVP es poco sensible a la PPNA. La alta sensibilidad del MPPNA a la PPNA deriva de que calcula la disponibilidad de forraje a partir del producto entre la PPNA y una función de la PPNA (el Índice de Cosecha). El hecho de que el modelo de cálculo del Índice de Cosecha utilizado supone que éste depende exclusivamente de la PPNA merece varias consideraciones. En primer lugar, constituye una simplificación extrema, ya que no toma en consideración otros rasgos de los recursos forrajeros como la fisonomía o la composición florística de la vegetación (Golluscio et al. 1998b). En segundo lugar, el Índice de Cosecha utilizado para generar ese modelo fue calculado a partir de datos censales de existencias ganaderas a escala de Departamento, que no necesariamente implican un uso adecuado del pastizal, más aún teniendo en cuenta los antecedentes acerca del efecto de las cargas reales de pastoreo en buena parte de la Patagonia (Borrelli et al. 1984; León & Aguiar 1985; Del Valle et al. 1998; Golluscio et al. 1998a) y en otras regiones del planeta donde el pastoreo indujo procesos de desertificación (Le Houérou 1977; Fischer & Turner 1978; Dregne 1983; Dodd 1994; Prince

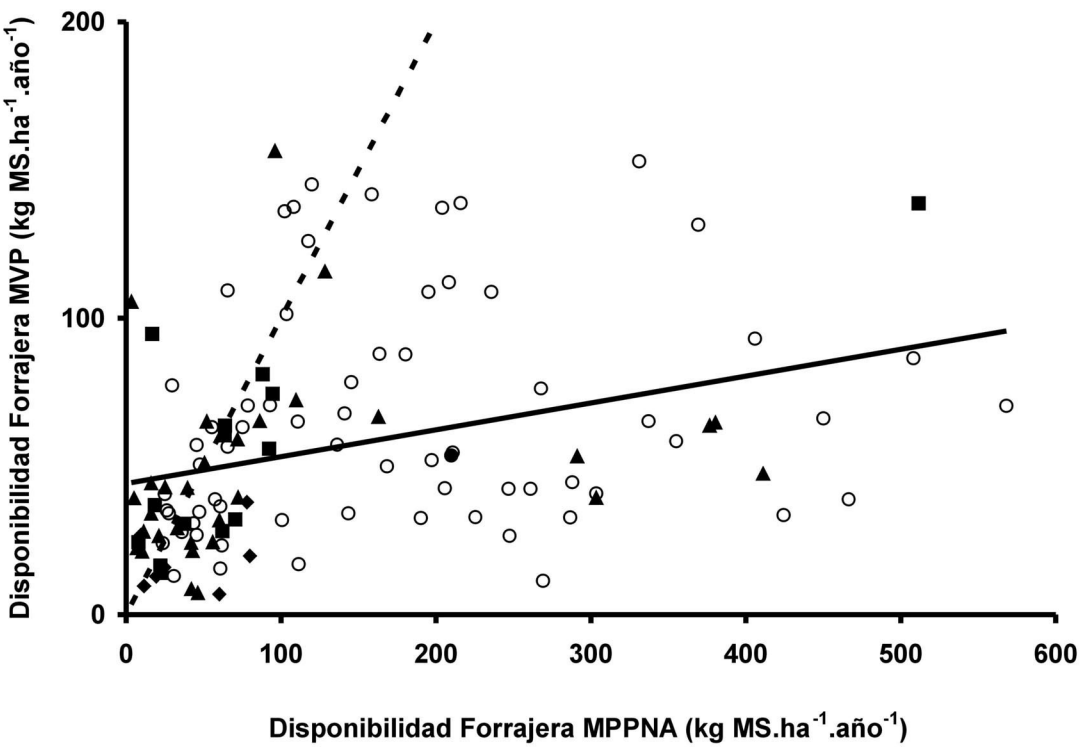

Figura 2. Ajuste entre las estimaciones de Disponibilidad Forrajera (DF) obtenidas por ambos métodos a escala regional (DF_{MVP} = 44.3 + 0.09 DF_{MPPNA}). La línea continua corresponde al modelo y la discontinua corresponde a la relación 1:1. Censos según tipo fisonómico y símbolos como en Figura 1.

Figure 2. Linear regression between estimates of Forage Availability (DF) obtained using Pastoral Value (MVP) and ANPP (MPPNA) methods at a regional scale (DF_{MVP} = 44.3 + 0.09 DF_{MPPNA}). Full line represents the fitted model; dotted line the 1:1 ratio. Coding of relevés according to physiognomic type as in Figure 1.

et al. 1998). En tercer lugar, el análisis diferenciado de los datos presentados por Oesterheld et al. (1992) para productividades menores a 1500 kg MS.ha^{-1}.año^{-1} muestra que en un rango de PPNA más estrecho que el del trabajo original el Índice de Cosecha no tiende a aumentar con la PPNA como sugería el modelo original (Figura 5).

