

**Influencias de la productividad, la calidad de la vegetación  
y el deterioro sobre la receptividad ganadera en el NO de la  
Patagonia.**

**Hugo Santiago Bottaro**

**Ingeniero Agrónomo  
Universidad de Morón 1982**

**Magíster Scientiae**

**Área: Recursos Naturales  
Escuela de Graduados Alberto Soriano**

**Convenio Facultad de Agronomía – UBA  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**

**2007**

## **Comité Consejero**

### **Consejero Principal**

Rodolfo Ángel Golluscio

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UBA 1982.

Magister scientiae Área de Recursos Naturales, Escuela para Graduados,  
Facultad de Agronomía, UBA 1989.

Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Escuela para Graduados, Facultad de  
Agronomía, UBA, 2002

### **Primer Consejero**

José María Paruelo

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UBA, 1983.

Magister scientiae Área de Recursos Naturales, Escuela para Graduados,  
Facultad de Agronomía, UBA 1991.

PhD, Dpt. Rangeland Ecosystem Sciences, CSU, USA, 1995

### **Segundo Consejero**

Guillermo Lorenzo Siffredi

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UBA, 1978.

Magister scientiae en Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias –INTA–  
Universidad de Mar del Plata 1994.

## **Jurado de tesis**

Doctor Juan Carlos Guevara

Doctor Marina Omacini

## **Agradecimiento:**

A Rodolfo Golluscio, mi Director de Tesis, por su guía constante y su calidad humana.

A José Paruelo y Guillermo Siffredi, mis Consejeros, por sus oportunas observaciones.

A muchísimos productores agropecuarios de la Patagonia que me brindaron generosamente sus conocimientos. Espero que mi trabajo les pueda ser de utilidad.

Al INTA por su apoyo para realizar mi Maestría y en especial a mis compañeros de la Estación Experimental Agroforestal Esquel por su comprensión y aliento.

## **Dedicatoria:**

A Cecilia y Mari y en especial a Daniela, Lucía y Teresa.



## Índice:

<b>Índice de cuadros</b>	iii
<b>Índice de figuras</b>	vi
<b>Declaración</b>	x
<b>Abreviaturas</b>	xi
<b>Resumen</b>	xv
<b>Abstract</b>	xvi
<b>Capítulo 1:</b> Estimación de receptividad y manejo de pastizales en zonas áridas:	
Cantidad y calidad de la vegetación: dos componentes básicos de la estimación de la receptividad ganadera	1
Sobrepastoreo, desertificación y deterioro de la calidad del pastizal	2
Manejo de pastizales y estimaciones de receptividad	4
El cálculo de la receptividad en la Patagonia	6
Objetivos e hipótesis	8
Descripción general del trabajo realizado	9
Descripción del área de trabajo	10
Organización de la tesis	13
<b>Capítulo 2:</b> Comparación entre dos métodos de estimación de receptividad ganadera en las estepas patagónicas	
Introducción	15
Métodos	21
Resultados	23
Discusión	28
Conclusiones	32
Anexo	32
<b>Capítulo 3:</b> Influencia del deterioro por pastoreo sobre la cantidad y calidad de forraje en las estepas del Noroeste del Chubut	
Introducción	36
Métodos	41
Resultados	45
Discusión	61

Conclusiones	65
<b>Capítulo 4:</b> Influencia de la calidad forrajera, la productividad y el deterioro sobre la tasa de extracción	
Introducción	67
Métodos	70
Resultados	75
Discusión	83
Conclusiones	88
Anexo	88
<b>Capítulo 5:</b> Criterios de sustentabilidad basados en la biomasa remanente de especies clave.	
Introducción	89
Métodos	93
Resultados	97
Discusión	104
Conclusiones	110
<b>Capítulo 6:</b> Caracterización del deterioro, cálculo de disponibilidad forrajera y monitoreo: herramientas complementarias para el manejo de los pastizales	
Introducción	111
Consideraciones sobre las hipótesis generales	114
Efecto del deterioro sobre el los sistemas pastoriles	121
Desarrollo de herramientas de cálculo de disponibilidad de forraje	122
Desarrollo de herramientas de monitoreo	124
Consideraciones finales	126
<b>Bibliografía:</b>	128

## Índice de Cuadros

**Cuadro 2.1:** Regresiones lineales forzadas por el origen entre la disponibilidad forrajera y el Valor Pastoral para tres áreas ecológicas de la Provincia del Chubut. Para el cálculo de la Disponibilidad Forrajera se toma en cuenta la biomasa forrajera verde total herbácea y el 20% de la biomasa forrajera verde de las leñosas forrajeras (Nakamatsu et al. 1998).  $R^2$  coeficiente de determinación, N: número de observaciones, p: probabilidad.

**Cuadro 2.2:** Ubicación, productividad y caracterización fisonómica de los sitios censados en el análisis a escala regional.

**Cuadro 2.3:** Modelos lineales para la relación de los valores de disponibilidad forrajera dados por los Métodos de la PPNA y el Método del Valor Pastoral en los distintos tipos fisonómicos.  $R^2$ : coeficiente de determinación, p: probabilidad, N: número de repeticiones.

**Cuadro 2.4:** Modelos lineales para la relación de los valores de disponibilidad forrajera dados por los Métodos de la PPNA y el Método del Valor Pastoral para distintos tipos fisonómicos, estratificado por rangos de VP(Nak).  $R^2$ : coeficiente de determinación, p: probabilidad, N: número de censos.

**Cuadro 2.5:** Modelos de regresión lineal múltiple en los que la PPNA<sup>2</sup> y el VP(Nak) son variables independientes y la diferencia entre los métodos de estimación de la disponibilidad forrajera (Mppna-Mvp) es la variable dependiente: considerando (a) todos los datos juntos, (b) los valores de DF menores de 200 kg ms ha<sup>-1</sup> y (c) solo los valores PPNA menores de 500 kg ms ha<sup>-1</sup>, p: probabilidad,  $R^2$ : coeficiente de determinación, N: número de repeticiones.

**Cuadro 2.6:** Índice de calidad específica para las principales especies de la estepa patagónica.

**Cuadro 3.1:** : Indicadores de deterioro utilizados en el análisis multivariado para las dos comunidades. Las abreviaturas para cada una de las variables son las que se utilizan para presentar los resultados. Se incluyen las fuentes bibliográfica para cada indicador.

**Cuadro 3.2:** Caracterización de los tres primeros ejes de ordenamientos. Porcentaje de la varianza explicado, autovalores y autovalores de corte.

**Cuadro 3.3:** Autovectores de las distintas variables de ordenamiento para los tres primeros ejes de ordenamiento del Análisis de Componente Principal. Un asterisco simple señala:  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Cuadro 3.4:** Coeficientes de correlación R de los modelos que correlacionan los tres primeros ejes de ordenamiento con la PPNA y el VP(DP). El asterisco simple señala:  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Cuadro 3.5:** Caracterización de los tres primeros ejes para ambos ordenamientos. Porcentaje de la varianza explicado, autovalores y autovalor de corte.

**Cuadro 3.6:** Autovectores de las distintas variables de ordenamiento para los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales en las dos comunidades. Con asterisco se señalan las variables de ordenamiento que mostraron una correlación significativa ( $0.05 > p > 0.01$ ) con el valor de cada censo en cada eje ( $R = 0.433$  para la estepa de *Festuca pallelescens* y  $R = 0.205$



para la estepa de *Stipa* spp) y con doble asterisco las muy significativas ( $p < 0.01$ ;  $R = 0.549$  para la estepa de *Festuca palleescens* y  $R = 0.267$  para la estepa de *Stipa* spp).

**Cuadro 3.7:** Análisis de varianza comparando (a) las medias de los valores alcanzados por los cuatro grupos de censos de estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* en los dos primeros ejes de ordenamiento, (b) las medias de los valores alcanzados por cada grupo de censos definidos en el análisis de cluster para cada una de las variables utilizadas en los agrupamientos. En ambos casos las letras distintas indican diferencias significativas Test de Tuckey  $\alpha = 0.05$ . Las letras distintas entre paréntesis indican diferencias significativas detectadas según el Test LSD Fisher  $\alpha = 0.10$ , pero no según el de Tuckey.

**Cuadro 3.8:** Análisis de varianza comparando (a) las medias de los valores alcanzados por los cuatro grupos de censos de estepa arbustivo gramíneo de *Stipa* spp. en los dos primeros ejes de ordenamiento. (b) las medias de los valores alcanzados por cada grupo de censos definidos en el análisis de cluster para cada una de las variables utilizadas en los agrupamientos. En ambos casos las letras distintas indican diferencias significativas Test de Tuckey  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro 3.9:** Coeficientes de correlación  $R$  de los modelos que co-relacionan los dos ejes de ordenamiento con la PPNA y el Valor Pastoral (DP) para estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* y estepa arbustivo-gramíneo de *Stipa* spp. Valores señalados con un signo positivo corresponde a  $p < 0.1$ , asterisco a  $0.05 > p > 0.01$  y con doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Cuadro 3.10:** Variables con mayor valor absoluto de autovectores en los dos primeros ejes en los Análisis de Componentes Principales realizados sin considerar la For para las estepas gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* y arbustivo-gramíneo de *Stipa* spp. Entre paréntesis aparece el orden en el que aparecieron en el Análisis de Componente Principal considerando la For (ver detalles en Cuadro 3.3).

**Cuadro 3.11:** Coeficientes de correlación  $R$  para los modelos que relacionan los dos ejes de ordenamiento con Valor Pastoral (Nak) para la estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* y la estepa arbustivo-gramíneo de *Stipa* spp. Los valores señalados con un asterisco indican  $0.05 > p > 0.01$  y con doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Cuadro 3.12:** Coeficiente de correlación  $R$  de los modelos que relacionan PPNA con los indicadores de deterioro en ambas comunidades. Un asterisco indica una correlación significativa ( $0.05 > p > 0.01$ ) mientras que doble asterisco indica una correlación muy significativa ( $p < 0.01$ ).

**Cuadro 4.1:** Coordenadas y altura sobre nivel del mar de las parcelas

**Cuadro 4.2:** Precipitaciones y temperaturas medias históricas y registradas durante el verano y otoño en el sitio del estudio.

**Cuadro 4.3:** Caracterización textural del suelo de las parcelas

**Cuadro 4.4:** Descripción fisonómico-florística de las parcelas: (a) porcentaje de cobertura vegetal y por tipo funcional, (b) porcentaje de cobertura por especies (aparecen las especies con cobertura  $> 1\%$  en alguno de los censos). Entre paréntesis junto al nombre de la especie aparece el índice de calidad específica asignado a cada una (Elissalde et al. 2002). Los valores de cobertura se expresan en porcentaje, con excepción de "r"  $< 0.5\%$  y "+" entre  $0.5 - 0.9\%$ . M: valor promedio de las parcelas 1 a 15. Con asterisco se señalan los valores de

las clausuras que quedan fuera del intervalo de confianza de los valores medidos en las parcelas.

**Cuadro 4.5:** Composición media de la dieta durante el ensayo.

**Cuadro 4.6:** Parámetros de los modelos múltiples que relacionan PPNA y VP(Nak) como variables explicatorias con Índice de cosecha: IC y Factor de Uso: FU.

**Cuadro 4.7:** Disponibilidad y consumo de la biomasa aérea, Valor Pastoral y expresiones de Tasa de Extracción.

**Cuadro 5.1:** Escala de intensidad de defoliación utilizada para *Poa ligularis*, *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa*.

**Cuadro 5.2:** Modelos analizados para determinación de biomasa remanente. Se presenta el modelo múltiple con dos variables predictoras con mejor ajuste en cada especie. Br: biomasa remanente, G: grado de pastoreo, Db: diámetro basal, Dc: diámetro al canopeo, h: altura.

**Cuadro 5.3:** Composición de la dieta en el día 26 y 57 del ensayo. Se realizó un análisis de varianza comparando la participación en la dieta para ambas mediciones para cada especie.

**Cuadro 5.4:** Modelo de regresión múltiple entre el grado de defoliación alcanzado por *Poa ligularis*, *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* y la cobertura individual combinada de las otras dos especies. Se consignan las pendientes asociadas a cada especie (b) y el coeficiente de determinación de los modelos globales (R<sup>2</sup>). El grado de significancia fue en todos los casos  $p > 0.1$ .

**Cuadro 5.5:** Modelos de regresiones simples entre el porcentaje de biomasa removida de cada especie en forma individual o la combinación de las tres con el índice de Cosecha (IC) y Factor de Uso (FU) y múltiples que relacionan el porcentaje de biomasa removida y la cobertura con el índice de cosecha y con IC y el FU. Se señalan el grado de significancia de la variable y del modelo con asteriscos junto a la pendiente y al R<sup>2</sup> respectivamente: con un asterisco representan relaciones significativas  $0.05 < p < 0.01$  y doble asterisco  $p < 0.01$  para las variables correspondientes.

## Índice de Figuras

**Figuras 1.1.:** Localización del área de trabajo y ubicación de los censos.

**Figura 1.2:** Paisaje típico del Distrito Occidental, Provincia del Chubut, sitio del ensayo de campo.

**Figura 1.3:** Balance hídrico de Esquel, elaborado con registros de la EEA INTA Esquel (1971-1990). La línea punteada con círculos grisados representa las precipitaciones y la línea continua con cuadrados negros representa la evapotranspiración potencial.

**Figura 2.1:** Ajuste entre las estimaciones de Disponibilidad Forrajera (DF) obtenidas por ambos métodos a escala regional ( $DFMvp = 44.3 + 0.09 DFMppna$ ,  $R^2 = 0.11$ ,  $p = 0.0003$ ,  $N = 119$ ). La línea continua corresponde al modelo y la discontinua corresponde a la relación 1:1. Los censos se diferencian por tipo fisonómico (cuadrados blancos: censos en eriales, triángulos negros: censos en estepas arbustivo-graminosas, círculos blancos: censos en estepas graminoso-arbustivas, cuadrados negros: censos en estepas subarbustivo graminosas y círculos negros: censos en praderas).

**Figura 2.2:** Relación entre la diferencia de estimaciones de disponibilidad forrajera calculada por ambos métodos ( $DFMppna - DFMvp$ ) y (a) la productividad primaria neta aérea (PPNA);  $DFMppna - DFMvp = 0.0001PPNA^2 + 0.00073 PPNA - 29.331$ ,  $R^2 = 0.927$ ,  $p < 0.0001$ ,  $N = 119$ ) y (b) el VP;  $DFMppna - DFMvp = 10.302 VP(Nak) + 8.7218$ ,  $R^2 = 0.14$ ,  $p = 0.0001$ ,  $N = 119$ ). En ambos casos la línea continua representa la regresión ajustada.

**Figura 2.3:** Relación entre a) PPNA y la disponibilidad forrajera calculada por el Método de la PPNA y b) VP y la disponibilidad forrajera calculada por el método del VP. EL doble asterisco indica un grado de significancia  $p < 0.001$ .

**Figura 2.4:** Relación entre la disponibilidad forrajera estimada por el método del valor pastoral y el a) forraje residual y b) forraje consumido previamente. Los asteriscos dobles indica un grado de significancia  $p < 0.001$ .

**Figura 2.5:** Modelo lineal que relaciona el VP(Nak) con a) la PPNA:  $(VP(Nak) = 0.0054 PPNA + 2,6874$ ;  $R^2 = 0.31$ ;  $p < 0.00001$ ,  $N = 119$ ) y b) la For:  $(VP(Nak) = 0.63 + 0.47 For$ ,  $R^2 = 0.81$ ,  $p < 0.00001$ ,  $N = 119$ ). En ambos casos, la línea continua representa la regresión ajustada.

**Figura 2.6:** Variación de (a) el Índice de Cosecha calculado a partir de los datos de biomasa de herbívoros (Oesterheld et al. 1992) y (b) el Índice de Cosecha calculado a partir de los datos publicados por Milchunas y Lauenroth (1993). Doble asterisco indica significancia estadística  $p < 0.01$ . Tomado de Rodano (2004)

**Figura 3.1:** Relación entre PPNA con (a) VP(DP) y con (b) For sin diferenciar entre comunidades.  $For = 4.3 + 0.012 PPNA$ . El doble asterisco indica un grado de significancia  $p < 0.01$ .

**Figura 3.2:** Relación entre PPNA con VP(DP) (a) en estepa graminoso-arbustiva de *Festuca pallezens*, (b) en estepa arbustivo-graminosa de *Stipa* spp.; y PPNA con For en (c) en estepa graminoso-arbustiva de *Festuca pallezens*, (d) en estepa arbustivo-graminosa de *Stipa* spp. Los valores señalados con un asterisco indican relaciones significativas ( $p < 0.05$ ) y los señalados con dos asteriscos indican relaciones muy significativas ( $p < 0.01$ ).

**Figura 3.3:** Clasificación de los censos correspondientes a las estepas gramíno-arbustivas dominadas por *Festuca pallescens* (a) Dendograma obtenido a partir del Análisis de Cluter utilizando el Método de Ward. (b) Ordenamiento obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales con la covarianza como medida de similaridad (sólo los dos primeros ejes). Grupo 1: rombos blancos, grupo 2: cuadrados negros, grupo 3: triángulos blancos, grupo 4: círculos negros. Junto a cada eje se esquematizan las variables de ordenamiento con mayor peso en cada uno y el sentido de dicha influencia (ver detalles en Tablas 3.7).

**Figura 3.4:** Clasificación de los censos correspondientes a las estepas arbustivo-gramínoas dominadas por *Stipa* spp. (a) Dendograma obtenido a partir del Análisis de Cluter utilizando el Método de Ward. (b) Ordenamiento obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales con la covarianza como medida de similaridad (sólo los dos primeros ejes). Grupo 1: rombos blancos, grupo 2: cuadrados negros, grupo 3: triángulos blancos, grupo 4: círculos negros. Junto a cada eje se esquematizan las variables de ordenamiento con mayor peso en cada uno y el sentido de dicha influencia (ver detalles en Tabla 3.8).