El análisis precedente sugiere que en el rango de PPNA correspondiente a las zonas áridas, probablemente el IC se vea más afectado por factores ajenos a la PPNA que por la propia PPNA. En el amplio rango de productividades hasta 7000 kg MS.ha^{-1}.año^{-1} explorado por Oesterheld et al. (1992), el aumento del Índice de Cosecha a medida que aumentaba la PPNA se explicó por un aumento en la calidad forrajera desde las plantas más xerofíticas predominantes en el extremo de menor PPNA hasta las más mesofíticas predominantes en el extremo de mayor PPNA (Coughenour et al. 1985; Golluscio et al. 1998b). Sin embargo, en el rango de PPNA explorado en este trabajo, la variación del grado de mesofitismo sería mucho más leve que en el rango explorado por Oesterheld et al. (1992). La falta de correlación entre la PPNA y la calidad forrajera de la vegetación (VPveg) hallada en este trabajo (Figura 4) y la falta de correlación entre la PPNA y el contenido proteico de la vegetación detectada por Oesterheld et al. (1999) en una revisión que excede los límites de la Patagonia, apoyan esta hipótesis.

En el rango de PPNA explorado en este trabajo, diversas razones pueden explicar que el Índice de Cosecha no aumente de forma tan marcada a medida que aumenta la PPNA. Algunas de ellas conducirían a un incremento del Índice de Cosecha con respecto al esperado en el extremo de menor PPNA, y otras a una

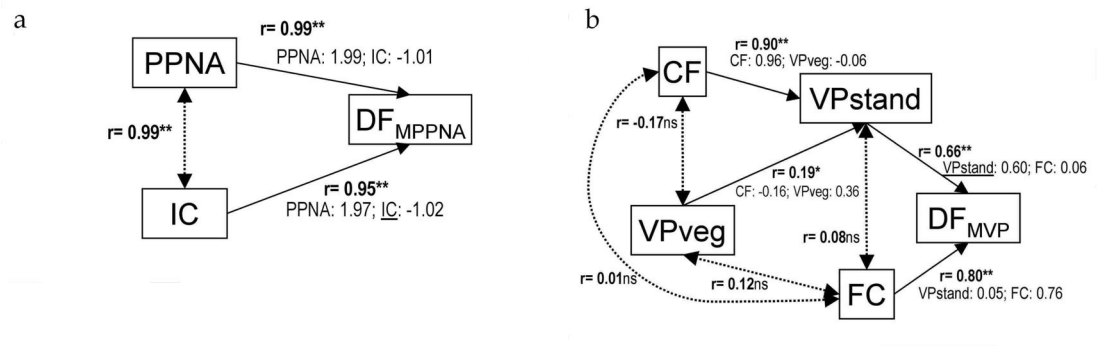

Figura 3. Influencia de las distintas variables involucradas en los dos modelos sobre las respectivas estimaciones de disponibilidad de forraje: a) MPPNA, b) MVP. Significancia estadística de los coeficientes de correlación de Pearson (en negrita) entre variables independientes (flechas punteadas) o entre éstas y las variables dependientes (flechas llenas) indicadas como: **: $P<0.01$; *: $0.01<P<0.05$; ns: $P>0.05$. Las cifras debajo de cada coeficiente de correlación entre una variable independiente y una dependiente indican la importancia relativa (estimada usando Análisis de Sendero) del efecto directo de la variable independiente (subrayado) y el de sus efectos indirectos, es decir aquellos mediados por la relación entre la variable independiente en cuestión y las otras variables independientes incluidas en el análisis. PPNA=productividad primaria neta aérea, IC=índice de cosecha, DF=disponibilidad forrajera, MPPNA=método de la PPNA, CF=cobertura forrajera, VPveg=valor pastoral de la vegetación, VPstand=valor pastoral del stand, FC=forraje consumido, MVP=método del valor pastoral.

Figure 3. Influence on the two estimates of forage availability a) MPPNA, b) MVP) of their respective determinants. Statistical significance of the Pearson correlation coefficients (in bold) between independent variables (dotted arrows) or between these and the dependent variables (full arrows) indicated thus: **: $P<0.01$; *: $0.01<P<0.05$; ns: $P>0.05$. Values shown below each correlation coefficient between an independent and a dependent variable indicate the relative importance (as estimated using Pathway Analysis) of the direct effect of the independent variable (underlined) and that of its indirect effects (i.e., those mediated by the relationship between that independent variable and the other independent variables analyzed). PPNA=Aboveground Net Primary Productivity, IC=Harvest Index, DF=Forage Availability, MPPNA=ANPP Method, CF=Forage Cover, VPveg=Pastoral Value of vegetation, VPstand=Pastoral Value of site, FC=Consumed Forage, MVP=Pastoral Value Method.