**Figura 3.5:** Relación entre los dos primeros ejes de los ordenamientos con y sin cobertura forrajera en estepa gramíno-arbustiva de *Festuca pallescens*: a y c y estepa arbustivo-gramínoa de *Stipa* spp: c y d. En todos los casos  $p < 0.0001$ .

**Figura 3.6:** Relación entre el VP(Nak) con la PPNA y el VP(DP) en estepas gramíno-arbustivas dominadas por *Festuca pallescens* a) y b) y estepas arbustivo-gramínoas dominadas por *Stipa* spp c) y d). Un asterisco se señala  $p < 0.05$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 4.1:** Esquema del Cuadro Nevado de la Sección Montoso de la Estancia Leleque, donde se realizó el ensayo. Los números indican la ubicación de las respectivas parcelas. La letra T indica la ubicación de la parcela testigo dentro de la clausura de 15 años.

**Figura 4.2:** Participación en la dieta de los distintos grupos funcionales de especies

**Figura 4.3:** Relación entre consumo estimado a partir de la diferencia entre biomasa inicial y final (Bi-Bf) y estimado como diferencia entre biomasa forrajera inicial y final (Bfi-BFf).  $(Bfi-BFf) = 7.88 \ln(1/(Bi-Bf)) - 8.11$ ,  $R^2 = 0.49$ ,  $p = 0.01$ ,  $n = 15$ . La línea discontinua representa la relación 1:1 y la continua el modelo.

**Figura 4.4:** Relación entre la diferencia entre las estimaciones de consumo y la Biomasa Inicial (a), el VP(DP), (b) y la cobertura de *Festuca pallescens* (c). Un asterisco señala grados de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 4.5:** Relaciones entre las dos expresiones de Tasa de Extracción, Índice de Cosecha (IC) y Factor de Uso (FU) con la PPNA (a) y (b), el VP(DP) (c) y (d), VP(Nak) (e) y (f), y la Cobertura Forrajera (g) y (h). Los valores acompañados con un signo positivo representan  $0.05 < p < 0.1$  por asterisco representan  $0.05 > p > 0.01$  y con un signo negativo  $0.05 < p < 0.1$ .

**Figura 4.6:** Modelos de regresión múltiple que relacionan PPNA y VP(DP) con el Índice de Cosecha (a) y el Factor de Uso, (b). Aparecen como línea continua proyección del modelo sobre el plano representado por los ejes x e y. A fin de mostrar la influencia de la segunda variable regresora (VP(DP)), se representan

con líneas de guiones ecuaciones con valores promedios de VP(DP), promedio + 25% y promedio – 25 %.

**Figura 4.7:** Relación entre TE reales y calculadas para ambos métodos (a) Comparación entre el IC real alcanzado y el IC calculado a partir el Mppna:  $R^2=0.28$ , ( $p= 0.04$ ,  $n=15$ ); (b) Comparación entre los FU alcanzados en cada parcela y el estimado por el Mvp. Las líneas de guiones indican las relaciones 1:1.

**Figura 4.8:** Relación entre productividad y el Índice de Cosecha calculado (línea de guiones) y el índice de Cosecha real (línea continua). El asterisco simple indica un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y el doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 5.1:** Relación entre grado de defoliación y porcentaje de biomasa removida (a) *Poa ligularis*, (b) *Festuca pallescens* y (c) *Stipa speciosa* var. *speciosa*.

**Figura 5.2:** Relación entre el índice de preferencia y (a) el grado de pastoreo, (b) el porcentaje de biomasa removida y (c) índice de calidad específica, para *Festuca pallescens* (triángulo), *Poa ligularis* (rombos) y *Stipa speciosa* var. *speciosa* (cuadrados). Los símbolos negros representan los datos correspondientes al día 26 del ensayo y los grises al día 57. Un asterisco indica un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 5.3:** Evolución comparativa de la defoliación sufrida por las tres especies bajo estudio ( $N=15$ ) a lo largo del período de ocupación. (a) (b) y (c) Grado de pastoreo (escala visual), (d), (e) y (f) porcentaje de biomasa removida, calculada a partir de los modelos detallados en la figura 5.1 y (g), (h) e (i) Biomasa remanente, calculada a partir de la cantidad inicial medida en el capítulo 4. En el eje de las ordenadas se utilizó en cada caso la escala que permita una mejor visualización. Con doble asterisco se señala un grado de significancia  $p < 0.01$ .

**Figura 5.4:** Relación entre el porcentaje de biomasa removida durante el pastoreo de las tres especies evaluadas con la PPNA, el VP(DP) y el VP(Nak). El asterisco indica un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y el signo positivo  $0.1 > p > 0.05$ .

**Figura 6.1:** Comparación entre las relaciones de Índice de Cosecha (IC) calculado con Índice de Cosecha alcanzado durante el ensayo y el que se hubiera alcanzado con un 40 % de defoliación de *Festuca pallescens*,  $IC(40\%) = 1.74 IC - 17.26$ ,  $R^2 = 0.34$ ,  $p = 0.016$ . La línea punteada representa la relación 1:1.

**Figura 6.2:** Modelos que relacionan el Índice de Cosecha (IC) (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*) con: (a) PPNA:  $IC(40\%) = -2,93 + 0,02 PPNA$ . Con una línea discontinua se representa el modelo de Oesterheld et al. (1992) y (b) con el VP(Nak):  $IC(40\%) = 4,45 + 1,55 VP(Nak)$ . Un asterisco representa un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 6.3:** Proyección sobre el plano x – y de los modelos de regresión múltiples que relacionan (a) la PPNA y el VP(Nak) con el IC (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*):  $IC(40\%) = -10,91 + 0,01 PPNA + 0,47 VP(Nak)$  y (b) la PPNA y la For con el IC (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*):  $IC(40\%) = -6,35 + 0,01 PPNA + 1,34 For$ . Se representa con círculos la proyección los datos sobre este plano. A fin de mostrar la influencia de la segunda variable regresora, VP(Nak) y (For) respectivamente, se representa con líneas finas continua el modelo que las relaciona y con línea discontinua la misma relación con un aumento del 25% de la segunda variable y una disminución del 25% de la segunda variable explicatoria. Las líneas

continua gruesa representa el modelo de Oosterheld et al. (1992). Un asterisco representa un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 6.4:** Relación entre el Índice de Cosecha (IC) considerando un 40% de defoliación de *Festuca pallescens* con la PPNA los Valores pastorales (VP(DP) y VP(Nak)) calculados con un Índice de Calidad Específica para *Festuca pallescens* de 3 y la Cobertura Forrajera. Un asterisco señala  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

**Figura 6.5:** Comparación entre los resultados de los cálculos de disponibilidad forrajera obtenidas por el Mppna (rombos, línea de tendencia guiones cortos;  $(DF(40\%Fp) = -73.58 + 1.18 DF(Mppna), p = 0.0012; R^2 = 0.57)$  y el Mvp (cuadrados, línea de tendencia guiones largos;  $(DF(40\%Fp) = 14.98 + 6.17DF(Mvp), p = 0.0005, R^2 = 0.62)$  con respecto a la biomasa que se hubiera removido por pastoreo si se continuaba hasta alcanzar el 40 % de defoliación de la biomasa forrajera de *Festuca pallescens*. La línea continua representa la relación 1:1.

## **Declaración**

“ Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifiquen explícitamente las contribuciones de otros) y que este material no se ha presentado, forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución. “

## Abreviaturas

- Acs: cobertura de *Acaena* spp.
- Adc: cobertura de *Adesmia campestris*.
- b: pendiente.
- Beh: cobertura de *Berberis heterophila*.
- Bf: biomasa final.
- Bff: biomasa forrajera final.
- Bfi: biomasa forrajera inicial.
- Bi: biomasa inicial.
- Br: biomasa remanente.
- Brs: cobertura de *Bromus* spp.
- CFA: consumo forrajero anual.
- Cl: clausura.
- Cob<sub>i</sub>: cobertura de la especie i.
- Cob total: cobertura vegetal total.
- CFI: Consejo Federal de Inversiones.
- CP: componente principal.
- DF: disponibilidad forrajera.
- DFMppna: disponibilidad forrajera estimada por el método de la producción primaria neta aérea.
- DFMvp: disponibilidad forrajera estimada por el método del valor pastoral.
- E<sub>n</sub>: ejes de ordenamiento multivariado.
- EEA: Estación Experimental Agropecuaria.
- ENA: Encuesta Nacional Agropecuaria.
- ETP: evapotranspiración potencial.
- FCP: forraje consumido previamente.
- Fep: cobertura de *Festuca pallescens*.
- FOB: free on board, puesto a bordo.



- For: cobertura de especies forrajeras
- FR: forraje remanente.
- FU: factor de uso.
- G: grado de defoliación.
- G<sub>n</sub>: grupos de análisis de clusters.
- H: altura.
- ha: hectárea.
- Hie: cobertura de hierbas.
- IC: índice de cosecha.
- IC(40%): índice de cosecha con un 40% de defoliación de *Festuca pallenscens*.
- ICE: índice de calidad específica de la especie.
- INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- IP: índice de preferencia.
- IVN: índice verde normalizado.
- kg: kilogramos.
- LANDSAT TM: Land Satellite Thematic Mapper.
- Ln: logaritmo natural.
- M: media.
- Man: cobertura de mantillo.
- Mppna: método de determinación de carga a partir de la producción primaria neta aérea.
- Ms: materia seca.
- Mus: cobertura de *Mulinum spinosum*.
- Mvp: método de determinación de carga a partir del valor pastoral.
- N: número de repeticiones.
- NO: noroeste.
- NOAA: National Oceanic and Atmosphere Administration

- p: probabilidad.
- p(modelo): probabilidad del modelo.
- Pav: cobertura de pavimento de erosión.
- PB: proteína bruta.
- PBR: promedio de biomasa removida.
- PF: producción forrajera.
- Pol: cobertura de *Poa ligularis*.
- PPNA: producción primaria neta aérea.
- p-valor: potencia.
- r: cobertura de 1-0,5%.
- R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.
- R: coeficiente de correlación.
- Rec: receptividad.
- Sef: cobertura de *Senecio filaginoides*.
- SNM: sobre el nivel del mar.
- Sth: cobertura de *Stipa humilis*.
- Ssm cobertura de *Stipa speciosa var major*.
- Sss: cobertura de *Stipa speciosa var speciosa*.
- Sud: cobertura de suelo desnudo.
- T: testigo.
- TE: tasa de extracción.
- TFi: toque forrajero de la especie i.
- UBA: Universidad de Buenos Aires.
- UGO: unidad ganadera ovina.
- UNCOD: United Nations Conference On Desertification.
- Veg: cobertura de vegetación.
- VP: valor pastoral.
- VP(DP): valor pastoral calculo por método de Danget Poissonet (1971)
- VP(Nak): valor pastoral calculado por método de Nakamatsu et al (1998).

- WCED: World Commission on Environment and Development.
- $\Sigma$ : sumatoria.
- $\infty$ : infinito.
- +: cobertura de 0,5-0,9%.
- 40% Fp: 40% de defoliación de *Festuca pallescens*.
- °C: grado centígrado.

## Resumen

La receptividad ganadera está determinada por la productividad primaria neta aérea, la calidad forrajera de la vegetación y la estructura del pastizal. En el Noroeste de Chubut los principales métodos utilizados para estimarla son el del Valor Pastoral y el de la Productividad Primaria Neta Aérea. Sin embargo, ninguno de ellos considera en forma conjunta a aquellos factores. En esta tesis se estudió el efecto de la cantidad, la calidad de la vegetación y las modificaciones estructurales inducidas por el pastoreo sobre las estimaciones de receptividad. A tal fin se compararon estimaciones realizadas por los dos métodos para los mismos sitios en distintos tipos de pastizales. Los resultados difirieron marcadamente, precisamente porque ninguno de los dos integra aspectos cuantitativos y cualitativos. Se encontró, además, que la productividad primaria neta aérea y la calidad forrajera son características independientes y que, a su vez, los efectos que les provoca el pastoreo varían de acuerdo a las características fisonómico-florísticas del pastizal. Por otra parte, se realizó un experimento a campo sobre un pastizal co-dominado por *Festuca palleescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* donde se midió la tasa de extracción por pastoreo sobre toda la comunidad. Dicho experimento comprobó que la tasa de extracción aumentaba con la productividad primaria neta aérea y con una serie de modificaciones estructurales asociadas con el pastoreo, pero no era afectada por la calidad forrajera. En cambio el grado de utilización de la especie clave disminuía con la calidad forrajera del sitio y con cambios estructurales influidos por el pastoreo, pero no se veía afectado por la productividad primaria neta aérea. Como consecuencia se propuso el desarrollo de una metodología de estimación de la receptividad que integre la productividad con un descriptor de la estructura del pastizal y se complemente con técnicas de monitoreo sensibles a las variaciones intranuales e interanuales de la disponibilidad de forraje.

**Palabras claves:** pastoreo, Chubut, desertificación, carga animal, monitoreo.

## Abstract

Range receptivity is determined by productivity, forage quality of the vegetation and pasture structure. In the Northwest Region of Chubut the methods used for its estimation are mainly the Pastoral Value and the Aerial Net Primary Productivity Methods. Nevertheless, none of these methods considers those factors as a whole. This thesis studies the effect of both quantity, quality of the vegetation and structural modifications induced by grazing over range receptivity estimations. In order to do that, estimations made by both methods were compared for identical sites in different types of pastures. The results from both methods differ markedly from each other, precisely because none of them integrates quantitative and qualitative facts. It was also found that productivity and forage quality are stand-alone characteristics, and at the same time, the effects of grazing vary according to physiognomic-botanic characteristics of the pasture. On the other hand, a field experiment was made on a pasture with co dominant *Festuca pallescens* and *Stipa speciosa* var. *speciosa*; where the grazing extraction rate was measured over the whole community. Such experiment proved that the extraction rate increased along with productivity and several structural modification associated to grazing, but it was not affected by forage quality. Instead, the degree of utilization of the key species decreased with site forage quality and with structural changes influenced by grazing, but it was not affected by productivity. As a result of that, the development of a methodology for range receptivity estimation is proposed. This methodology integrates productivity with a structure characterization of the pasture, complemented with monitoring techniques which should be sensitive to variations in forage availability both within a year and from year to year

**Keywords:** grazing, Chubut, desertification, range count, monitoring.



## **Capítulo I: Estimación de receptividad y manejo de pastizales en zonas áridas.**

### **Cantidad y calidad de la vegetación: dos componentes básicos de la estimación de la receptividad ganadera.**

La correcta estimación de la receptividad ganadera es un elemento esencial en el desarrollo de una ganadería sustentable sobre pastizales naturales. La receptividad, concebida como aquel nivel de carga animal en el cual los requerimientos nutricionales de los animales están en equilibrio con la oferta del ecosistema (Stoddart et al. 1975), depende tanto de la cantidad de forraje como de su calidad (Wallamo et al. 1977). Sin embargo, raramente los métodos utilizados para estimar la receptividad toman en cuenta explícitamente a ambos factores. En esta tesis se estudia cómo las dos metodologías de estimaciones de receptividad ganadera más usadas en el Noroeste de la Patagonia se ven afectadas por la cantidad y la calidad de la vegetación, y a su vez cómo estos dos factores son modificados ante la aparición de síntomas de deterioro inducido por el pastoreo.

El flujo de la energía en los pastizales de regiones áridas y semiáridas sin actividad ganadera está controlado fundamentalmente por la disponibilidad hídrica (Noy-Meir 1973). En estos ambientes, las precipitaciones son un factor determinante tanto de la cantidad de forraje producida, estimada a partir de la productividad primaria neta aérea (PPNA) (Lieth 1975, Smoliak 1986, Noy-Meir 1973, Lauenroth 1979; Sala et al. 1988), como de su calidad (Noy-Meir 1973, Whittaker y Niering 1975, León y Facelli 1981, Milchunas et al. 1988). Asimismo, tanto la cantidad como la calidad del forraje determinan la productividad secundaria, que además es regulada por la predación y por los aportes de agua para bebida (Noy-Meir 1973).

El desarrollo de la actividad ganadera extensiva genera modificaciones importantes en el funcionamiento de los ecosistemas áridos. El hombre interviene fundamentalmente sobre los controles de la producción secundaria: introduce especies herbívoras exóticas, suplementa nutricionalmente al ganado, combate sus enfermedades, distribuye el agua de bebida, limita su migración con alambrados y afecta la demografía de predadores y competidores (Oosterheld et al. 1992). Sin embargo, ejerce una influencia mucho menor sobre

la PPNA, que sigue siendo regulada casi exclusivamente por la disponibilidad de agua para las plantas.

El pastoreo tiene un efecto directo sobre la vegetación a partir de la herbivoría y también otro indirecto por ciertas alteraciones que provoca el ganado sobre el suelo, como la compactación de las capas superficiales y su influencia en la dinámica del agua. Todo esto puede provocar modificaciones en la composición florística (Senft et al. 1987, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994). En las zonas donde se concentran los animales se ven favorecidas las especies vegetales más resistentes al pastoreo y más adaptadas a las restricciones hídricas. Ambos factores de selección natural -pastoreo y sequía- son convergentes y favorecen a las especies que poseen determinadas características fenotípicas, generalmente asociadas a una baja calidad forrajera, en detrimento de las que no las tienen (Milchunas et al. 1988). El cambio fisonómico-florístico y la merma en la productividad forrajera inducidos por el pastoreo afectan la receptividad del pastizal y sin duda influyen sobre la sustentabilidad de la actividad ganadera (Paruelo et al. 1993, Paruelo y Aguiar 2003). La determinación de la receptividad permite contrarrestar estos efectos negativos del pastoreo sobre el funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, no existe un método universalmente aceptado para estimarla.