disminución respecto al Índice de Cosecha esperado en el extremo de mayor PPNA. En el extremo de menor PPNA, (a) predominan los ovinos y los caprinos, las dos especies domésticas mejor adaptadas a pastizales poco productivos, dada su gran capacidad para modificar su dieta de acuerdo a la disponibilidad forrajera, lo cual les permite consumir forraje de bajísima calidad en situaciones de escasez (Bonvissuto et al. 1984; Bonino et al. 1986; Somlo et al. 1994; Somlo et al. 1997). El hábito de pastoreo de esas especies podría (b) inducir un rejuvenecimiento de tejidos en comunidades con alto contenido de plantas duras (Matazedian & Sharrow 1990; Bertiller & Defossé 1990), o (c) una disminución del tamaño de las plantas de especies dominantes poco palatables que permitirían el desarrollo de gramíneas y graminoides de menor porte pero de mayor valor nutricional (Cingolani 1999; Cingolani et al. 2002). La contracara de este análisis es que (d) muchos sitios áridos sometidos a pastoreo caprino y ovino están extremadamente deteriorados (Escobar 1997). Por lo tanto, los datos departamentales usados por Oesterheld et al. (1992) sólo indicarían que en esos sitios el IC real excede la tasa de extracción recomendable.

Por su parte, en el extremo de mayor PPNA, (a) el exceso de biomasa puede reducir de manera seria la accesibilidad del forraje (Cingolani 1999). Por otro lado, (b) los sitios de mayor PPNA incluidos en este estudio son muy fríos y en ellos las nevadas invernales dificultan la utilización del pastizal restringiendo severamente la carga animal global en la escala de Departamento. Por último, (c) los sistemas

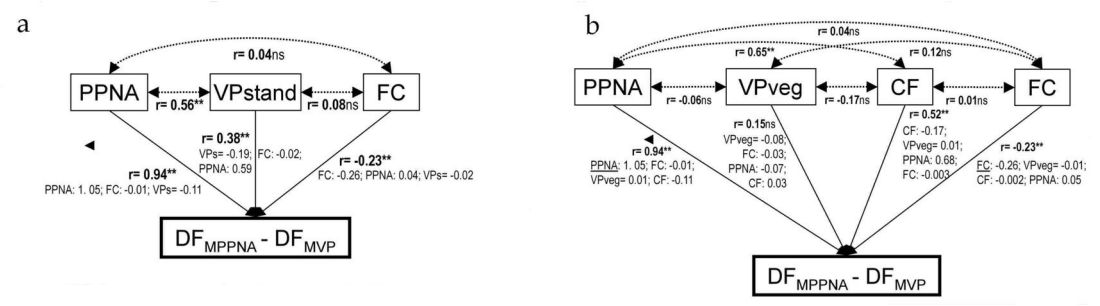

Figura 4. Influencia de las principales variables determinantes de los resultados obtenidos por los dos modelos sobre la diferencia entre ambas estimaciones de disponibilidad de forraje (DF_{MPPNA}-DF_{MVP}). Significancia estadística de los coeficientes de correlación de Pearson (en negrita) entre variables independientes (flechas punteadas) o entre éstas y las variables dependientes (flechas llenas) indicadas como: **: $P<0.01$; *: $0.01<P<0.05$; ns: $P>0.05$ Las cifras debajo de cada coeficiente de correlación entre una variable independiente y una dependiente indican la importancia relativa (estimada usando Análisis de Sendero) del efecto directo de la variable independiente (subrayado) y el de sus efectos indirectos, es decir aquellos mediados por la relación entre la variable independiente en cuestión y las otras variables independientes incluidas en el análisis. En a) se considera el efecto de VPstand, en b) éste es desagregado en sus componentes, VPveg y CF. PPNA=Productividad Primaria Neta Aérea, DF=Disponibilidad Forrajera, MPPNA=Método de la PPNA, CF=Cobertura Forrajera, VPveg=Valor Pastoral de la vegetación, VPstand=Valor Pastoral del stand, FC=Forraje Consumido, MVP=Método del Valor Pastoral.

Figure 4. Influence of the determinants of forage availability estimates obtained using the MPPNA and MVP methods on the difference (DF_{MPPNA}-DF_{MVP}) between the two methods. Statistical significance of the Pearson correlation coefficients (in bold) between independent variables (dotted arrows) or between these and the dependent variables (full arrows) indicated thus: **: $P<0.01$; *: $0.01<P<0.05$; ns: $P>0.05$. Values shown below each correlation coefficient between an independent and a dependent variable indicate the relative importance (as estimated using Pathway Analysis) of the direct effect of the independent variable (underlined) and that of its indirect effects (i.e., those mediated by the relationship between that independent variable and the other independent variables analyzed). In a) the effects of VPstand is considered, in b) it is disaggregated into its components, VPveg and CF. PPNA=Aboveground Net Primary Production, DF=Forage Availability, MPPNA=PPNA Method, CF=Forage Cover, VPveg=Pastoral Value of vegetation, VPstand=Pastoral Value of site, FC=Consumed Forage, MVP=Method of the Pastoral Value.

de pastoreo que se utilizan en estos campos (superficies grandes, cargas instantáneas bajas, distribución desuniforme de aguadas) hacen imposible un uso más intensivo del pastizal en lugares de alta productividad. La realización de mediciones a campo tanto del IC como de sus determinantes (PPNA, VP, etc.) permitiría analizar experimentalmente la relación entre la Tasa de Extracción, la PPNA y la calidad forrajera para entender si los IC potencialmente obtenibles son superiores a los realmente registrados en el extremo de alta PPNA, e inferiores a los registrados en el extremo opuesto. Esto contribuiría al desarrollo de sistemas más confiables de estimación de la receptividad (Cingolani et al. 2002).

Si bien la discusión anterior brinda algunas evidencias de que el Método de la PPNA es excesivamente sensible a la PPNA, también existen evidencias que sugieren que el Método del Valor Pastoral sería poco sensible a variaciones en la PPNA. La PPNA sólo influye en las estimaciones del Método del Valor Pastoral a través de su correlación con la cobertura forrajera, uno de los componentes del Valor Pastoral a la escala de stand (Figuras 3 y 4). Sin embargo, el hecho de que el Valor Pastoral Stand no pueda alcanzar un valor superior a 100 limita su capacidad de reflejar aumentos de la disponibilidad de forraje en condiciones de alta PPNA. Esa falencia se agrava si se considera la dependencia del VPstand respecto a la cobertura forrajera, que sólo puede alcanzar valores máximos de 100%, aún cuando la PPNA variara entre 700 y 7000 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}. La solución de ese problema requeriría extremar los recaudos

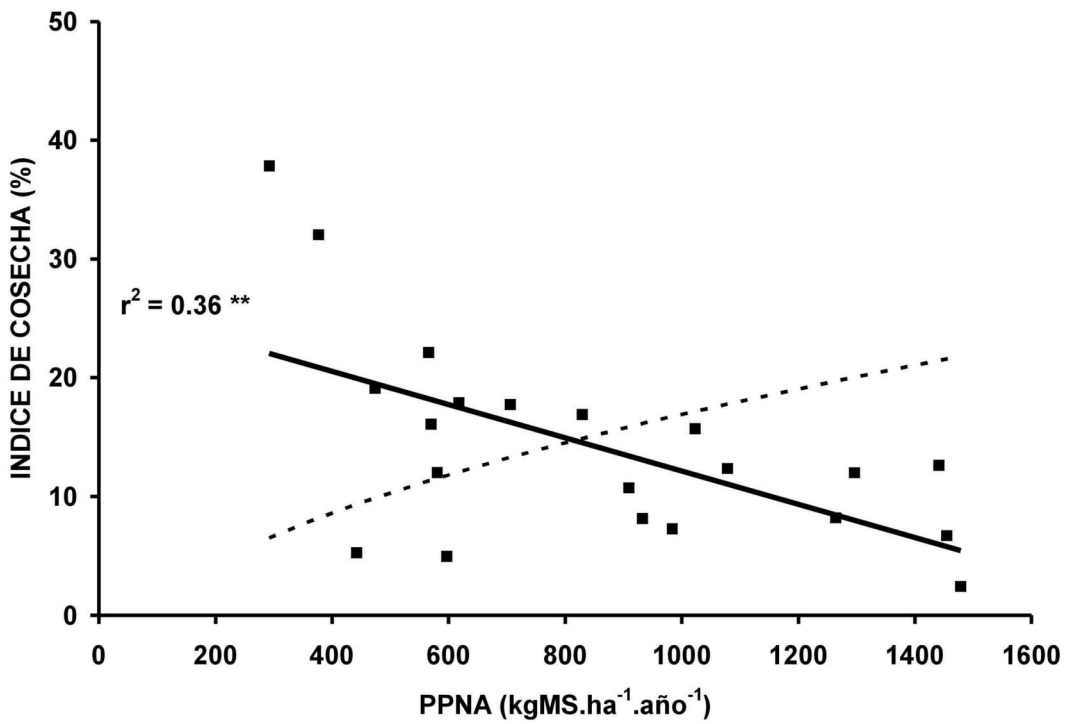

Figura 5. Variación del Índice de Cosecha en función de la PPNA, en el rango de Productividades Primarias Netas Aéreas <1500 kg MS.ha^{-1}.año^{-1}, calculado a partir de los datos de biomasa de herbívoros de Oesterheld et al. (1992). Línea llena: línea de regresión (y su respectivo coeficiente de determinación; **: P<0.01; ns: P>0.05) correspondiente a los datos graficados; línea punteada: la correspondiente a los publicados en el trabajo original, que abarcaban un rango mucho más amplio de PPNA.

Figure 5. Change in Harvest Index (IC) as a function of Aboveground Net Primary Productivity (PPNA) for PPNA <1500 kg DM.ha^{-1}.y^{-1}, calculated from herbivore biomass data of Oesterheld et al. (1992). The full line represents the points fitted regression (and coefficient of determination; **: P<0.01; ns: P>0.05); the dotted line shows the regression fitted to the whole data set, comprising a broader PPNA range.

en el cálculo de los valores de la constante que relaciona VPstand con Forraje remanente (k_{sitio}) utilizados en cada situación. Hasta el momento, dichos valores han sido calibrados a la escala de área ecológica (Nakamatsu et al. 1998), muy poco detallada en relación al objetivo planteado ya que una misma Área Ecológica incluye comunidades diversas, y cada una abarca un rango más o menos amplio de productividad primaria y de estados de deterioro. La escala apropiada para dicha calibración sería la de estado de deterioro dentro de cada comunidad, la misma escala a la que se formulan las Guías de Condición. Este hallazgo abre un abanico interesante de interacciones entre los dos métodos analizados y las Guías de Condición que emplea el INTA de Bariloche.