### **Sobrepastoreo, desertificación y deterioro de la calidad del pastizal.**

El sobrepastoreo trae aparejado un marcado deterioro ambiental, generando estados que, en muchas zonas áridas y semiáridas, se encuadran dentro del proceso de desertificación. Este concepto fue propuesto por Aubreville (1949), haciendo referencia a los procesos de aridización provocados por la actividad humana, y posteriormente ha sido discutido por diversos autores a lo largo de los últimos años. El concepto de desertificación ha sido reelaborado a partir de la definición inicial (Paylore y Haney 1976, MacLeod et al. 1977, Le Houérou 1977, UNCOD 1977, Graetz 1991, Dregne 1991) y actualmente se lo concibe como un aumento de las condiciones de aridez que se da en regiones sub-húmedas a áridas y que puede provocar una disminución de la productividad, extinción local de especies, erosión del suelo y/o modificación en la estructura de la vegetación (Paruelo y Aguiar 2003). Otros autores, en lugar de ensayar una definición de la desertificación se centraron en su influencia



en la relación entre balance hídrico y la vegetación. Dodd (1994) planteó que una de las consecuencias más importantes es la reducción de la productividad biológica de los sistemas terrestres. Tal reducción estaría asociada con una serie de procesos relacionados, como el aumento de la compactación del suelo, el escurrimiento, la evaporación directa, la erosión eólica e hídrica y las reducciones de la capacidad de retención hídrica de los suelos y de la tasa de infiltración de las lluvias (Dodd 1994, Aguiar et al. 1996, Aguiar y Sala 1998, Prince et al. 1998). Todo esto tendría como resultado la disminución de la producción vegetal, la pérdida de las especies más palatables y la disminución de la productividad agrícola - ganadera (Le Houérou 1977, Fischer y Turner 1978, Dregne 1983, Dodd 1994). También se relacionó a este proceso con un aumento de la heterogeneidad espacial en la distribución de los recursos edáficos (agua, nitrógeno y demás nutrientes). Dichos recursos se concentran en las proximidades de los arbustos, provocando desde modificaciones en la composición florística y el patrón espacial de las comunidades hasta reemplazos de comunidades con dominancia de pastos por otras con dominancia de leñosas (Schlesinger et al. 1990, Archer 1995, Adler et al. 2001, Golluscio et al. 2005a).

El proceso de desertificación inducido por el pastoreo se verifica también en la Patagonia. Varios autores se han preocupado en estimar el área de la región realmente afectada por la desertificación (Auer 1951, Movia 1978, Movia 1981). Dicha estimación varía de acuerdo al método empleado para realizarla, generalmente relacionado a su vez con el concepto de desertificación que se utilice. Por ejemplo, Monteith (1972) estimó en 4.000.000 ha la superficie afectada por lenguas medanosas. Por su parte, Castro (1983) usando esencialmente la misma metodología, estimó que el área afectada por ese tipo de desertificación llegaría a 6.000.000 ha a finales del 2000. Estimaciones recientes realizadas a partir de imágenes NOAA (resolución 1000 m x 1000 m) señalan que la superficie afectada de alguna manera por la desertificación llegaría a superar los 60.000.000 ha (Del Valle et al. 1998). Una seria dificultad que tienen este tipo de estimaciones es la inexistencia de estudios regionales previos que puedan servir como punto de comparación. Esto podría salvarse con la existencia de un sistema de evaluación regional como los Monitores Ambientales de Regiones Áridas y Semiáridas (MARAS) (Borrelli y Oliva 2001) que, a partir de observaciones periódicas, pueda caracterizar la dinámica de este

proceso y las relaciones con variables ambientales y el manejo a que fueron sometidos los pastizales

La actividad ovina patagónica tiene una historia de alrededor de 120 años. Hasta que comenzaron a desarrollarse los distintos métodos de determinación de la receptividad ganadera, el manejo de los pastizales se basó en pautas sin mayor fundamento científico (Soriano y Paruelo 1990) que prestaban atención fundamentalmente a la productividad animal. La marcada correspondencia temporal y espacial hallada entre la difusión del ganado ovino y la aparición de los síntomas de desertificación ha llevado a varios autores a estudiar la relación entre estos dos fenómenos (Willis 1914, Soriano y Movia 1986, Iglesias de Cuello 1988). Hoy existe consenso en señalar al pastoreo como una de las principales causas de la desertificación de la Patagonia (Borelli et al. 1984; León y Aguiar 1985, Aguiar et al. 1996, Del Valle et al. 1998, Paruelo y Aguiar 2003). Por lo tanto, la estimación de receptividades ganaderas que no provoquen modificaciones críticas en el funcionamiento de los ecosistemas constituye una herramienta concreta para ejercer controles sobre el proceso de desertificación en la Patagonia y resulta un componente esencial de las metodologías de manejo sustentable de pastizales.

### **Manejo de pastizales y estimaciones de receptividad**

Las metodologías propuestas por la mayor parte de los autores para un manejo racional de pastizales combinan un inventario del recurso forrajero con posteriores acciones de evaluación (Heady 1949, Society for Range Management 1974, Holechek et al. 1989, Natural Resources Conservation Service 1997). El inventario no sólo provee una estimación de la disponibilidad forrajera sino también permite diagnosticar la condición inicial de la unidad de paisaje (suelo, disponibilidad hídrica, topografía, síntomas de erosión, etc.). La descripción de la vegetación, elemento clave para la estimación de la disponibilidad forrajera, debería incluir cantidad de biomasa aérea, cobertura, volumen, número de especies, frecuencia, diversidad, vigor y calidad (contenido de nutrientes, digestibilidad y preferencia por el ganado) (Cook y Stubbendieck 1986). La cantidad de biomasa puede medirse en forma directa por corte de marcos (Pechanec y Pickford 1937, Shoop y McIlvain 1963, Anderson y Currier 1973) o utilizando técnicas de doble muestreo (Toothill et al. 1978, Cook and Stubbendieck 1986), o en forma indirecta a partir de datos de precipitaciones

(Hutchings y Stewart 1953, Smoliak 1956, Sneva y Hyder 1962, Currier y Peterson 1966, Sneva y Britton 1983), cobertura del canopeo (Goebel et al. 1958, Reppert et al. 1962, Blankenship y Smith 1966, Payne 1974), largo y diámetro de brotes en arbustos (en comunidades arbustivas) (Shafer 1963, Basile y Hutchings 1966, Lyon 1970, Halls y Harlow 1971, Ferguson y Marsden 1977), volumen de la biomasa (Fletcher y Robinson 1956), altura y cobertura de especies clave (Defossé et al. 1986, Borrelli et al. 1990), índices provistos por sensores remotos (Prince 1991, Paruelo et al. 1997, 2004), etc. Por su parte, las acciones de evaluación permiten identificar la respuesta del pastizal al plan de manejo, y se basan en un seguimiento de los distintos tipos funcionales, especies consideradas clave y/o indicadores edáficos (Natural Resources Conservation Service 1997, 2000).

Los métodos de estimación de receptividad aplicados actualmente en la Patagonia estiman la cantidad de vegetación disponible para los herbívoros a partir de la PPNA o a partir de la porción considerada forrajera de la biomasa (biomasa forrajera), afectándolas luego por la proporción de las mismas que puede ser consumida. La determinación de la PPNA no resulta sencilla, ya que implica un seguimiento temporal de la dinámica de la biomasa sobre unidades grandes de muestreo (Stafford Smith 1996, Sala et al. 2000). En el caso particular de la Estepa Patagónica, al presentar un marcado pico de biomasa aérea, se la puede estimar aceptablemente a partir de dicho pico (Sala y Austin 2000, Scurlock et al. 2002). Sobre esa base, el cálculo de la PPNA se ha visto extraordinariamente facilitado a partir de la difusión de los sensores remotos, que permiten estimaciones de productividad a partir de información satelital. En la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, este método ha sido adaptado a las particularidades de la Estepa Patagónica (Paruelo et al. 2004). Por su parte la biomasa forrajera depende en gran medida de la composición florística de la comunidad, que condiciona marcadamente el aprovechamiento que el ganado ovino puede hacer del forraje (Bonvissuto et al. 1984, Somlo et al. 1994, Pelliza et al. 1997). El cálculo de la biomasa forrajera requiere, en consecuencia, la diferenciación entre lo forrajero y lo no forrajero, decisión que suele ser muy subjetiva. Tal dificultad aumenta en la medida que se trate de una especie animal muy plástica en sus hábitos alimentarios. Dentro de las especies ganaderas criadas en la región, el ovino se destaca precisamente por su capacidad de adaptar su dieta a los recursos forrajeros disponibles (Bremner y

Wit 1983, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987, Holechek et al. 1989, Pelliza et al. 1997).

La proporción de la biomasa que es efectivamente consumida, es decir la Tasa de Extracción, puede expresarse como el consumo referido a la PPNA, y en ese caso se denomina Índice de Cosecha (Oosterheld et al. 1992, Golluscio et al. 1998a), o como el consumo referido a la biomasa forrajera, conociéndoselo entonces como Factor de Uso (Holechek et al. 1989). A los fines operativos, la Society for Range Management (1974) propuso que la determinación de la intensidad de pastoreo se haga sobre las llamadas Especies Claves. Estas constituyen grupos de una a tres especies similares que reúnen determinadas condiciones de disponibilidad espacial y temporal, calidad nutricional y preferencia por el ganado, y que sirven de guía para evaluar el grado de pastoreo de la comunidad (Natural Resources Conservation Service 1997).

### **El cálculo de la receptividad en la Patagonia**

Por sus características biofísicas, la Patagonia es particularmente interesante para estudiar los efectos de la cantidad y la calidad del forraje sobre la receptividad de pastizales áridos y analizar la sensibilidad relativa de ambos parámetros ante síntomas de deterioro inducido por el pastoreo. En la región existe un marcado gradiente de precipitaciones –y por lo tanto de PPNA- en sentido Oeste-Este (Jobbágy et al. 1995, 2002). Dicho gradiente condiciona la distribución de las unidades de vegetación (León y Facelli 1981, Jobbágy et al. 1996). A pesar de los cambios climáticos observados a nivel global, el análisis de registros de precipitaciones de veinte estaciones de los últimos sesenta y cinco años sugiere que no ha habido reducción en su régimen anual (Paruelo et al. 1998). La introducción del ganado ovino a partir de una fecha conocida y relativamente reciente ha sido la única modificación importante del uso de los recursos naturales y ha significado un fuerte aumento de la presión de herbivoría (Soriano y Paruelo 1990). Este proceso originó la rápida aparición de signos distintivos de sus efectos, que han sido identificados y descriptos por varios autores (Soriano 1956a, Borelli et al. 1984, Elissalde y Garrido 1984, León y Aguiar 1985, Paruelo et al. 1993, Somlo 1995, Perelman et al. 1997, Ciccorossi y Sala 2001, Cesa y Paruelo 2001, Paruelo y Aguiar 2003). Sin embargo, poco se ha profundizado a la fecha en el conocimiento de las consecuencias del deterioro

descrito sobre la cantidad y la calidad del forraje disponible y sobre la receptividad ganadera resultante.

La variedad de paisajes que es posible encontrar en la Patagonia, la heterogeneidad espacial y temporal en la distribución de la biomasa forrajera dentro de ellos y los particulares hábitos de selectividad del ovino, han dificultado la posibilidad de establecer un método único para la estimación de la disponibilidad forrajera. Actualmente existen metodologías diferentes de acuerdo al lugar del que se trate, pero todas parten de una estimación general de la cantidad de vegetación y la proporción de la misma que puede ser consumida (Golluscio et al. 1998a). Por ejemplo, en gran parte de la Provincia de Santa Cruz la cantidad de vegetación se estima a partir de la biomasa del componente estructural considerado forrajero (el "intercoironal", conjunto de hierbas y pastos cortos que crecen entre las matas de coirones). La Tasa de Extracción, calculada en biomasa forrajera por cabeza, es asignada en forma empírica y varía con la comunidad vegetal de que se trate (Cibils 1993). En el Distrito Occidental de la Patagonia los métodos de estimación de la receptividad más utilizados son las Guías de Condición (Bonvissuto y Somlo 1998, Siffredi et al. 2003), el Método de la Productividad Primaria Neta Aérea (Golluscio et al. 1998 b) y el Método del Valor Pastoral (Nakamatsu et al. 1998, Elissalde et al. 2002). Las guías de condición parten de estimaciones de la biomasa forrajera y de asignaciones empíricas de Factor de Uso específicas para cada condición de cada comunidad (Bonvissuto y Somlo 1998, Siffredi y Becker 2001). Uno de los aspectos centrales de la tesis es la comparación entre el Método del Valor Pastoral que valoriza tanto la cantidad como la calidad de la vegetación, mientras que el Método de la PPNA que valoriza solo la cantidad de vegetación, lo que permitirá avanzar en la comprensión de la incidencia de estos dos factores sobre la receptividad.

El Método de la PPNA calcula la disponibilidad de forraje como el producto entre la PPNA, estimada a partir de información satelital, y el Índice de Cosecha, estimado a partir de un modelo regional (Golluscio et al. 1998a). Tiene las ventajas de ser expeditivo y, al integrar información de áreas grandes y de distintos momentos para el cálculo de biomasa vegetal, tiene mayor control sobre la heterogeneidad espacial y temporal de la distribución de la biomasa. Sin embargo, una de sus limitaciones es que el índice de cosecha se estima exclusivamente a partir de la productividad, sin tener en cuenta la composición

florística ni la plasticidad de los hábitos dietarios de los herbívoros (Golluscio et al. 1998a). El Método del Valor Pastoral calcula la biomasa forrajera a partir de la cobertura y la altura de las plantas forrajeras, obtenidas de observaciones en puntos ubicados sobre una transecta (Elissalde et al. 2002). Al centrarse su medición en la fracción considerada forrajera de la comunidad vegetal, resulta ser una metodología muy sensible a la composición florística del pastizal. El Método del Valor Pastoral estima la tasa de extracción a partir de un Factor de Uso, cuyo cálculo obedece a consideraciones generales que tienen en cuenta principalmente la ubicación geográfica y la fragilidad del ecosistema (Holechek et al. 1989).

### **Objetivos e hipótesis**

En esta tesis se analiza y cuantifica la influencia de la PPNA y la calidad forrajera del pastizal (calidad nutricional, grado de preferencia y variación de la disponibilidad a lo largo del año debida a cambios fenológicos de las especies forrajeras) y el deterioro sobre la receptividad ganadera de comunidades típicas de L NO de la Patagonia. Para esto se estudia también la influencia de los principales síntomas de deterioro por pastoreo citados por la bibliografía sobre la PPNA y la calidad forrajera y la influencia de estas dos variables sobre la disponibilidad forrajera y la tasa de extracción. A tal fin se plantearon como

#### **objetivos:**

1. Evaluar la correspondencia entre los cálculos de receptividad hechos por el Método del Valor Pastoral, que considera características cualitativas y cuantitativas de la vegetación, y el Método de la PPNA, centrado en características cuantitativas.
2. Estudiar en qué medida los síntomas de deterioro por pastoreo afectan la cantidad y la calidad forrajera de la vegetación.
3. Cuantificar el efecto de la calidad forrajera, la PPNA y los síntomas de deterioro sobre las tasas de extracción estimadas a campo.
4. Evaluar cómo la PPNA, la composición florística y los síntomas de deterioro afectan la dinámica de consumo de las especies clave.

Cada uno de estos objetivos se corresponde con las siguientes **hipótesis generales:**

1. El Método de la PPNA tenderá a mayores estimaciones de receptividad que el Método del Valor Pastoral en condiciones de alta PPNA, mientras que el Método del Valor Pastoral tenderá a menores estimaciones de receptividad que el Método de la PPNA en condiciones de baja calidad forrajera.
2. El deterioro por pastoreo provoca una disminución en la PPNA y en la calidad de la vegetación, ya que disminuye la cobertura de las especies más productivas y con mayor calidad forrajera y aumenta la proporción de las de menos productivas con menor calidad.
3. La Tasa de Extracción, expresada como Índice de Cosecha o como Factor de Uso aumenta con la PPNA y con la calidad y disminuye con el grado de deterioro del ecosistema.
4. Las especies clave presentarán su mayor grado de consumo en los sitios con mayor PPNA y/o calidad forrajera y el menor en los que aparecen características estructurales asociadas con el deterioro.