Otros dos elementos deben ser tenidos en cuenta al evaluar las estimaciones por el MVP. El primero es que su principal determinante es el forraje consumido antes de la evaluación de campo (Figura 3), parámetro directamente ligado a la carga real utilizada por el productor en cada potrero. Como consecuencia, es esperable que las estimaciones obtenidas por este método sean coherentes con las cargas efectivamente utilizadas, lo cual arroja ciertas dudas acerca de si se está estimando en realidad la disponibilidad potencial de forraje, o si sólo se está repitiendo (de una forma algo más sofisticada) el criticado método de "prueba y error". Por ejemplo, en el caso extremo de un sitio deteriorado por el sobrepastoreo, que al momento de la evaluación careciera de especies forrajeras, la estimación de receptividad no será nula sino que reflejará la carga animal utilizada por el productor a lo largo del año, reducida según el Factor de Uso, que es asignado arbitrariamente por el técnico. El segundo aspecto que requiere atención es la necesidad de desarrollar un sistema confiable de estimación del Factor de Uso, especialmente comparando su incidencia directa en las estimaciones de receptividad (Ecuación 3) con su asignación arbitraria según el criterio subjetivo del técnico.

En síntesis, este trabajo muestra que no hay correspondencia entre los resultados que se obtuvieron por los dos métodos de estima-

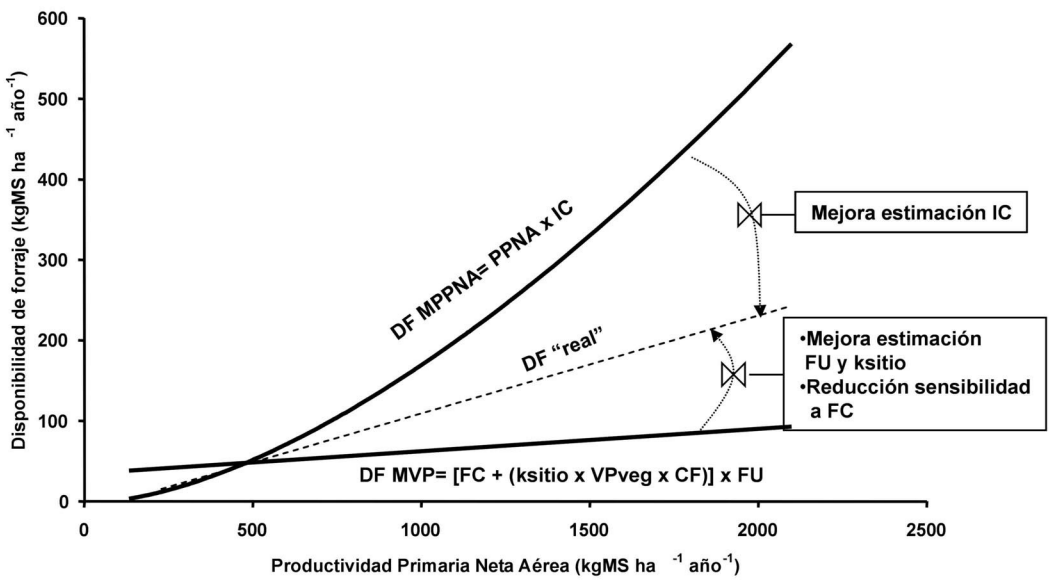

Figura 6. Modelo conceptual que indica los efectos esperados de las estimaciones mejoradas de parámetros selectos por los dos métodos utilizados sobre la relación Forraje Disponible (FD)/PPNA. Se muestra también la disponibilidad hipotética "real" de forraje.

Figure 6. Conceptual model indicating the expected effects of improved estimates of selected determinants of the Pastoral Value and ANPP methods (MVP and MPPNA, respectively) on the Forage Availability (FD)/PPNA relationship. The hypothetical "real" forage availability is also shown.

ción de la receptividad supuestamente más objetivos, empleados en el Oeste de Chubut. El MPPNA es mucho más sensible a la PPNA y mucho menos sensible a la carga animal real que el MVP, y viceversa. Aunque ninguno de los dos métodos puede ser tomado como referencia, el análisis realizado sugiere que el Método de la PPNA provee una estimación del límite superior de disponibilidad forrajera, mientras que el Método del VP provee una estimación de su límite inferior. Ambas estimaciones se podrán aproximar más en la medida que se desarrollen modelos más confiables de los determinantes del IC y del FR, que reduzcan la sensibilidad del IC a la PPNA y aumenten la sensibilidad del FR a la PPNA (Figura 6). Pese a las inconsistencias y contradicciones detectadas en ambos métodos de estimación, la determinación de la receptividad con cualquiera de ellos brinda información diagnóstica de interés. Esta información será útil en la toma de decisiones de manejo, al menos hasta que se elabore un método que sintetice las ventajas de los dos analizados y las de las Guías de Condición. Estas decisiones, a su vez, deberán ser evaluadas de una manera metódica con el monitoreo de la producción individual de los animales y la tendencia del estado del pastizal en cuadros donde se han realizado los ajustes de carga sugeridos por los distintos métodos.