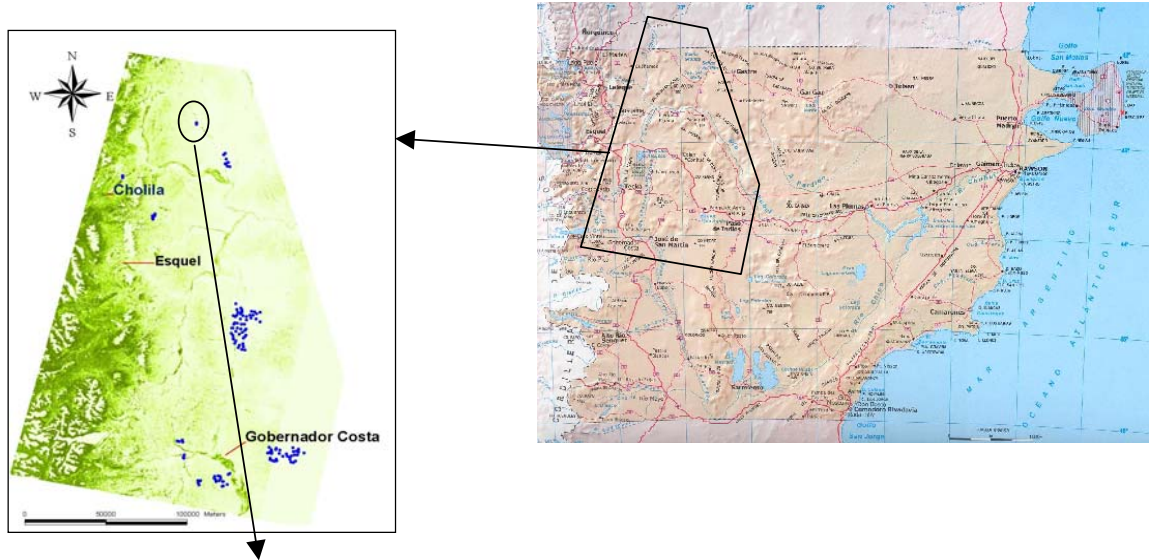
### **Descripción general del trabajo realizado**

El trabajo consistió en un análisis a escala regional, con información recopilada en censos distribuidos en una amplia zona del Noroeste del Chubut, y otro a escala de unidad de manejo ganadero, realizado dentro del cuadro “Nevado” de la Estancia Leleque. Para el relevamiento a escala regional se utilizaron 119 censos de estimación de disponibilidad forrajera realizados por técnicos de la Estación Experimental Agropecuaria Esquel del Instituto Nacional de Tecnología Agroforestal (EEA INTA Esquel). El análisis de dichos censos permitió comparar las estimaciones de receptividad surgidas por los dos métodos señalados. Asimismo, hizo posible analizar los indicadores de deterioro registrados en cada censo y estudiar la relación entre dichos indicadores y la cantidad y calidad de la vegetación. En trabajo a escala de cuadro se midió a campo la cantidad y la calidad de la vegetación, conjuntamente con las tasas de extracción por parte de los animales y la dinámica del grado de pastoreo de las especies clave, considerando como tales a *Festuca palleescens*, *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* (Bonvissuto y Somlo 1998). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el Programa INFOSTAT, versión 1.1. (INFOSTAT, 2002)

### **Descripción del área de trabajo**

Los censos de estimación de la receptividad tuvieron lugar entre los años 2001 y 2004, en campos del Noroeste de la Provincia del Chubut, correspondientes al Distrito Occidental de la Provincia Fitogeográfica de Patagonia y su ecotono con el Distrito Subandino (León et al. 1998) . La región tiene un relieve quebrado (Figura 1.2), con mayor altura en el norte que en el sur y al oeste que al este, 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. La temperatura media del mes más cálido es de 16 ° C y la del mes más frío es de 4° C. Las precipitaciones varían entre 150 y 300 mm anuales, están concentradas en invierno, y son marcadamente inferiores a la evapotranspiración potencial anual (ETP), que alcanza valores cercanos a los 600 mm, con valores máximos concentrados en verano (Paruelo et al. 1998). Como consecuencia, el balance hídrico muestra un déficit estival y un exceso invernal marcados (Figura 1.3).



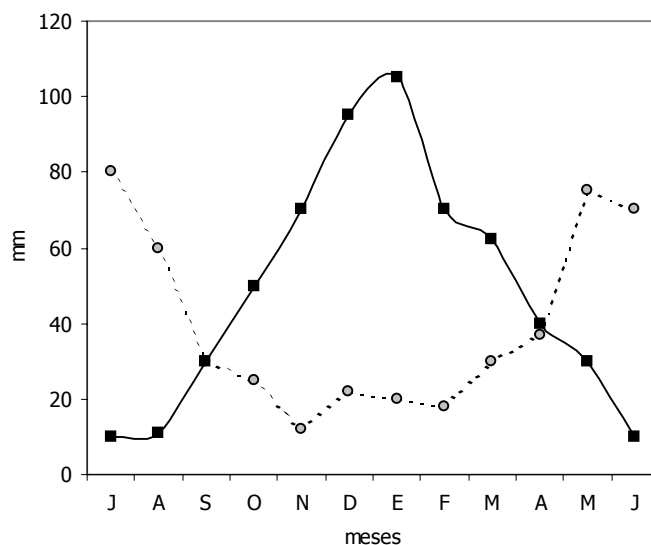


Cuadro: Nevado  
 Sección: Montoso  
 Estancia: Leleque

**Figura 1.1:** Localización del área de trabajo y ubicación de los censos.



**Figura 1.2:** Paisaje típico del Distrito Occidental, Provincia del Chubut, sitio del ensayo a campo.



**Figura 1.3:** Balance hídrico de Esquel, elaborado con registros de la EEA INTA Esquel (1971-1990). La línea punteada con círculos grisados representa las precipitaciones y la línea continua con cuadrados negros representa la evapotranspiración potencial.

El Oeste de la Provincia del Chubut constituye la región que más aporta al Producto Bruto Agropecuario provincial. Abarca el 20.4 % de la superficie provincial pero posee alrededor del 38% de los ovinos y produce alrededor del 42% de la lana de la Provincia (INDEC 1998). Incluye parte de cinco Departamentos: Cushamen, Futaleufú, Languiño, Tehuelches y Río Senguer, cuyas cargas ganaderas (incluyendo todas las especies domésticas) oscilan entre 0.61 unidades ganaderas ovinas por hectárea (UGO.ha<sup>-1</sup>)<sup>1</sup> en Futaleufú y 0.33 UGO ha<sup>-1</sup> en Languiño (Escobar 1997). Evidenciando el proceso de deterioro arriba descrito, la carga animal actual se redujo, con respecto a la máxima histórica, entre un 34% (Cushamen) y un 52% (Futaleufú). Además, en los cinco Departamentos existían en 1997 treinta y un establecimientos despoblados, que representan el 35.7 % del total de Establecimientos de la Provincia y se concentran en las áreas de mayor deterioro ambiental (Escobar 1997). La vegetación corresponde al Distrito Fisonómico-Florístico Occidental de la Provincia Fitogeográfica Patagónica y su ecotono con el Distrito Subandino

<sup>1</sup> Unidad ganadera ovina (UGO): equivalente ganadero correspondiente al consumo de medio de un capón de 40 kg durante un año, estimado en e 300 kg.ms.año<sup>-1</sup>

(León et al. 1998). Predominan las estepas gramíneo–arbustivas de *Festuca pallescens*, *Stipa speciosa*, *Poa ligularis* y *Mulinum spinosum*, y las arbustivo–gramíneas dominadas por *Mulinum spinosum*, *Senecio* spp., *Stipa speciosa* y *Poa lanuginosa*, con una cobertura del suelo entre el 40 y el 60 % (Soriano 1956a). *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* son las dos gramíneas que aparecen como dominantes (solas o en forma conjunta). Las estepas dominadas por *Festuca pallescens* tienden a ser más frecuentes hacia el Oeste. Hacia el Este, aumenta la frecuencia de especies típicas del Distrito Central como *Chuquiraga avellanadae*, *Lycium* spp., *Nardophyllum chilliotrichoides* o *Nassauvia* spp. Sobre las redes de drenaje aparecen praderas (mallines), dominadas por *Juncus balticus*, *Poa pratensis* y *Festuca pallescens* (mallines dulces) o por *Distichlis* spp, *Juncus balticus* y *Festuca pallescens* (mallines salados), estas últimas más frecuentes en las zonas áridas (Soriano 1956a).

Los experimentos de campo se realizaron en el cuadro “Nevado” de la Sección Montoso de la Estancia Leleque, ubicado en el Distrito Occidental. (León et al. 1998) (Figuras 1.1 y 1.2). El cuadro tiene una superficie de 2753 ha y fue seleccionado por sus características fisonómico–florísticas, por haber estado clausurado al pastoreo durante los 10 meses anteriores a la instalación del ensayo y haber acumulado como biomasa la productividad del año. Además tiene un importante porcentaje de su superficie plana a levemente ondulada, lo que reduciría la interferencia de factores topográficos sobre el comportamiento de los animales. La vegetación dominante es una estepa gramíneo–arbustiva de *Festuca pallescens*, *Stipa speciosa* var. *speciosa*, *Poa ligularis*, *Mulinum spinosum* y *Senecio filaginoides*. Sólo el 0.2% del cuadro corresponde a comunidades de mallín.

### **Organización de la Tesis**

En los Capítulos 2 y 3 se utilizan los censos de vegetación obtenidos en el Noroeste del Chubut por el Método de Valor Pastoral (Elissalde et al. 2002) para estudiar la correspondencia entre las estimaciones de la receptividad obtenidas por el Método de la PPNA y Método del Valor Pastoral (Objetivo 1; Capítulo 2) y para analizar la influencia de los síntomas de deterioro sobre la cantidad y la calidad de la vegetación (Objetivo 2; Capítulo 3). En el primer caso, se analiza el grado de correspondencia entre ambas estimaciones en función de la productividad, la calidad forrajera y la fisonomía de la vegetación. En el segundo

caso, se ordenan los censos según los valores registrados para diversos indicadores de deterioro diferenciados en estepas gramíneo-arbustivas dominadas por *Festuca pallelescens* y estepas arbustivo-gramíneas dominadas por *Stipa* spp. y luego se estudia cómo varían la productividad primaria neta y el valor pastoral a lo largo de ese gradiente de indicadores de deterioro.

En los Capítulos 4 y 5 se analiza la información obtenida en el experimento de campo llevado a cabo en la Estancia Leleque. En el Capítulo 4 se estudia la influencia de la PPNA, la calidad forrajera y los síntomas de deterioro sobre las tasas de extracción por pastoreo medidas a campo (Objetivo 3). En el Capítulo 5 se evalúa el efecto de la cantidad, la calidad del forraje y los síntomas de deterioro sobre la dinámica de defoliación de las especies clave (Objetivo 4). Finalmente en el Capítulo 6 se desarrolla una discusión general de los resultados obtenidos. La misma se hace sobre la base del análisis integrado del conjunto de la información surgida de los capítulos 2 al 5.

## **Capítulo 2: Comparación entre dos métodos de estimación de receptividad ganadera en las estepas patagónicas**

### **Introducción:**

En los últimos 50 años, los pastizales de la Patagonia se han visto sometidos a severos procesos de desertificación inducidos por el pastoreo ovino (Auer 1951, Movia 1978, Movia 1981, Borelli et al. 1984, León y Aguiar 1985, Del Valle et al. 1998, Golluscio et al. 1998a). La gravedad del fenómeno ha puesto de manifiesto la necesidad de acuñar métodos confiables de estimación de la receptividad ganadera. En el Noroeste del Chubut actualmente se utilizan dos métodos diferentes para lograr tal objetivo, uno que hace el centro en la cantidad de forraje producido (estimada a partir de la Productividad Primaria Neta Aérea: PPNA) (Golluscio et al. 1998b) y el otro que considera también su calidad (estimada a partir del Valor Pastoral: VP) (Nakamatsu et al. 1998, Elissalde et al. 2002). Sin embargo, pocas veces se evaluó la correspondencia entre los resultados provistos por ambos (excepto Rodano 2004). En este capítulo se analiza la correspondencia entre ambos métodos y la influencia de la cantidad y la calidad del forraje sobre dicha correspondencia.

Los pastizales de la Estepa Patagónica tienen baja productividad y una corta historia evolutiva ya que no debieron soportar una alta presión de pastoreo desde la última glaciación (Markgraf 1985, Lauenroth et al. 1998) y recién en los últimos 50 años la carga animal es alta. Sin embargo, los efectos convergentes de la adaptación a la sequía y la baja herbivoría (Coughenour 1985) ejercida por el guanaco (*Lama guanicoe*) durante algo más de 10.000 años, han dado como consecuencia una composición florística caracterizada por la combinación de arbustos espinosos y pastos duros como tipos funcionales dominantes (Lauenroth 1998). La colonización de América provocó un aumento paulatino de la presión de pastoreo. Recién a mediados del siglo XVII los pobladores de la zona comenzaron a utilizar el caballo. Los primeros intentos de introducción de lanares datan de la segunda mitad del siglo XIX (Soriano y Puelo 1990), pero la actividad ovina empezó a desarrollarse en forma sostenida con la introducción de los primeros animales desde las Islas Malvinas en 1885 a partir de explotaciones inglesas (Morrison 1917). Este proceso se potenció cuando fue complementado con la faena y la exportación de carne, también a cargo de empresas inglesas.

El desarrollo de las primeras explotaciones estuvo a cargo de colonos con escaso conocimiento de la zona o por pobladores nativos sin mayor experiencia en la actividad ganadera. Si bien algunos autores llamaron la atención tempranamente sobre el impacto del pastoreo ovino sobre los pastizales y la necesidad de controlar la carga (Willis 1914), en general no se plantearon en esa etapa sistemas de manejo planificado del recurso forrajero. En ese marco, el stock ovino en la Patagonia aumentó sostenidamente hasta 1952 y luego comenzó a bajar, para algunos autores debido a la merma de la receptividad de los campos (Soriano y Movia 1986). Los antecedentes provenientes de otros lugares del mundo (Senft et al. 1987, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994) y la existencia de una marcada correspondencia temporal y espacial entre la difusión del ganado ovino y la aparición de signos de deterioro refuerzan la suposición de que la ganadería ovina sería una de las principales causas del deterioro de estos ambientes en la Patagonia (Willis 1914, Borelli et al. 1984; León y Aguiar 1985, Soriano y Movia 1986, Iglesias de Cuello 1988, Del Valle et al. 1998). Golluscio et al. (1998a) propusieron tres factores de manejo, todos ellos relacionados con el pastoreo selectivo ovino, que reducirían la receptividad de los campos patagónicos al acelerar los procesos de degradación de los ecosistemas: el pastoreo continuo a lo largo del año, la distribución inadecuada de los animales en potreros muy extensos que abarcan diversas comunidades y la sobrestimación de la capacidad de carga de los pastizales.

Hoy existe consenso acerca de que el deterioro causado por el impacto de la ganadería sobre los pastizales patagónicos ha provocado la desertificación de gran parte de los mismos y constituye un grave problema para la región. Paruelo y Sala (1992) caracterizaron a la desertificación como uno de los mayores problemas socioecológicos de la Patagonia, provocando pérdidas equivalentes a una zafra de lana cada siete años. Esto ha llevado a que en los últimos años se intente adaptar diferentes métodos para ajustar la carga de pastoreo a niveles considerados ajustados a la disponibilidad forrajera (Borelli et al. 1990, Somlo et al. 1995, Nakamatsu et al. 1998, Bonvisutto y Somlo 1998, Golluscio et al. 1998a, Elissalde et al. 2002).

En el Noroeste de la Provincia del Chubut, dos son las metodologías usadas habitualmente para determinar la receptividad de un cuadro: una desarrollada en la Facultad de Agronomía de la UBA, el Método de la PPNA (Mppna; Golluscio et al. 1998a) y la otra en la EEA INTA Chubut, el Método del

Valor Pastoral (Mvp; Nakamatsu et al. 1998). Ambas estiman la Receptividad como el cociente entre la Disponibilidad Forrajera y el Consumo Forrajero Anual por Animal (Ecuación 2.1), pero difieren en el cálculo de la Disponibilidad Forrajera:

$$\text{Rec} = \text{DF} / \text{CFA}$$

**Ecuación 2.1:** Rec: receptividad, DF: disponibilidad forrajera, CFA: consumo forrajero anual por animal.

El Método de la PPNA estima a la Disponibilidad Forrajera como el producto entre la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) y el Índice de Cosecha (IC) (Ecuación 2.2). La PPNA se estima a partir de una regresión entre ésta y el Índice Verde Normalizado (IVN). El IVN es un índice radiométrico proporcional a la diferencia entre las reflectancias terrestres en el infrarrojo cercano y el rojo visible (Sellers 1987). Dado que la vegetación tiene una alta absorción en la banda roja y una alta reflexión en la banda infrarroja, el IVN evalúa la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida a nivel de canopy, siendo esta determinada principalmente por la PPNA (Monteith 1981). La relación PPNA/IVN fue calculada para pastizales templados de Estados Unidos (Paruelo et al. 1997) y también para el Centro Oeste de la Patagonia (Jouve y Paruelo 1999, Paruelo et al. 2004). El Índice de Cosecha (Golluscio et al. 1998a) es el porcentaje de la PPNA consumido por los herbívoros. Su cálculo se basa en las relaciones lineales entre la biomasa de herbívoros y la PPNA, ambas variables expresadas en escala logarítmica y en unidades de energía por unidad de superficie, encontradas por Oesterheld et al. (1992), tanto en sistemas naturales como en manejados por el hombre. Si bien en ambos casos las pendientes eran similares, en los sistemas ganaderos la ordenada al origen era menor.

$$\text{DF} = \text{PPNA} \times \text{IC}$$

**Ecuación 2.2:** PPNA: productividad primaria neta aérea, IC: índice de cosecha.

En Método del Valor Pastoral calcula la Disponibilidad Forrajera (DF) como el producto de la Producción Forrajera (PF) por el Factor de Uso (FU) (Ecuación 2.3). El Factor de Uso es el porcentaje de la biomasa forrajera disponible que

puede ser pastoreado por el ganado sin comprometer una producción sostenible en el tiempo, y varía con el tipo de vegetación, las precipitaciones y el vigor de las especies vegetales de mayor importancia forrajera (Holechek et al. 1989). Precisamente estos autores lo definieron para las especies clave en ambientes de Norte América (Holechek et al. 1989). El concepto de "especie clave" hace referencia a aquéllas que, debido a su palatabilidad, dominancia u otro factor, pueden usarse para realizar observaciones significativas que permitan estimar tendencias o condición de un pastizal (Stoddart et al. 1975). Elissalde et al. (2002) aplicaron en la Patagonia valores de Factor de Uso similares a lugares de los Estados Unidos con regímenes de precipitaciones equivalentes y comunidades vegetales parecidas. Para la Región Ecológica de Sierras y Mesetas, que abarca las porciones de los Distritos Sub-Andino y Occidental de las Provincias de Río Negro y Chubut, asumieron que el Factor de Uso varía entre 30 y el 50 % (Elissalde et al.2002). La amplitud de este rango abarca situaciones de erodabilidad de suelos que pueden darse en áreas con relieve quebrado (EEA INTA Chubut, 1994).

$$DF = PF \times FU$$

**Ecuación 2.3:** DF: disponibilidad forrajera, PF: producción forrajera, FU: factor de uso

La Producción Forrajera se determina sumando el Forraje Consumido Previamente (FCP) y el Forraje Remanente (FR) (Ecuación 2.4).

$$PF = FCP + FR$$

**Ecuación 2.4:** FCP: forraje consumido previamente, FR: forraje remanente.

El Forraje Consumido Previamente 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, asumiendo un consumo anual de 300 kg ms.UGO<sup>-1</sup>. El Forraje Remanente se calcula a partir de una función lineal del Valor Pastoral (VP). El VP es una expresión sintética de la calidad forrajera de la vegetación acuñada por Daget y Poissonet (1971), que tiene en cuenta su composición florística y el valor forrajero relativo de las especies (Passera et al. 1983). Para las principales Áreas Ecológicas de la Provincia del Chubut se modificó el algoritmo original de cálculo del Valor Pastoral (Ver Capítulo 3). Luego se desarrolló una regresión



entre Valor Pastoral y productividad forrajera, midiendo ambos a campo (Nakamatsu 1998) (VP(Nak)) (Cuadro 2.1).