AGRADECIMIENTOS

En memoria de Gustavo Cecchi, el primero en advertir que en la Patagonia la carga animal variaba mucho menos con la PPNA que en el conjunto de los sitios analizados por Oesterheld et al. (1992). José Paruelo tuvo una destacada participación en las discusiones previas a la concreción de este trabajo. El Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (LART) proveyó las imágenes y los cálculos de IVN-Landsat y el Global Land Cover Facility (www.landcover.org) las imágenes GIMMS. El INTA y el FONCYT (PICTs 32415 y 00463) proveyeron el apoyo logístico y económico para la concreción del trabajo de campo. Sonia Hall, Estanislao Díaz Falú, Marina Omacini, Juan Carlos Guevara, Viviana Nakamatsu, Guillermo Siffredi, Ana Frey, Roberto Fernández Aldúncin, Martín Oesterheld, Guillermo García Martínez y un revisor anónimo enriquecieron este trabajo con sus valiosos comentarios.

BIBLIOGRAFÍA

BERTILLER, MB & GE DEFOSSÉ. 1990. Grazing and plant growth interactions in a semiarid Festuca pallescens grassland (Patagonia). *J Range Manage* **43**(4):300-303.

BERTILLER, MB. 1996. Grazing effects on sustainable semiarid rangelands in Patagonia: the state and dynamics of the soil seed bank. *Environ Manage* **20**(1):123-132.

BONINO, N; G BONVISUTO; A PELLIZA SBRILLER & R SOMLO. 1986. Hábitos alimentarios de los herbívoros en la zona central del área ecológica Sierras y Mesetas Occidentales de Patagonia. *Rev Arg Prod Anim* **6**(5-6):275-287.

BONVISSUTO, G; E MORICZ; O ASTIBIA & J DE ANCHORENA. 1983. Resultados preliminares sobre los hábitos dietarios de ovinos en un pastizal semidesértico de Patagonia. IDIA Sup Nº **36**:243-253.

BONVISSUTO, G; E MORICZ & R SOMLO. 1984. Observaciones sobre el efecto de la condición del pastizal en la dieta de ovinos. Actas VIIIº Reunión Nacional para el estudio de las regiones áridas y semiáridas, Trelew.

BONVISSUTO, G & R SOMLO. 1998. *Guía de Condiciones para campos naturales de Precordillera y Sierras y Mesetas de Patagonia*. PRODESAR 34, Bariloche 40 pp.

BONVISSUTO, G & ML LANCIOTTI. 2002. *Guía de condición para los mallines con Pasto Salado (*Distichlis spp.*) en zonas de Río Negro con menos de 300 mm de precipitación*. Estación Experimental Agropecuaria INTA Bariloche.

BORRELLI, P; C CHEPPI; M IACOMINI & A RAMSTROM. 1984. Condición de pastizales en el sitio Terrazas del Río Gallegos. *Rev Arg Prod Anim* **9**(4):879-897.

BORRELLI, P; C BAETTI; C CHEPPI & M IACOMINI. 1990. Una metodología para evaluar los Pastizales de Santa Cruz. *Rev Arg Prod Anim*. Supl **I**(10):8.

BOTTARO, H; V NAKAMATSU; W OPAZO; G CIARI & M VILLA. 2007. *Guía de condición para estepas arbustivo graminosas de cola de piche y coirón poa utilizadas con ovinos y caprinos*. Estación Experimental Agropecuaria INTA Esquel.

BRAN, D. 1992. Las regiones ecológicas de la Patagonia y sus principales formaciones vegetales. En: *Actas Curso de planificación integral de campos*. INTA EEA Bariloche-PRECODEPA.

CIBILS, A. 1993. Manejo de pastizales. En: Cambio Rural-INTA EEA Santa Cruz (eds.) *Catálogo de Prácticas. Tecnología disponible*. INTA. Río Gallegos,

Santa Cruz.

CINGOLANI, A. 1999. *Efectos de 100 años de pastoreo ovino sobre la vegetación y suelos del Norte de Tierra del Fuego*. Tesis doctoral. Doctorado en Ciencias Biológicas (UBA).

CINGOLANI, A; J ANCHORENA; S STOFFELLA & M COLLANTES. 2002. A landscape-scale model for optimal management of sheep grazing in the Magellanic steppe. *Appl Veg Sci* **5**:159-166.

COUGHENOUR, MB. 1985. Graminoid responses to grazing by large herbivores: adaptations, exaptations, and interacting processes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **72**:852-863.

DAGET, P & S POISSONET. 1971. Une méthode d'analyze phytologique des prairies. *Annales Agronomiques* **22**(1):5-41.

DANCKWERTS, J. 1989. Animal Performance. Cap. 6. Pp.: 53-55 en: *Veld management in the Eastern Cape.* Pasture Research Section, Eastern Cape Region. Department of Agriculture and Water Supply.