Área Ecológica	Pendiente	Error estándar	R <sup>2</sup>	N	p
Monte Austral	13.3	1.48	0.85	16	< 0.001
Sierras y Mesetas Occidentales	9.58	0.99	0.79	26	< 0.001
Sierras y Mesetas Centrales	14.05	2.18	0.62	24	< 0.001

**Cuadro 2.1:** Regresiones lineales forzadas por el origen entre la disponibilidad forrajera y el Valor Pastoral para tres áreas ecológicas de la Provincia del Chubut. Para el cálculo de la Disponibilidad Forrajera se toma en cuenta la biomasa forrajera verde total herbácea y el 20% de la biomasa forrajera verde de las leñosas forrajeras (Nakamatsu et al. 1998). R<sup>2</sup> coeficiente de determinación, N: número de observaciones, p:probabilidad.

El VP(Nak) se calcula a partir de la sumatoria de los productos del Índice de Calidad Específica de cada especie (ICEi en una escala que varía entre 0 a 5) (Cuadro 2.6) por la frecuencia relativa de Toques Forrajeros por Especie (Tfi /  $\Sigma$ TFi) obtenidos en 100 observaciones sobre una transecta realizada a campo. Dicha sumatoria es luego multiplicada por la constante 0.2 para que el valor varíe entre 0 y 1 y por la cobertura forrajera total (For) expresada en porcentaje, para tomar en cuenta el efecto de la calidad a escala de stand completo (vegetación y suelo desnudo) y no sólo a escala de la superficie del mismo cubierta por vegetación (Ecuación 2.5). El ICEi se estableció tomando en cuenta el grupo funcional al que pertenece cada especie, 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 et al. 1995), y su disponibilidad a lo largo del año, evaluada a partir de su fenología (Siffredi et al. 1981) y su porcentaje de aparición en la dieta a lo largo del año (Pelliza et al. 1997).

$$VP(Nak) = 0.2 \times \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (TFi \times ICEi)}{\sum TFi} \right] \times For$$

**Ecuación 2. 5:** VP(Nak) Valor pastoral (Nakamatsu et al. 1998), TF: toque forrajeros especie, ICE: índice de calidad específica, For: cobertura forrajera.

Si bien ambos métodos están basados en regresiones muy significativas y arrojan resultados razonables a juzgar por la performance de la hacienda en el corto plazo, no existe mucha información acerca de los efectos que acarrear

sobre la salud del pastizal. La dependencia del Método de la PPNA respecto de la cantidad de vegetación y del Método del Valor Pastoral tanto de la cantidad como de la calidad forrajera, abre la posibilidad de diferenciar el peso de estos dos factores en el cálculo de la disponibilidad forrajera que realiza cada uno.

Esto dio lugar al desarrollo reciente de análisis comparativos entre ambos métodos que permitieron relacionar tanto los resultados obtenidos con cada uno como sus supuestos (Golluscio et al. 1998a, Rodano 2004). En esos trabajos se sugirió que los cálculos de la Tasa de Extracción hechos por los dos métodos (representada en uno por el Índice de Cosecha y en el otro por el Factor de Uso) tienen limitaciones que ameritan un esfuerzo de revisión.

El Método de la PPNA, que utiliza el Índice de Cosecha, resulta práctico y expeditivo, pero la estimación de este índice a partir exclusivamente de la productividad resulta sin duda demasiado general y está basada en datos estadísticos departamentales que no representan necesariamente una carga ganadera adecuada. Además, en su determinación no se consideran ni la fisonomía y ni la composición florística de las comunidades y tampoco se tiene en cuenta el grado de deterioro del pastizal (Golluscio et al. 1998a). De hecho, Paruelo et al. (2000, 2001) plantearon un factor de ajuste del cálculo de la receptividad por el Método de la PPNA en función de la fisonomía de la vegetación e, incluso, de la composición florística de los distintos cuadros (Paruelo y Golluscio. 2003). Además en un análisis hecho por Rodano (2004) con datos de Oesterheld et al. (1992) y Milchunas y Lauenroth (1993) correspondiente al rango de bajas productividades la relación no parece ser creciente.

Por otra parte, en el Método del Valor Pastoral la determinación del Factor de Uso se basa en valores empíricos dados para las especies clave de pastizales similares de Norte América (Holechek et al. 1989), pero no necesariamente válidos para la Patagonia ni para la Producción Forrajera Total, en la determinación del Factor de Uso tampoco se considera ni la fisonomía ni la composición florística de la comunidad, sino solamente la Región Ecológica y el rango de valores recomendado (30-50%) es tan amplio que puede implicar una variación de la disponibilidad forrajera calculada de un 67%. Por otra parte la comparación entre estos dos métodos hecha por Rodano (2004) a partir de censos realizados en el Distrito Occidental en campos con dos condiciones contrastantes de intensidad de uso, indicarían que el Método del Valor Pastoral

es menos sensible que el Método de la PPNA a los cambios en la cantidad de forraje y sus resultados tienen una alta dependencia respecto a los valores asignados al Forraje Consumido y al Factor de Uso, mientras que el Método de la PPNA es mucho más sensible a la PPNA que el Método del Valor Pastoral. Sin embargo, las conclusiones del trabajo de Rodano (2004) deben ser evaluadas cuidadosamente por que su comparación no partió de estimaciones del Valor Pastoral realizadas con el método propuesto por INTA, que toma en cuenta la frecuencia de tejidos forrajeros de plantas sobre una transecta, sino que partió de datos de cobertura relativa por especie definida por el método fitosociológico de Braun Blanquet (1950). Tanto las limitaciones detectadas en ambos métodos, como las de la comparación realizada por Rodano (2004) justifican el presente análisis.

Las **hipótesis específicas** de este capítulo son:

1. Ambos métodos arrojan estimaciones semejantes de disponibilidad forrajera.
2. El Método de la PPNA tenderá a mayores estimaciones de disponibilidad que el Método del Valor Pastoral en condiciones de alta PPNA, mientras que el Método del Valor Pastoral tenderá a menores estimaciones de disponibilidad que el Método de la PPNA en condiciones de baja calidad forrajera.

Para ponerlas a prueba se evaluó la correspondencia entre la estimación de la disponibilidad forrajera obtenida por ambos métodos. Además se analizó la variación de la diferencia entre ambas estimaciones en función de la productividad primaria neta aérea, la fisonomía y la calidad forrajera de la vegetación estimada a partir de su Valor Pastoral. De esta manera se procuró detectar puntos débiles en ambos métodos a fin de contribuir a una estimación más ajustada de la disponibilidad forrajera.

### **Métodos:**

Se comparó la disponibilidad forrajera calculada por ambos métodos a escala regional a través de regresiones. Para esto se partió de datos provenientes de 119 sitios ubicados en diferentes campos del NO de la Provincia del Chubut, correspondientes tanto al Distrito Occidental como al Subandino. Se procuró cubrir un gradiente latitudinal y longitudinal amplio así como incluir distintas formas fisiográficas, grados de deterioro y composiciones florística (Figura 1.1, Cuadro 2.2).

Variable	Valor máximo	Valor mínimo	Promedio
Latitud	44°12'27"	42°05'12"8/10	
Longitud	70°09'16"8/10	71°18'46"6/10	
Productividad primaria neta aérea (ms.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	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

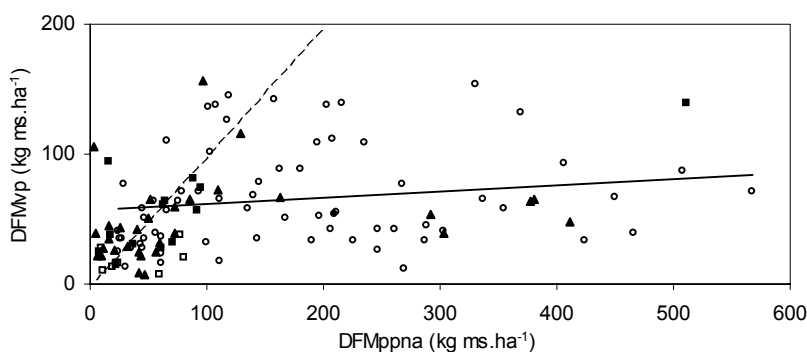
**Cuadro 2.2:** Ubicación, productividad y caracterización fisonómica de los sitios censados en el análisis a escala regional.

Para la determinación de la productividad primaria neta área (PPNA) de cada censo se calculó el Índice Verde Normalizado (IVN) medio de los nueve píxeles más cercanos a la ubicación georeferenciada, partiendo de una imagen LANDSAT TM de diciembre de 1997 (años en que se registraron precipitaciones próximas a la media para la zona) y se aplicó la ecuación que relaciona el IVN con la PPNA presentada por Paruelo et al. (2004). La caracterización fisonómica florística de cada censo y el cálculo de Valor Pastoral se realizaron siguiendo la metodología desarrollada por Nakamatsu et al. (1998) y Elissalde et al. (2002) (VP(Nak)). A tal fin se realizaron censos de puntos sobre 100 observaciones realizadas secuencialmente cada dos metros sobre una transecta. La correlación entre los resultados de ambas estimaciones se analizó tomando todos los datos en conjunto y también clasificándolos en los diferentes tipos fisonómicos (Anchorena 1978, Paruelo et al. 2004) a partir de la cobertura de los principales tipos funcionales, no considerando las praderas por no utilizarse el Método de Valor Pastoral en este tipo de comunidades. También la correlación se analizó en rangos de productividades y rangos de VP(Nak). No solo se consideró el grado de ajuste entre ambas variables sino cuanto se diferenció ese ajuste de la relación 1:1. También se estudiaron las relaciones de la Cobertura Forrajera (For) y la PPNA con el VP(Nak), a fin de valorar la incidencia de la cantidad de forraje sobre la estimación de disponibilidad realizada por el Método del Valor Pastoral. Finalmente, se estudió en que medida influyen en los dos modelos cada uno de los términos utilizados para su cálculo, a fin de evaluar

como estos también influyen a su vez en el grado de correspondencia entre ambas metodologías.

### Resultados:

Al comparar los resultados dados por ambos métodos para los mismo sitios se observó que su correspondencia fue muy pobre, aunque significativa ( $R^2 = 0.11$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig 2.1). La pendiente de la regresión fue significativamente inferior a 1, lo cual sugiere que la estimación del Método del Valor Pastoral (DFMvp) arroja resultados menores a la del Método de la PPNA (DFMppna). En efecto, las estimaciones obtenidas por el Método del Valor Pastoral se distribuyeron en un rango de Disponibilidad Forrajera menor (DFMvp = 0-200 kg ms.ha<sup>-1</sup>) que las obtenidas por el Método de la PPNA (DFMppna=0-600 kg ms.ha<sup>-1</sup>). Como consecuencia, cuando la DFMppna superó los 150 kg ms.ha<sup>-1</sup> resultó claramente superior a la DFMvp. (Figura 2.1). El ajuste entre ambas estimaciones de DF mejoró en el rango de DFMppna < 200 kg ms.ha<sup>-1</sup>, pero la pendiente siguió siendo muy inferior a 1 ( $R^2 = 0.25$ ,  $b = 0.36$ ,  $p < 0.00001$ ,  $N = 87$ ). (Figura 2.1)



**Figura 2.1:** Ajuste entre las estimaciones de Disponibilidad Forrajera (DF) obtenidas por ambos métodos a escala regional ( $DFMvp = 44.3 + 0.09 DFMppna$ ,  $R^2 = 0.11$ ,  $p = 0.0003$ ,  $N = 119$ ). La línea continua corresponde al modelo y la discontinua corresponde a la relación 1:1. Los censos se diferencian por tipo fisonómico (cuadrados blancos: censos en eriales, triángulos negros: censos en estepas arbustivo-graminosas, círculos blancos: censos en estepas graminoso-arbustivas, cuadrados negros: censos en estepas subarbusivo graminosas y círculos negros: censos en praderas).

En todos los tipos fisonómicos estudiados el Método de la PPNA arrojó estimaciones mayores que las del Método del Valor Pastoral (pendiente menor que 1). Inclusive en algunos tipos fisonómicos el ajuste entre ambas estimaciones de disponibilidad dejó de ser estadísticamente significativo. En las

estepas subarbustivo-graminosas el ajuste fue más significativos que en el modelo general (Cuadro 2.3). En los eriales el ajuste mostró el mismo coeficiente de determinación que el modelo general pero no fue significativo dado el escaso número de casos incluido. En cambio, en las estepas integradas por pastos y por arbustos, los ajustes fueron mucho más pobres que el modelo general y no significativos (Cuadro 2.3):

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Pendiente</b>	<b>p</b>	<b>N</b>
<b>Erial</b>	0.12	0.12	0.44	7
<b>Estepa arbustivo-graminosa</b>	0.09	0.07	0.08	31
<b>Estepa sub arbustivo-graminosa</b>	0.38	0.18	0.01	15
<b>Estepa graminoso-arbustiva</b>	0.02	0.05	0.20	65

**Cuadro 2.3:** Modelos lineales para la relación de los valores de disponibilidad forrajera dados por los Métodos de la PPNA y el Método del Valor Pastoral en los distintos tipos fisonómicos. R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación, p: probabilidad, N: número de repeticiones.

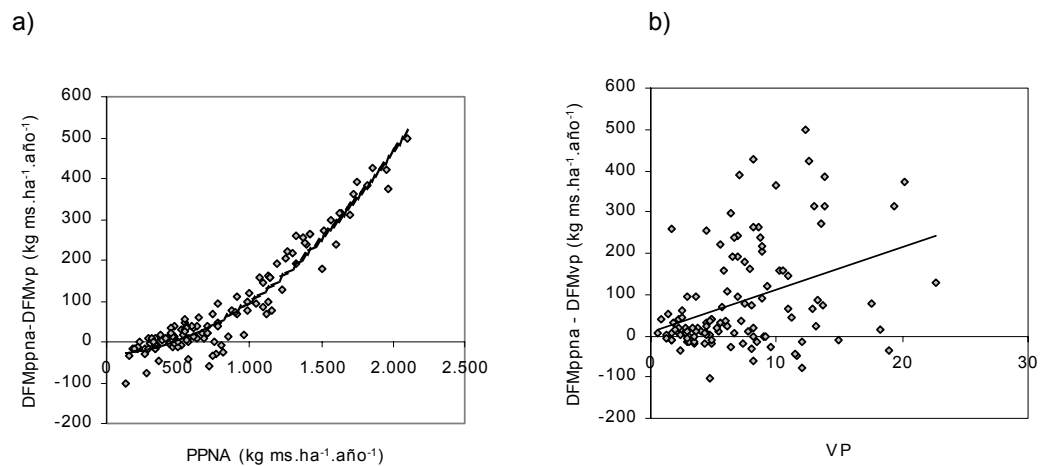
En los dos tipos fisonómicos con mayor número de censos y peor ajuste global (estepa arbustiva graminosa y estepa graminosa arbustiva) el ajuste mejoró sensiblemente dentro del grupo de censos de menor VP(Nak), aunque la pendiente siguió siendo significativamente menor que 1 (Cuadro 2.4).

	<b>Valor pastoral</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Pendiente</b>	<b>p</b>	<b>N</b>
<b>Estepa arbustivo graminosa</b>	0.8-4.48	0.43	0.29	0.005	16
	4.49-13.9	0.008	0.006	0.92	15
<b>Estepa graminoso arbustiva</b>	1.28-7.5	0.14	0.109	0.31	32
	7.51-22.7	0.03	-0.043	0.03	33

**Cuadro 2.4:** Modelos lineales para la relación de los valores de disponibilidad forrajera dados por los Métodos de la PPNA y el Método del Valor Pastoral para distintos tipos fisonómicos, estratificado por rangos de VP(Nak). R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación, p: probabilidad, N: número de censos.

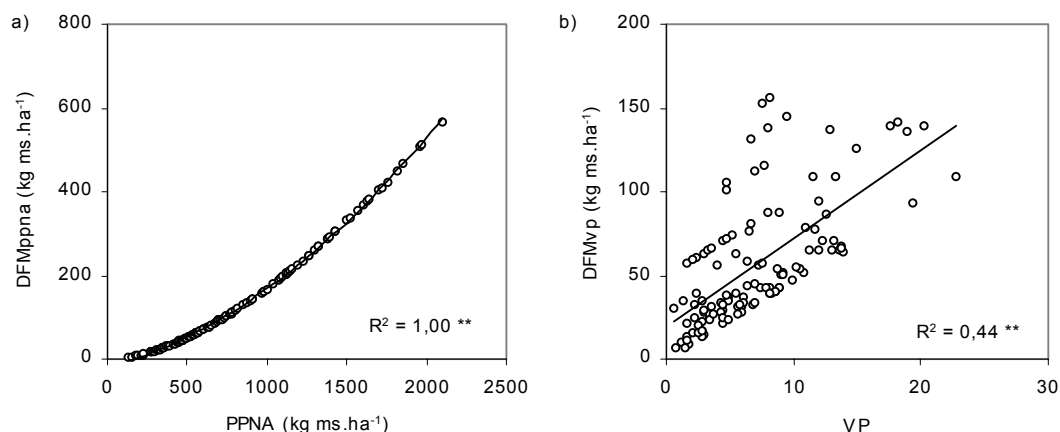
La diferencia entre ambas estimaciones (DFMppna – DFMvp) mostró un aumento cuadrático muy significativo con el aumento de la PPNA (R<sup>2</sup> = 0,93), alcanzando valores negativos con productividades por debajo de los 500 kg de ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>1</sup>, y positivos por encima de ese umbral (Figura 2.2.a). De acuerdo al modelo general presentado por Oosterheld et al. (1992), ese umbral de PPNA

correspondería a pastizales con una productividad forrajera de alrededor de 51 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (receptividad equivalente a 0.17 UGOs.ha<sup>-1</sup>) (Somlo et al.1995). En todo el rango de calidad forrajera analizado (estimada a partir del VP(Nak)), la DFMppna superó a la DFvp (Figura 2.2.b). Si bien se encontró una tendencia al aumento de la diferencia entre las dos estimaciones (DFMppna – DFMvp) a medida que aumentó el VP(Nak) esta relación fue mucho más débil que la observada con respecto a la PPNA (Fig 2.2.b), la que se evidencia en los valores alcanzados en cada caso por el coeficiente de determinación r<sup>2</sup>.



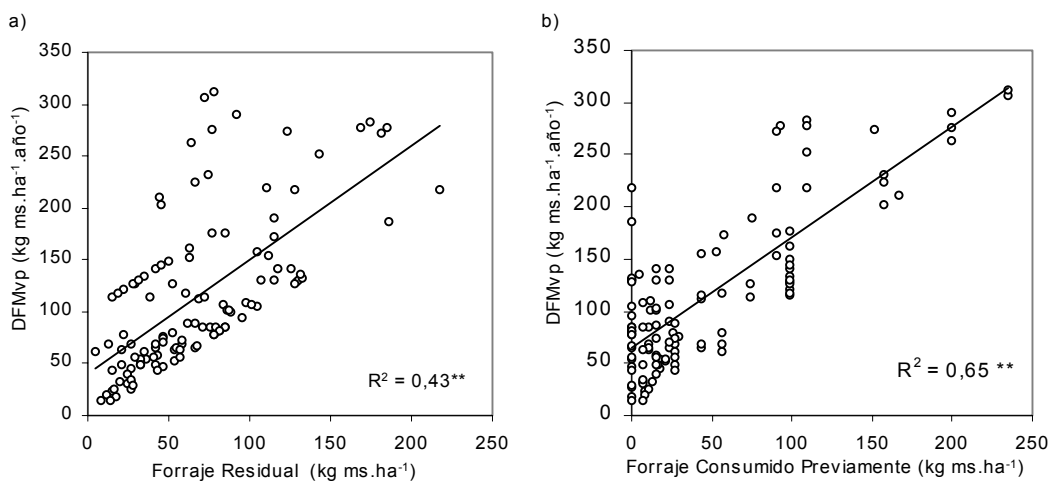
**Figura 2.2:** Relación entre la diferencia de estimaciones de disponibilidad forrajera calculada por ambos métodos (DFMppna-DFMvp) y (a) la productividad primaria neta aérea (PPNA);  $DFMppna-DFMvp = 0.0001PPNA^2 + 0.00073 PPNA - 29.331$ ,  $R^2 = 0.927$ ,  $p < 0.0001$ ,  $N = 119$  y (b) el VP;  $DFMppna-DFMvp = 10.302 VP(Nak) + 8.7218$ ,  $R^2 = 0.14$ ,  $p = 0.0001$ ,  $N = 119$ . En ambos casos la línea continua representa la regresión ajustada.

Si bien la PPNA y el Valor Pastoral son las variables que definen a cada uno de los dos métodos, el peso de la PPNA en el Método del PPNA es mucho mayor que el del Valor Pastoral en el Método del VP (Figura 2.3).



**Figura 2.3:** Relación entre a) PPNA y la disponibilidad forrajera calculada por el Método de la PPNA y b) VP y la disponibilidad forrajera calculada por el método del VP. El doble asterisco indica un grado de significancia  $p < 0.001$ .

Incluso la estimación del forraje consumido previamente tiene mayor peso que el forraje residual en el cálculo de disponibilidad forrajera por el método del Valor Pastoral (Figura 2.4):

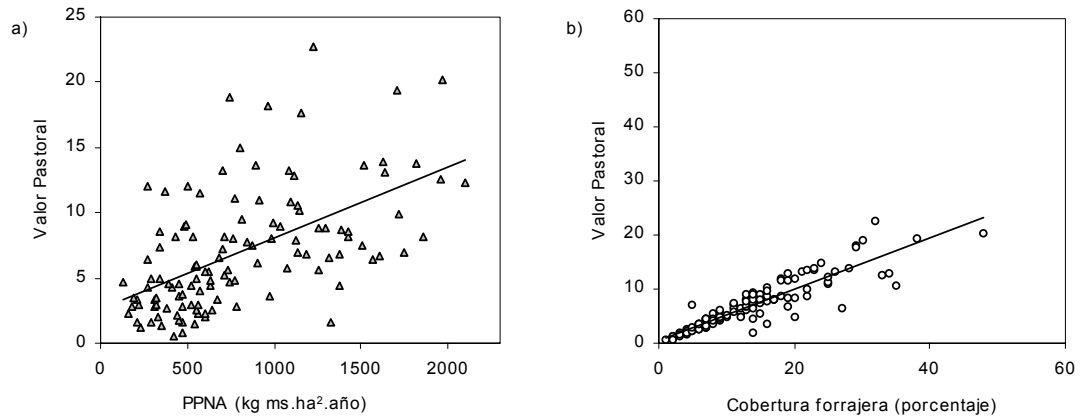


**Figura 2.4:** Relación entre la disponibilidad forrajera estimada por el método del valor pastoral y el a) forraje residual y b) forraje consumido previamente. Los asteriscos dobles indica un grado de significancia  $p < 0.001$ .

Finalmente también debería considerarse la posibilidad de que exista un efecto enmascarado de la PPNA, ya que ésta estuvo significativamente correlacionada con el VP(Nak) (Figura 2.5.a). Ese efecto de la cantidad de



vegetación sobre el VP(Nak), variable que originalmente se presumió asociada exclusivamente a la calidad de la vegetación, se hizo aún más evidente al analizar la elevada correlación entre el VP(Nak) y la Cobertura Forrajera total (For), parámetro que por otra parte es utilizado en el propio cálculo del VP(Nak) (Ecuación 2.5) (Figura 2.5.b)



**Figura 2.5:** Modelo lineal que relaciona el VP(Nak) con a) la PPNA:  $(VP(Nak) = 0.0054 PPNA + 2,6874; R^2 = 0.31; p = < 0.00001, N = 119)$  y b) la For:  $(VP(Nak) = 0.63 + 0.47 For, R^2 = 0.81, p = < 0.00001, N = 119)$ . En ambos casos, la línea continua representa la regresión ajustada.

La inclusión conjunta de la PPNA y el VP(Nak) en un modelo de regresión múltiple sintetiza los efectos de ambas variables sobre la diferencia entre las estimaciones de disponibilidad por los dos métodos. Dicho modelo mostró que, tal como se hipotizara, la diferencia entre ambas estimaciones se incrementó en forma cuadrática a medida que aumentó la PPNA y disminuyó linealmente a medida que aumentó el VP(Nak). Las tendencias mencionadas se mantuvieron al analizar en particular la información proveniente de censos con baja Disponibilidad Forrajera estimada por el Método de la PPNA ( $< 200 \text{ kg ms ha}^{-1}$ ) o baja PPNA ( $< 500 \text{ kg ms ha}^{-1}$ , Cuadro 2.5):

Caso	Rango de ppna	Rango de DFMppna	Coefficiente de PPNA <sup>2</sup>	Coefficiente de VP(Nak)	p(modelo)	R <sup>2</sup>	N
a	0-∞	0-∞	1.4E-04	-4.82	< 0.00001	0.95	119
b	-	0-200	1.4E-04	-4.81	< 0.00001	0.95	83
c	0-500	-	2.4E-04	-5.11	< 0.00001	0.66	38

**Cuadro 2.5:** Modelos de regresión múltiple en los que la PPNA (cuadrática) y el VP(Nak) (lineal) son variables independientes y la diferencia entre los métodos de estimación de la disponibilidad forrajera (Mppna-Mvp) es la variable dependiente: considerando (a) todos los datos juntos, (b) los valores de DF menores de 200 kg ms ha<sup>-1</sup> y (c) solo los valores PPNA menores de 500 kg ms ha<sup>-1</sup>. Un asterisco sobre el valor de la pendiente indican una 0.05>p>0.01 y doble asterisco 0.01>p para esa variable. p: probabilidad, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación, N: número de censos.

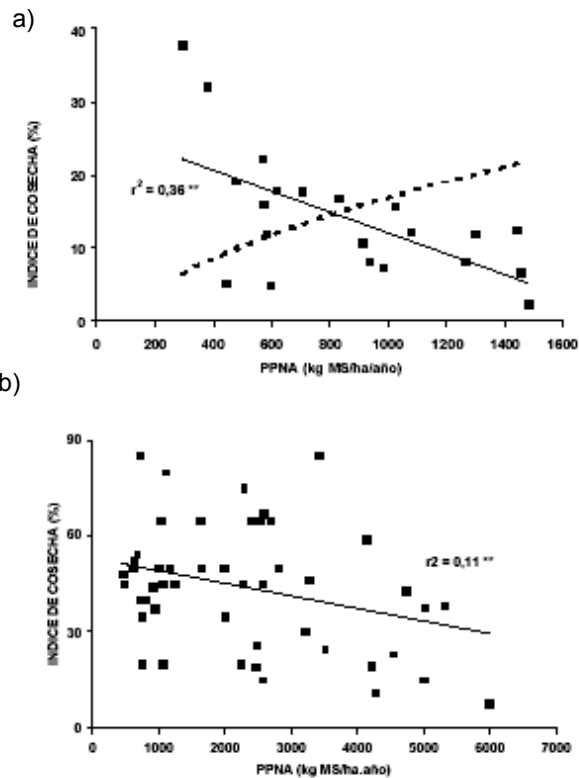
### Discusión:

La correspondencia entre las estimaciones de disponibilidad forrajera realizadas por ambos métodos fue muy pobre. Estos resultados contradicen la Hipótesis de este Capítulo y reafirman lo hallado por Rodano (2004). Por encima de un umbral muy bajo de PPNA (<500 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, equivalentes a DFMppna < 50 kg ms ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), los cálculos hechos con el Método de la PPNA arrojan resultados sistemáticamente mayores que los hechos con el Método del Valor Pastoral (Figura 2.1, Cuadros 2.3 y 2.4). El hecho de que el ajuste entre ambos métodos haya sido algo mejor en los pastizales más arbustivos y con menor calidad forrajera (Cuadros 2.3 y 2.4) estaría asociado a que éstas son las comunidades vegetales de menor PPNA (Paruelo et al. 2004).

Esta diferencia entre estimaciones entre métodos se debió a que, tal como predecía la segunda hipótesis específica de este Capítulo, las disponibilidades forrajeras calculadas por el Método de la PPNA tendieron a aumentar mucho más que las hechas por el Método del Valor Pastoral con la PPNA. Si bien PPNA y Valor Pastoral están relacionados (Figura 2.5 a), no se observó un comportamiento similar entre las diferencia entre estimaciones de disponibilidad a lo largo del gradiente de VP(Nak) (Figura 2.2.b). Incluso al analizar en forma conjunta ambas variables, PPNA y Valor Pastoral, salvando los posibles efectos enmascarados ente ambas, se observó que la diferencia entre métodos aumenta muy fuertemente con la PPNA mientras que disminuye con el VP(Nak) (Cuadro 2.5). Dicho patrón posiblemente esta también relacionado a que el peso de la PPNA en el cálculo de Disponibilidad Forrajera por el Método de la PPNA es mucho mayor y que el que tiene el Valor Pastoral en el Método del Valor Pastoral (Figuras 2.3 y 2.4), Coincidiendo por otra parte, con el patrón encontrado por

Rodano (2004) al analizar un conjunto de datos enteramente independiente de éste.

Con respecto a la posibilidad de articulación entre ambos métodos, los análisis hechos plantean algunas certezas interesantes y precisan ciertas dudas que sería necesario explorar en mayor profundidad. La diferencia entre métodos guarda una relación mucho más fuerte con la PPNA que con las características florísticas (Figura 2.2 y Cuadro 2.5) y esta estaría relacionada al alto peso que tiene la PPNA en el Método de la PPNA (Figura 2.3 a), lo cual inevitablemente debería estar asociado a una sensibilidad del Índice de Cosecha a la PPNA. En la metodología de cálculo actual, el Índice de Cosecha depende exclusivamente de la PPNA sin tomar en consideración otros factores ambientales como la fisonomía o la composición florística de la vegetación (Golluscio 1998a). El Índice de Cosecha fue calculado a partir de datos censales de existencia ganaderas 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 (Borelli et al 1984, León y 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 y Turner 1978, Dregne 1983, Dodd 1994, Prince et al. 1998). Asimismo, el análisis diferenciado de los datos presentados por Oesterheld et al. (1992) y por Milchunas y Lauenroth (1993) para productividades menores a  $1500 \text{ kg ms ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  muestra que el Índice de Cosecha tiende a disminuir con la PPNA (Rodano 2004) (Figura 2.6):



**Figura 2.6.** Variación en función de la PPNA de (a) el Índice de Cosecha calculado a partir de los datos de biomasa de herbívoros utilizando los datos de Oesterheld et al. (1992) para productividades menores de 1600 km.ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>: la línea de guiones indica el modelo general para PPNA 0-7000 km.ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> y la línea continua el correspondiente a este rango de PPNA, (b) el Índice de Cosecha calculado a partir de los datos publicados por Milchunas y Lauenroth (1993). Doble asterisco indica significancia estadística  $p < 0.01$ . Tomado de Rodano (2004).

La disminución del Índice de Cosecha a medida que aumenta la PPNA puede ser interpretada por diversas vías. Por ejemplo, el mayor índice en el extremo de baja productividad podría deberse a que la mayor parte de la biomasa aérea se encuentre como brotes tiernos que son rápidamente consumidos, induciéndose a un rejuvenecimiento de tejidos en comunidades (Matzedian y Sharrow 1990, Bertiller y Defossé 1990). En otras comunidades, podría inducir una disminución del tamaño de arbustos y pastos dominantes poco preferidos que permitirían el desarrollo de gramíneas y graminoides de menor porte pero de mayor valor nutricional como encontraron en estepas gramíneas subhúmedas Cingolani (1999) y Cingolani et al. (2002). Como consecuencia, en el extremo de menor PPNA los animales pueden presentar alta

preferencia por especies muy poco consumidas en condiciones de alta disponibilidad. Las dos especies domésticas mejor adaptadas a pastizales poco productivos -ovino y caprino- tienen gran capacidad para modificar su dieta de acuerdo a la disponibilidad forrajera (Bonvissuto et al. 1984b, Bonino et al. 1986, Somlo et al. 1994, Somlo y Cohen 1997). En el extremo de alta PPNA la biomasa acumulada puede reducir la accesibilidad del forraje (Cingolani 1999).

La realización de mediciones a campo tanto del Índice de Cosecha como de sus determinantes (PPNA, VP(Nak), etc.) permitirá analizar experimentalmente la relación entre la Tasa de Extracción, la PPNA y el VP(Nak) así como contribuir al desarrollo de sistemas más confiables de estimación de la receptividad (Cingolani 1999, Cingolani et al. 2002).

El aumento de la diferencia de disponibilidad forrajera entre las estimaciones por ambos métodos a medida que aumenta la productividad también podría deberse a una baja sensibilidad del Método del Valor Pastoral a variaciones en la PPNA. El VP(Nak) tiene una correspondencia mayor con la cobertura forrajera que con la PPNA. Rodano (2004) demostró que el hecho de que el VP(Nak) no pueda alcanzar un valor superior a 100 limita su capacidad de reflejar aumentos de la disponibilidad de forraje en condiciones de alta PPNA. De todas formas, los resultados presentados sugieren que la influencia del VP(Nak) en el grado de ajuste entre métodos es menor que la de PPNA. Esto se debería no solamente al efecto de la PPNA arriba descrito, sino también a que el VP(Nak) tiene menor peso que la PPNA en la estimación de disponibilidad forrajera (Figura 2.3) e influye sólo en uno de los componentes del cálculo de la Disponibilidad Forrajera (el Forraje Remanente) (Cuadro 2.1), que tiene menor peso que el Forraje Consumido Previamente en el cálculo (Figura 2.4 y Rodano 2004). El aumento de la diferencia entre estimaciones observado a altas PPNA y bajos VP(Nak) hace necesaria la medición a campo de los parámetros clave para ambas estimaciones. En el Método de la PPNA debería concentrarse el análisis en la estimación del Índice de Cosecha y en el Método del Valor Pastoral debería concentrarse en su baja sensibilidad a los aumentos de productividad y en el desarrollo de un sistema confiable de estimación del Factor de Uso, especialmente teniendo en cuenta su alta incidencia en las estimaciones de disponibilidad obtenidas por este método (Rodano 2004). En los capítulos 4 y 5 se profundizará este tema a partir del análisis de información sobre consumo recogida a campo.

## Conclusiones

- Las estimaciones de disponibilidad hechas por el Método de la PPNA y por el Método del Valor Pastoral muestran un bajo nivel de correspondencia.
- La diferencia entre ambas estimaciones tiene una relación directa con la PPNA e inversa con el VP(Nak), a pesar de que la PPNA y el VP(Nak) están relacionados entre sí.
- La PPNA tiene un efecto mayor que el VP(Nak) sobre la diferencia entre ambos métodos de estimación de la disponibilidad.
- Los análisis realizados en este capítulo refuerzan la necesidad de mejorar las estimaciones de las tasas de extracción del ganado en relación con la PPNA y con la composición florística de las comunidades.