DEL VALLE, HF. 1998. Patagonian soils: a regional synthesis. *Ecol Aust* **8**:103-124.

DEL VALLE, H; N ELISSALDE; D GAGLIARDINI & J MILOVICH. 1998. Status of desertification in the Patagonian region: assessment and mapping from satellite imagery. *Arid Soil Res Rehabil* **12**:195-198.

DIRECCIÓN DE MARCAS Y SEÑALES. 2003. *Estadísticas ganaderas de Chubut*. Ministerio de Industria, Agricultura y Ganadería. Provincia de Chubut.

DREGNE, HE. 1983. *Desertification of arid lands*. Harwood Academic, New York. New York, USA. 242 pp.

DODD, J. 1994. Desertification and degradation in Sub-Saharan Africa. *Bioscience* **44**(1):28-34.

ELISSALDE, N & J GARRIDO. 1984. *Un nuevo método para establecer índice de condición en campos de pastoreo*. Contribución, 83, CENPAT, 12, Puerto Madryn.

ELISSALDE, N; J ESCOBAR & V NAKAMATSU. 2002. *Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiárida de la Patagonia.* Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación. Cooperación técnica argentino-alemana, Convenio SA y DS- INTA- GTZ.

ELLIS, JE & DM SWIFT. 1988. Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. *J Range Manage* **41**:450-459.

ESCOBAR, J. 1997. *Desertificación en Chubut*. Prodesar EEA INTA Chubut 29, Trelew.

ETCHEVEHERE, P. 1971. *Mapa de suelos de la República Argentina, Sistema Séptima Aproximación*. INTA, Buenos Aires.

FISHER, R & N TURNER. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann Rev Plant Physiol* **29**:277-317.

GOLLUSCIO, RA; JM PARUELO; JL MERCAU & VA DEREGIBUS. 1998a. Urea supplementation effects on low-quality forage utilisation and lamb production in Patagonian rangelands. *Grass Forage Sci* **53**:47-56.

GOLLUSCIO, RA; A DEREGIBUS & J PARUELO. 1998b. Sustentabilidad y manejo de pastizales en la Estepa Patagónica. *Ecol Aust* **8**:265-284.

GRUPO INFOSTAT. 2007. Software estadístico generado por el equipo de trabajo conformado por docentes-investigadores de Estadística y Biometría y de Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).

HOLECHEK, J; R PIEPER & C HERBEL. 1989. *Range Management: principles and practices*. Prentice Hall, 501 pp.

HUERTA, G & H MÉNDEZ CASARIEGO. 2004. *Existencias ganaderas en la Patagonia*. EEA INTA Bariloche. http://www.inta.gov.ar/bariloche/ssd/existen/t06.htm.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. 2002. *Censo Nacional Agropecuario 2002*. http://www.indec.gov.ar.

LE HOUEROU, H. 1977. The nature and causes of desertization. Pp. 17-38 en: Glantz, MH. (ed.). *Desertification: environmental degradation in and around Arid Lands*. Westview Press, Boulder, CO. USA.

LEÓN, R & M AGUIAR. 1985. El deterioro por uso pastoril en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoenologia* **13**(2):181-196.

LEÓN, R; D BRAN; M COLLANTES; J PARUELO & A SORIANO. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia Extrandina. *Ecol Aust* **8**:125-144.

MATAZEDIAN, I & S SHARROW. 1986. Defoliation effects on forage dry matter production of a perennial ryegrass-clover pasture. *Agron J* **78**:581-584.

MCNAUGHTON, SJ; M OESTERHELD; DA FRANK & KJ WILLIAMS. 1989. Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* **341**:142-144.

MONTEITH, JL. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *J Appl Ecol* **9**:747-66.

NAKAMATSU, V; M LAGARRIGUE; M LOCATTELLI; M SENDIN; N ELISSALDE ET AL. 1998. Disponibilidad de forraje estimada a través del valor pastoral en zonas áridas del Chubut (Patagonia). *Rev Argentina Prod Anim* **8**(1).

OESTERHELD, M; O SALA & S MCNAUGHTON. 1992. Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature* **356**:234-236.

OESTERHELD, M; J LORETI; M SEMMARTIN & J PARUELO. 1999. Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. Capítulo 11. Pp.: 287-306 en: *Ecosystems of disturbed ground*. L. Walker. Amsterdam, Elsevier (Publ.).

PARUELO, J; H EPSTEIN; W LAUENROTH & J BURKE. 1997. ANPP estimates form NDVI for the Central Grassland Region of United States. *Ecology* **78**:953-958.

PARUELO, J; A BELTRÁN; E JOBBÁGY; O SALA & R GOLLUSCIO. 1998. The Climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecol Aust* **8**:85-101.

PARUELO, J; M OESTERHELD; C DI BELLA; M ARZADUM; J LAFONTAINE ET AL. 2000. Estimation of primary production of subhumid rangelands from remote sensing data. *Appl Veg Sci* **3**:189-195.

PARUELO, J & M AGUIAR. 2003. Impacto humano sobre los ecosistemas: El caso de la desertificación. *Ciencia Hoy* **13**(77): 48-59.

PARUELO, J; R GOLLUSCIO; JP GUERSCHMAN; A CESA; V JOUVE ET AL. 2004. Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes. *Global Ecol Biogeogr* **13**(5):385-395.

PERELMAN, S; R LEÓN & J BUSSACCA. 1997. Floristic changes related to grazing intensity in a Patagonian shrub steppe. *Ecography* **20**:400-406.

PIÑEIRO, G; M OESTERHELD & J PARUELO. 2006. Seasonal Variation in Aboveground Production and Radiation-use Efficiency of Temperate rangelands Estimated through Remote Sensing. *Ecosystems* **9**:357-373.

PRINCE, SD; E BROWN DE COLSTOUN & L KRAVITZ. 1998. Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive Sahelian desertification. *Global Change Biol* **4**:359-374.

SALA, O; J PARTON; L JOYCE & K LAUENROTH. 1988. Primary Production of the Central Grassland Region of the United States. *Ecology* **69**(1):40-45.

SALA, OE & AT AUSTIN. 2000. Methods of Estimating Aboveground Net Primary Productivity. Pp. 31-43 en: Sala, OE; RB Jackson; HA Mooney & RW Howarth (eds.). *Methods in Ecosystem Science*. Springer Verlag, New York.

SCARNECCHIA, DL. 1990. Concepts of carrying capacity and substitution ratios: a system's viewpoint. *J Range Manage* **43**:553-555.

SIFFREDI, G; A SARMIENTO & E MORICZ. 1981. *Aplicación de la fenología al manejo de los pastizales naturales*. Memoria Técnica EEA INTA Bariloche 1981, pp. 52-56.

SIFFREDI, G & G BECKER. 2001. *Guía de evaluación forrajera de campos para determinación de la carga animal*. Taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. IV Reunión del Grupo Regional Patagónico de Pastoreo, auspiciado por FAO. 31 pp.

SIFFREDI, G; C LÓPEZ; J AYESA; P QUIROGA & J GAITÁN. 2005a. Guía de recomendación de carga animal para estepas de la región de Los Menucos, Río Negro. Prinder EEA INTA Bariloche.

SIFFREDI, G; C LÓPEZ; J AYESA; P QUIROGA & J GAITÁN. 2005b. *Guía de recomendación de carga animal para estepas de la región de Sierra Colorada, Río Negro*. Proinder - EEA INTA Bariloche.

SIFFREDI, G; J GAITÁN; C LÓPEZ & J AYESA. 2005c. *Guía de recomendación de carga animal para mallines*. Ley Ovina - PAN - EEA INTA Bariloche.

SOCIETY FOR RANGE MANAGEMENT. 1989. *A glossary of terms used in range management*. Denver, Colorado.

SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. San Francisco, WH Freeman and Company.

SOMLO, R; G DURAÑONA & R ORTIZ. 1985. Valor nutritivo de las especies forrajeras patagónicas. *Rev Arg Prod Anim* **5**:589-605.

SOMLO, R; G BONVISUTO; A SBRILLER; N BONINO & E MORICZ. 1994. La influencia de la condición del pastizal sobre la dieta estacional de los herbívoros y el pastoreo múltiple, en Sierras y Mesetas occidentales de Patagonia. Rev Arg Prod Anim **14**:187-207.

SOMLO, R & L COHEN. 1995. Valor nutritivo de las especies forrajeras patagónicas. Pp.: 39-40 en: Somlo, R y G. Becker (eds.). *Actas Seminario Taller sobre producción, nutrición y utilización de pastizales.* FAO-UNESCO/MAB-INTA Trelew.

SOMLO, R; G BECKER & G SIFFREDI. 1995. Ajuste del método de valor pastoral para determinar la carga animal en el área ecológica de Precordillera. Pp.: 93-94 en: Somlo, R y G. Becker (eds.). *Actas Seminario Taller sobre producción, nutrición y utilización de pastizales.* FAO-UNESCO/MAB-INTA Trelew.

SOMLO, R; A PELLIZA DE SBRILLER; P WILLEMS; V NAKAMAATSU & A MANERO. 1997. *Atlas dietario de herbívoros patagónicos*. PRODESAR, INTA, GTZ, 109 pp. Bariloche. Argentina.

SORIANO, A. 1956. Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica. *Rev Investig Agríc* **10**(4):323-347.

SORIANO, A & C MOVIA. 1986. Erosión y desertización en la Patagonia. *Interciencia* **11**:77-83.

SORIANO, A & J PARUELO. 1990. El pastoreo ovino: principios ecológicos para el manejo de los campos. *Ciencia Hoy* **2**(7):44-53.

TEXEIRA, M & J PARUELO. 2006. Demography, population dynamics and sustainability of the Patagonian sheep flocks. *Agric Syst* **87**:123-146.

TUCKER, CJ; JE PINZÓN; ME BROWN; DA SLAYBACK; EW PAK ET AL. 2005. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *Int J Remote Sens* **26**:4485-4498.