## Anexo:

<b>Especie</b>	<b>ICE.</b>	<b>Grupo funcional</b>
<i>Agropyron</i> spp.	2	Gramíneas
<i>Agrostis</i> spp.	5	Gramíneas
<i>Bromus brevis</i>	3	Gramíneas
<i>Bromus unioloides</i>	3	Gramíneas
<i>Bromus setifolius</i>	3	Gramíneas
<i>Distichlis</i> spp.	1	Gramíneas
<i>Elymus erianthus</i>	5	Gramíneas
<i>Festuca argentina</i>	0	Gramíneas
<i>Festuca pallescens</i>	2	Gramíneas
<i>Festuca pyrogea</i>	1	Gramíneas
<i>Hordeum comosum</i>	5	Gramíneas
<i>Panicum urvilleanum</i>	1	Gramíneas
<i>Poa dusсенii</i>	5	Gramíneas
<i>Poa lanuginosa</i>	3	Gramíneas
<i>Poa ligularis</i>	5	Gramíneas
<i>Piptochaetium napostense</i>	5	Gramíneas
<i>Rytidosperma</i> spp.	5	Gramíneas

<i>Sporobolus rigens</i>	0	Gramíneas
<i>Stipa ameghinoi</i>	3	Gramíneas
<i>Stipa humilis</i>	0	Gramíneas
<i>Stipa ibari</i>	3	Gramíneas
<i>Stipa longiglumis</i>	4	Gramíneas
<i>Stipa neaei</i>	3	Gramíneas
<i>Stipa psylantha</i>	3	Gramíneas
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	0	Gramíneas
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	2	Gramíneas
<i>Stipa tenuis</i>	4	Gramíneas
<i>Carex argentina</i>	4	Graminoideas
<i>Carex gayana</i>	2	Graminoideas
<i>Carex subantartica</i>	1	Graminoideas
<i>Juncus balticus</i>	2	Graminoideas
<i>Acantholippia seriphioides</i>	2	Arbustos
<i>Adesmia boronoides</i>	0	Arbustos
<i>Adesmia campestris</i>	3	Arbustos
<i>Anarthrophyllum rigidum</i>	1	Arbustos
<i>Atrplex lampa</i>	2	Arbustos
<i>Baccharis darwinii</i>	3	Arbustos
<i>Berberis heterophylla</i>	1	Arbustos
<i>Bougainvillea spinosa</i>	0	Arbustos
<i>Brachyclados liciodes</i>	2	Arbustos
<i>Brachyclados megalantus</i>	3	Arbustos
<i>Coliguaya integerrima</i>	0	Arbustos
<i>Condalia microphilla</i>	0	Arbustos
<i>Cyclolepis genistoides</i>	1	Arbustos
<i>Corynabutilon bicolor</i>	3	Arbustos
<i>Chuquiraga avellanadae</i>	2	Arbustos
<i>Chuquiraga histrix</i>	2	Arbustos
<i>Discaria articulata</i>	0	Arbustos
<i>Ephedra ochreatea</i>	3	Arbustos
<i>Ephedra triandra</i>	0	Arbustos
<i>Fabiana denudata</i>	2	Arbustos
<i>Franquenía patagónica</i>	1	Arbustos

<i>Gutierrezia solbrigii</i>	3	Arbustos
<i>Haplopappus pectinatus</i>	1	Arbustos
<i>Junelia ligustrina</i>	5	Arbustos
<i>Junelia Thymifolia</i>	3	Arbustos
<i>Junelia tridens</i>	3	Arbustos
<i>Larrea</i> spp.	0	Arbustos
<i>Lycium ameghinoi</i>	1	Arbustos
<i>Lycium chilense</i>	5	Arbustos
<i>Mulinum spinosum</i>	1	Arbustos
<i>Nardophillum chilliotrichoides</i>	1	Arbustos
<i>Nardophillum obtusifolium</i>	0	Arbustos
<i>Pleurophora patagónica</i>	3	Arbustos
<i>Prosopidastrum globosum</i>	1	Arbustos
<i>Psyla spartoides</i>	0	Arbustos
<i>Senecio filaginoides</i>	1	Arbustos
<i>Senecio</i> spp.	1	Arbustos
<i>Stillingia patagónica</i>	0	Arbustos
<i>Schinus polygamus</i>	1	Arbustos
<i>Trevoa patagónica</i>	1	Arbustos
<i>Acaena</i> spp.	3	Subarbustos
<i>Azorella caespitosa</i>	0	Subarbustos
<i>Brachyclados caespitosa</i>	2	Subarbustos
<i>Chuquiraga aurea</i>	1	Subarbustos
<i>Chuquiraga erinacea</i>	1	Subarbustos
<i>Ephedra frustillata</i>	4	Subarbustos
<i>Grindelia chioensis</i>	0	Subarbustos
<i>Junelia minutifolia</i>	1	Subarbustos
<i>Junelia seriphioides</i>	1	Subarbustos
<i>Maihuenia patagónica</i>	0	Subarbustos
<i>Maihueniopsis</i> sp.	0	Subarbustos
<i>Mulinum microphyllum</i>	0	Subarbustos
<i>Nassauvia aculeata</i>	1	Subarbustos
<i>Nassauvia axilaris</i>	0	Subarbustos
<i>Nassauvia glomerulosa</i>	2	Subarbustos
<i>Nassauvia ulicina</i>	0	Subarbustos



<i>Paronichya chilensis</i>	0	Subarbustos
<i>Perezia recurvata</i>	1	Subarbustos
<i>Tetraglochin alatum</i>	1	Subarbustos
<i>Tetraglochin ameghinoi</i>	2	Subarbustos
<i>Tetraglochin caespitosum.</i>	2	Subarbustos
<i>Verbena erinacea</i>	0	Subarbustos
<i>Adesmia corymbosa</i>	2	Hierbas
<i>Adesmia lotoides</i>	2	Hierbas
<i>Adesmia villosa</i>	2	Hierbas
<i>Adesmia obcordata</i>	2	Hierbas
<i>Adesmia graminidea</i>	2	Hierbas
<i>Armeria marítima</i>	1	Hierbas
<i>Arjona tuberosa</i>	2	Hierbas
<i>Astragalus</i> spp.	0	Hierbas
<i>Boopis anthemoides</i>	2	Hierbas
<i>Cajophora</i> spp.	0	Hierbas
<i>Calceolaria</i> spp.	2	Hierbas
<i>Cerastium arvense</i>	2	Hierbas
<i>Euphorbia collina</i>	0	Hierbas
<i>Hypochoeris</i> spp.	2	Hierbas
<i>Hoffmansegia trifoliata</i>	3	Hierbas
<i>Lathyrus magallanicus</i>	2	Hierbas
<i>Leuceria achillaefolia</i>	2	Hierbas
<i>Loasa bergii</i>	2	Hierbas
<i>Phacelia magellanica</i>	2	Hierbas
<i>Plantago patagónica</i>	1	Hierbas
<i>Relbunium richardianum</i>	2	Hierbas
<i>Rodophiala elwesii</i>	2	Hierbas
<i>Rumex acetocella</i>	0	Hierbas
<i>Sisyrinchium</i> spp.	2	Hierbas
<i>Taraxacum officinale</i>	2	Hierbas
<i>Tristagma patagónica</i>	2	Hierbas
<i>Valeriana clarasii</i>	2	Hierbas

**Cuadro 2.6:** Índice de calidad específica para las principales especies de la estepa patagónica.



### **Capítulo 3: Influencia del deterioro por pastoreo sobre la cantidad y la calidad de forraje en las estepas del Noroeste del Chubut.**

#### **Introducción:**

Los resultados físicos y económicos de la actividad ganadera dependen en buena medida de la cantidad y la calidad del forraje disponible. Un manejo sustentable ambientalmente de los pastizales tenderá a que no haya caídas en los niveles de estas dos variables (Barbier 1987, Lowrance 1990, Goodland 1993). En cambio, el sobrepastoreo puede provocar deterioro del ecosistema, generando tanto modificaciones cuantitativas como cualitativas del recurso forrajero (Moen y Oksanen 1998, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994, Olf y Ritchie 1998, Oksanen y Oksanen 2000). La cantidad de forraje es una característica posible de evaluar con relativa sencillez a partir de mediciones de biomasa, pero la calidad debe integrar distintos atributos del pastizal que incluso pueden llegar a variar de acuerdo al ambiente. El Valor Pastoral (VP) (Daget-Poisinet 1971, Nakamatsu et al. 1998) es un indicador que no solamente sintetiza a todas estas características cualitativas, sino que además está relacionado con las cuantitativas, dada su correlación con la cobertura total de especies forrajeras e, incluso, con la PPNA (Figura 2.5). En este capítulo se utilizan datos de campo para analizar (a) la relación entre la cantidad y la calidad de la vegetación, estimadas respectivamente a partir de la PPNA y del Valor Pastoral, (b) la influencia del deterioro sobre ambas variables y (c) la posibilidad de utilizar el Valor Pastoral como indicador sintético de deterioro.

Los dos factores más importantes para definir la calidad de un hábitat para pastoreo son la cantidad y calidad del forraje (Wallamo et al. 1977). Oosterheld et al. (1992) y Golluscio et al. (1998c) consideraron que ambas características tienen una relación directa. Esto se debería a que en zonas más húmedas serían menores las restricciones ambientales al crecimiento vegetal y por lo tanto la PPNA sería mayor y las especies tenderían a ser más mesofíticas que en las zonas más áridas. Las plantas mesofíticas basan su adaptación a la herbivoría en un aumento de la tasa de crecimiento compensatorio más que en la generación de defensas, aumentando de esta manera la calidad forrajera del pastizal (Milchunas y Lauenroth 1993). En cambio, en el otro extremo del

gradiente de humedad, donde las restricciones de recursos limitan la capacidad de sobrecompensación en el crecimiento de los vegetales, las especies más favorecidas ante la acción de los herbívoros son las menos preferidas (Ares et al. 1990, Defossé et al. 1990, Schlesing et al. 1990, Graetz 1991, Soriano et al. 1995, Bertiller et al. 1996). En general, la baja preferencia está asociada a una menor asignación de fotosintatos a crecimiento y una mayor asignación a la generación de defensas antiherbívoros, como órganos leñosos, compuestos secundarios, etc. (Graetz 1991, Herms y Mattson 1992, Milchunas et al. 1988, Lauenroth 1998). Por último, en las zonas más húmedas existen una mayor disponibilidad y una mejor distribución del agua para bebida favoreciendo un uso más homogéneo de las unidades de pastoreo por parte de los animales. La correlación entre el VP (parámetro ligado a la calidad de la vegetación) y la PPNA hallada en el capítulo anterior (Figura 2.5 a) apoya esta hipótesis. Sin embargo Rodano (2004), cuestiona la relación positiva propuesta entre la calidad y la cantidad de la vegetación al mostrar que no existe una relación directa entre la Tasa de Extracción y la PPNA en el rango de 0 a 1500 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

Una alta carga animal puede comprometer, por su parte, la persistencia a largo plazo tanto de la cantidad como de la calidad del forraje. Diversos trabajos que estudian procesos de deterioro de pastizales por pastoreo describen efectos directos de la herbivoría sobre la productividad (Moen y Oksaen 1988, Oksanen y Oksanen 2000) o sobre la composición florística (Graetz 1991, Milchunas et al. 1988, Olf y Ritchie 1998). Otros describen efectos indirectos, a partir de su influencia sobre la dinámica del agua (Senft et al. 1987, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994, Paruelo 1995, Aguiar et al. 1996, Aguiar y Sala 1998, Oesterheld et al. 1999), y de los nutrientes (Westoby 1985, 1986, Knapp y Seastedt 1986, Ritchie et al. 1998, Semmartin y Oesterheld 2001).

Los efectos directos del pastoreo sobre los pastizales naturales están asociados a que las distintas especies de consumidores primarios hacen un uso diferenciado de la vegetación de acuerdo a sus características (Clemens y Maloiy 1983, Hofmann 1989, Clauss y Lechner-Doll 2001, Clauss et al. 2002). Debido a eso los herbívoros influyen en las interacciones entre los vegetales, perjudicando a las especies más preferidas (Collins et al. 1998) y generando procesos de competencia aparente (Westoby 1980, Connell 1990). Los herbívoros que mejor pueden desarrollarse en ambientes restrictivos son los que tienen mayor capacidad para encontrar sus alimentos en un medio donde los

mismos son escasos y están heterogéneamente distribuidos (Hofmann 1989). Para esto es necesaria una alta selectividad y plasticidad en la dieta (Breman y Wit 1983, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987) que evite caídas en la calidad y permita mantener niveles adecuados de ingesta diaria (Coppock et al. 1986b). Esto, a su vez, retroalimenta el proceso de deterioro al exacerbar la influencia del pastoreo sobre la composición florística (Graetz 1991). El ovino, precisamente, se caracteriza por su alta selectividad durante el pastoreo (Calvo 1978, Bonvissuto et al. 1984, Breman y Wit 1983, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987, Somlo et al. 1994, Pelliza et al. 1997).

Los principales efectos indirectos del pastoreo sobre la vegetación están relacionados con su influencia sobre la dinámica del agua. El pastoreo provoca aumentos en la compactación del suelo, el escurrimiento, la evaporación directa y la erosión eólica e hídrica y reducciones en la capacidad de retención hídrica y la tasa de infiltración (Dodd 1994, Paruelo y Sala 1995, Aguiar et al. 1996, Aguiar y Sala 1998). Todo esto tendría como consecuencia la disminución de la producción vegetal, la pérdida de las especies más preferidas y la disminución de la productividad agrícola - ganadera (Le Houérou 1977, Fischer y Turner 1978, Dregne 1983, Dodd 1994, Prince et al. 1998). Este proceso suele estar acompañado por un aumento de la heterogeneidad espacial en la distribución de los recursos (agua, N y demás nutrientes) (Schlesinger et al. 1990, Aguiar y Sala 1999, Golluscio et al. 2005a), que se concentran en las proximidades de los arbustos, provocando modificaciones en la calidad nutritiva de la vegetación y en la composición florística de las comunidades (Westoby 1985, Westoby 1986, Knapp y Seastedt 1986, Mazzarino et al. 1998, Ritchie et al. 1998). Dichos cambios llegan hasta reemplazos de comunidades con dominancia de pastos por otras con dominancia de leñosas (León y Aguiar 1985, Schlesinger et al. 1990, Archer 1995).

Diversos autores han identificado una serie de indicadores de deterioro inducido por el pastoreo en diferentes ambientes de la Patagonia. En términos fisonómicos, se ha señalado una disminución de la cobertura vegetal y de la cobertura de gramíneas forrajeras, acompañada de un aumento en el porcentaje de suelo desnudo y en la cobertura de arbustos y gramíneas no forrajeras (Soriano y Brun 1973, León y Aguiar 1985, Paruelo et al. 1993, Somlo 1995, Perelman et al. 1997, Bertiller y Bisigato 1998, Ciccorossi y Sala 2001, Cesa y

Paruelo 2001). Por su parte, la riqueza florística sería más afectada que la diversidad (Soriano y Brun 1973, Paruelo y Sala 1992, Golluscio y Mercau 1995, Perelman et al. 1997), siendo más evidentes estas modificaciones en las estepas gramíneo-arbustivas dominadas por *Festuca palleescens* que en las arbustivo-gramíneas con dominio de *Stipa speciosa* (Golluscio y Mercau 1995, Paruelo et al. 1993, Bertiller y Bisigato 1998).

En cuanto a las modificaciones florísticas inducidas por el pastoreo en estepas gramíneo-arbustivas con predominio de *Festuca palleescens* se identificaron reducciones en la cobertura de *Bromus setifolius*, *Hordeum comosum* (León y Aguiar 1995, Cesa y Paruelo 2001), *Festuca palleescens* y *Stipa speciosa* var. *major*, consumida por equinos (Somlo 1995), y un aumento de la cobertura de *Senecio filaginoides* (Soriano 1956a, León y Aguiar 1985), *Mulinum spinosum* (León y Aguiar 1985), *Acaena splendens* (Somlo 1995) y *Stipa speciosa* (Cesa y Paruelo 2001). En estepas arbustivo-gramíneas con predominio de *Stipa speciosa* se detectaron disminuciones de la cobertura de *Mulinum spinosum* y *Adesmia campestris* (Perelman et al. 1997, Ciccorossi y Sala 2001) y aumentos en la cobertura de *Stipa speciosa* (Cesa y Paruelo 2001), *Senecio filaginoides* (Soriano 1956), *Berberis heterophylla* y *Stipa humilis* (Perelman et al. 1997). Posiblemente al no diferenciarse la *Stipa speciosa* var. *speciosa* (relativamente preferida por el ganado) de la *Stipa speciosa* var. *major* (poco preferida) (Bonvisutto et al. 1983) aparezcan en distintos trabajos comportamientos diferentes de esta especie como respuesta al pastoreo.

En general se sostiene que en la Patagonia estas modificaciones fisiológicas y florísticas deberían estar asociadas con una caída en la productividad como consecuencia del pastoreo (Soriano y Brun 1973, Ciccorossi y Sala 2001, Cesa y Paruelo 2001). Aguiar et al. (1996) a partir del uso de un modelo de simulación sugirieron que, al aumentar la presión de pastoreo, aumentan la evaporación y el drenaje profundo en desmedro de la transpiración, disminuyendo consecuentemente la productividad primaria neta. Además encontraron que los pastos serían más eficientes en el uso del agua que las leñosas (1.1 y 0.6 gr ms x mm<sup>-1</sup> de evapotranspiración respectivamente). Como consecuencia, el cambio fisiológico inducido por el pastoreo reduciría aún más la PPNA. Los resultados obtenidos sugieren además que existiría una disminución de la biomasa de herbívoros debido no sólo a la menor producción primaria, sino también al aumento de la cobertura de especies poco preferidas

por el ovino como los arbustos (Pelliza et al. 1997) en desmedro de la cobertura de especies más preferidas como muchas gramíneas.

El Valor Pastoral (Daget y Poissonet 1971) (VP(DP)) es una expresión sintética de la calidad forrajera de la vegetación. El mismo se calcula como la sumatoria de los productos entre la cobertura relativa de cada especie ( $Cob_i \times Cob\ total^{-1}$ ) y un índice de calidad específica de cada una ( $ICE_i$ ). Este  $ICE_i$  es definido a partir de la calidad forrajera y la disponibilidad estacional de las especies y varía entre 0 y 5 (Elissalde et al. 2002) (Ecuación 3.1):

$$VP (DP) = [0.2 \times \sum_{i=1}^n (Cob_i \times ICE_i)] \times \sum Cob_i^{-1}$$

**Ecuación 3.1:** VP(DP) valor pastoral Daget y Poissonet,  $Cob_i$ : cobertura absoluta de cada especie  $i$ ,  $ICE_i$ : índice de calidad específica de cada especie  $i$ , 0.2 parámetro que fija un valor máximo de 1 al VP(DP),  $ICE$ : índice de calidad específica.

Nakamatsu et al. (1998) adaptaron esta metodología a la Patagonia estimando la cobertura de cada especie a partir de la frecuencia de toques en porciones forrajeras de cada una ( $TF_i$ ) en cada censo de puntos. Sin embargo, al valor resultante lo multiplican por la cobertura forrajera ( $For$ ) a fin de ponderar no sólo la calidad de la vegetación en sí misma, sino además la cantidad (VP(Nak) (Ecuación 3.2):

$$VP (Nak) = [0.2 \times \sum_{i=1}^n (TF_i \times ICE_i)] \times \sum TF_i^{-1} \times For^{-1}$$

**Ecuación 3.2:** VP(Nak) valor pastoral Nakamatsu et al. (1998),  $For$ : cobertura forrajera,  $TF_i$ : toques forrajeros para cada especie.  $ICE$ : índice de calidad específica.

La principal diferencia entre ambas expresiones radica, en consecuencia, en que el VP(DP) expresa la calidad forrajera de cada unidad de superficie cubierta por vegetación, mientras que el VP(Nak) expresa la calidad forrajera de cada unidad de superficie de la comunidad, sea ocupada o no por vegetación. Es decir que, el VP(DP) depende exclusivamente de la calidad de la vegetación mientras el VP(Nak) le da importancia también a aspectos cuantitativos, como la cobertura vegetal de las especies preferidas por el ganado, como sugiere la Figura 2.5.b (Capítulo 2).

En este capítulo se pondrán a prueba las siguientes **hipótesis específicas**:

1. La calidad de la vegetación aumenta a medida que aumenta la PPNA.
2. El deterioro por pastoreo provoca una disminución en la PPNA y en la calidad de la vegetación, ya que disminuye la cobertura de las especies más productivas y con mayor calidad forrajera y por lo tanto la calidad promedio de cada unidad de suelo cubierto.
3. El deterioro afectará más a la calidad de la vegetación que a la cantidad.

Para validar las tres hipótesis se utilizaron datos provenientes de 114 de los 119 censos presentados en el Capítulo 2. Para este capítulo se seleccionaron los censos realizados en dos comunidades típicas del Distrito Occidental de la Patagonia: una con predominio de *Festuca pallescens* y la otra con predominio de *Stipa* spp. El conjunto de censos fue estudiado en forma global y diferenciando por comunidades. Se analizó la relación entre la calidad de la vegetación (estimada mediante el VP(DP)) y la cantidad (estimada a partir de la PPNA) (hipótesis 1). Posteriormente se estudió la relación del deterioro con ambas variables (hipótesis 2 y 3). Para caracterizar la intensidad del deterioro de cada censo se utilizaron dos aproximaciones: (a) se realizaron ordenamientos de los censos de ambas comunidades tomando en cuenta los múltiples indicadores de deterioro descriptos para cada una y (b) se evaluó la aptitud del VP(Nak) como índice inverso que exprese los efectos cuanti y cualitativos del deterioro.

## **Métodos**

Se partió de 114 censos realizados de acuerdo a la metodología del cálculo del Valor Pastoral desarrollada en la Estación Experimental INTA-Chubut (Nakamatsu et al. 1998 y Elissalde et al 2002; ver detalles en Capítulo 2) ubicados en estepas gramíneo arbustivas de *Festuca pallescens* (20 censos) y estepas arbustivo-gramíneas de *Stipa* spp. (94 censos) del Distrito Occidental. En todos los casos se trató de campos sometidos a pastoreo ovino y se excluyeron los censos realizados en los eriales y los mallines. Los censos estuvieron ubicados entre los 42° 01' 32".7 y 44° 12' 27" de latitud y los 69° 54' 23".4 y 71° 05' 06".9 de longitud. Dentro de ellos existió una marcada



variabilidad fisonómico-florística, de valor pastoral y de producción forrajera (ver Cuadro 2.2, Capítulo 2). La PPNA de cada censo fue calculada a partir de su relación con el Índice Verde Normalizado usando el modelo presentado por Paruelo et al. (2004) (ver detalles en Capítulo 2)

Para evaluar la primera hipótesis específica, se analizó la correlación de la calidad por unidad de superficie (VP(DP)) y la cobertura forrajera con la cantidad de la vegetación (PPNA) mediante técnicas de regresión lineal. En el Capítulo 2 se había identificado una relación directa entre PPNA y VP(Nak) (Figura 2.5a). Considerando que el VP(DP) y la cobertura forrajera son los dos términos que intervienen en el cálculo del VP(Nak) (Ecuaciones 3.1 y 3.2), se diferencié la relación entre la PPNA con la cobertura forrajera y el VP(DP) procurando describir mejor la correspondencia entre aspectos cuantitativos y cualitativos del pastizal. Este análisis se realizó con el conjunto de datos generales y se profundizó diferenciando los censos por comunidad. Para evaluar las hipótesis 2 y 3, se comenzó por identificar los principales indicadores de deterioro señalados para cada comunidad y se los utilizó como variables de clasificación y ordenamiento (Cuadro 3.1). Se optó como criterio incluir dentro de las variables la cobertura de las especies antes que la de los grupos funcionales por considerar que la primera permitiría un análisis de mayor detalle. Este criterio no se utilizó en el caso de las hierbas por la gran cantidad y variedad de especies que incluye esta forma de vida (Golluscio y Sala 1993, Golluscio et al. 2005b). En el caso de *Stipa speciosa* se diferencié la variedad *speciosa* de la *major* dada la marcada preferencia que tiene el ovino por la primera (Bonvissuto et al. 1983).

Comunidad	Coberturas	Abreviatura	Porcentaje Promedio (Max –Min)	Fuente
<b>Estepa gramíneo – arbustiva de <i>Festuca pallescens</i></b>	Vegetación	Veg	55(77-22)	Elissalde y Garrido (1984), Cesa y Paruelo (2001)
	Suelo desnudo	Sud	9(28-0)	Elissalde y Garrido (1984), Cesa y Paruelo (2001)
	Pavimento	Pav	14(58-1)	Elissalde y Garrido (1984)
	Mantillo	Man	9(19-4)	Ciccorossi y Sala (2001), Cesa y Paruelo (2001)
	Especies forrajeras	For	21(32-7)	Soriano y Brun (1973), Paruelo et al. (1993)
	<i>Festuca pallescens</i>	Fep	15(38-3)	Soriano y Brun (1973), Somlo (1995), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	Sss	3(11-0)	Soriano y Brun (1973), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	Ssm	0,05(1-0)	Soriano y Brun (1973), Perelman et al. (1997), Cesa y Paruelo (2001), Somlo (1995)
	<i>Poa ligularis</i>	Pol	4(9-0)	Soriano y Brun (1973), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Bromus</i> sp.	Brs	1(4-0)	Soriano y Brun (1973), León y Aguiar 1995, Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Mulinum spinosum</i>	Mus	5(25-0)	León y Aguiar (1985), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Senecio filaginoides</i>	Sef	2(8-0)	Soriano (1956b),
	Hierbas	Hie	12(28-3)	Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Acaena</i> sp	Acs	0(3-0)	Somlo (1995)
<b>Estepa gramíneo – arbustiva de <i>Stipa</i> spp.</b>	Vegetación	Veg	50(86-7)	Elissalde y Garrido (1984), Cesa y Paruelo (2001)
	Suelo desnudo	Sud	23(52-1)	Elissalde y Garrido (1984), Cesa y Paruelo (2001)
	Pavimento	Pav	12(58-0)	Elissalde y Garrido (1984)
	Mantillo	Man	13(40-0)	Ciccorossi y Sala (2001), Cesa y Paruelo (2001)
	Especies forrajeras	For	12(48-1)	Soriano y Brun (1973), Paruelo et al. (1993)
	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	Sss	4(47-0)	Soriano y Brun (1973), Perelman et al. (1997), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	Ssm	2(22-0)	Soriano y Brun (1973), Perelman et al. (1997), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Poa ligularis</i>	Pol	1(12-0)	Soriano y Brun (1973), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Bromus</i> sp.	Brs	0,3(4-0)	Soriano y Brun (1973), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Mulinum spinosum</i>	Mus	5(22-0)	Perelman et al. (1997), Ciccorossi y Sala (2001), Cesa y Paruelo (2001)
	<i>Senecio filaginoides</i>	Sef	1(17-0)	Soriano (1956b), Perelman et al. (1997)
	<i>Stipa humilis</i>	Sth	10(47-0)	Perelman et al. (1997)
	<i>Adesmia campestris</i>	Adc	1(15-0)	Perelman et al. (1997), Ciccorossi y Sala (2001)
	<i>Berberis heterophylla</i>	Beh	1(19-0)	Perelman et al. (1997)
Hierbas	Hie	2(18-0)	Cesa y Paruelo (2001)	

**Cuadro 3.1:** Indicadores de deterioro utilizados en el análisis multivariado para las dos comunidades. Las abreviaturas para cada una de las variables son las que se utilizan para presentar los resultados. Se incluyen las fuentes bibliográfica para cada indicador.

La clasificación se realizó mediante análisis de agrupamiento utilizando el algoritmo de la mínima varianza con la Distancia Eucladiana como medida de similitud (Digby y Kempton 1985). El ordenamiento se realizó mediante un

Análisis de Componentes Principales (Affi 1984), utilizando el algoritmo de la mínima varianza (Ward 1963) y la covarianza como medida de la similaridad. Este análisis se hizo tanto sobre el conjunto de censos como sobre dos grupos diferenciados por comunidad. Se compararon los autovalores de cada eje con sus autovalores de corte (Legendre y Legendre 1998) a fin de determinar si la proporción de la varianza explicada por cada eje de ordenamiento era mayor que la esperada por azar. Para evaluar la importancia de cada variable de ordenamiento en cada eje se analizaron las correlaciones lineales (Pearson) entre el valor de cada variable en cada censo y la posición de cada censo en cada eje.

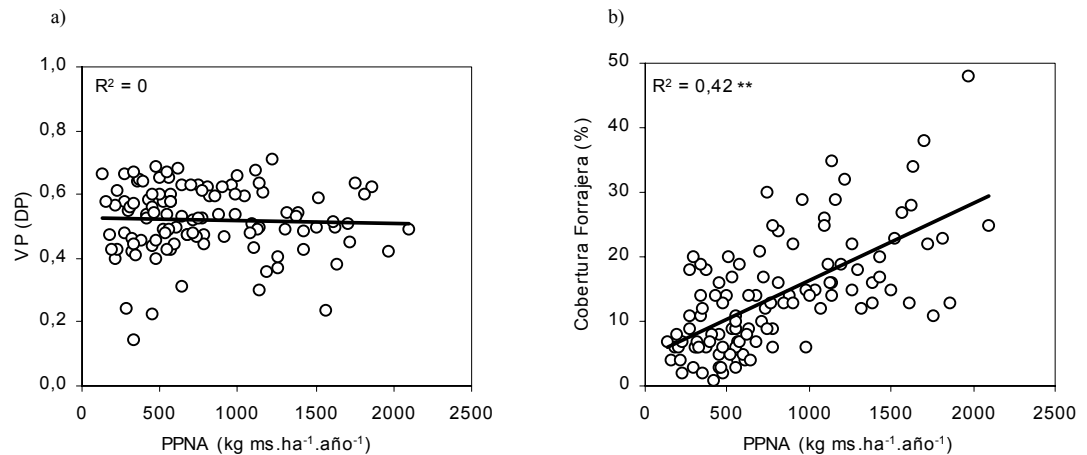
A fin de validar la interpretación de los agrupamientos obtenidos para cada comunidad, se compararon mediante análisis de varianza las medias de los valores de las variables clasificatorias alcanzados por los censos de cada grupo y también la ubicación promedio de los censos de cada grupo en cada uno de los ejes. Esta comparación de medias se realizó utilizando el Test de Tuckey con un nivel de significación de 0.05. En todos los casos se compararon estos resultados con los obtenidos por el Test de LSD Fisher con un nivel de significancia de 0.1 a fin de explorar la posibilidad de que existan diferencias no discriminadas por la primera prueba.

Posteriormente, para cuantificar la relación del deterioro con la PPNA y la calidad forrajera de la vegetación (hipótesis 2 y 3), en una primera aproximación, se estudió la relación de la PPNA y el VP(DP) con los ejes que explicaron porciones significativas de la varianza en cada ordenamiento. Este análisis también se hizo tanto sobre el conjunto de los datos como sobre los dos grupos. En una segunda aproximación, se probó la aptitud del VP(Nak) como indicador inverso del deterioro. A tal fin se estableció la relación entre el valor alcanzado por cada censo en los Componentes Principales significativos de cada ordenamiento y el VP(Nak) (Nakamatsu et al. 1998, Ecuación 3.2). Para este análisis se utilizó un nuevo Análisis de Componentes Principales, del cual se excluyó la cobertura de especies forrajeras (For) como variable de ordenamiento, para evitar el error de circularidad debido al alto peso que tiene For en el cálculo del VP(Nak) (Ecuación 3.2; ver también Figura 2.5.b, Capítulo 2). Para evaluar en qué medida este nuevo análisis era coincidente con el ordenamiento original, se comparó el peso que tuvieron las distintas variables en los tres primeros ejes de ambos análisis y la relación entre los valores alcanzados por cada censo en

los tres primeros ejes de ambos ordenamientos para las dos comunidades. Luego se analizó la relación entre el VP(Nak) y los ejes significativos de cada Análisis de Componente Principal. Una vez validado el VP(Nak) como indicador inverso de deterioro, se evaluó la relación de la PPNA, el VP(DP) y la For con el VP(Nak).

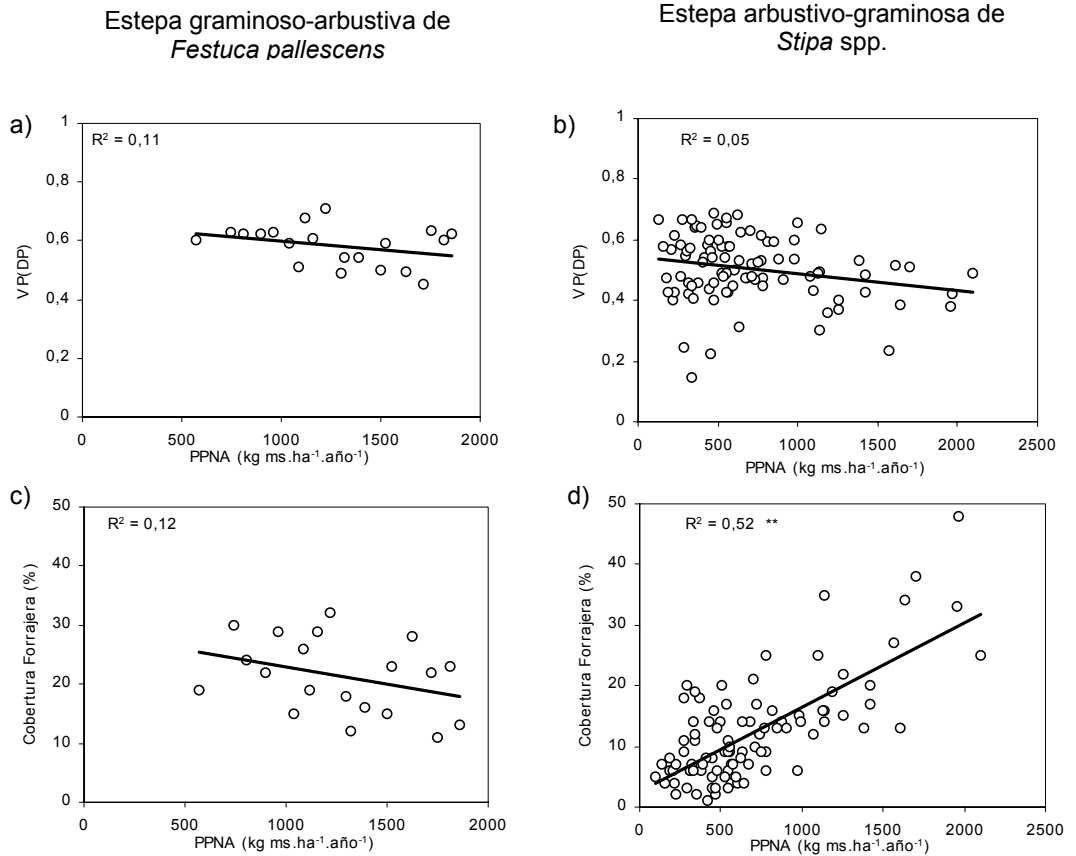
## Resultados

En el capítulo anterior se había demostrado la relación directa entre la PPNA y VP(Nak) (Figura 2.5). En este se profundizó el análisis diferenciando el peso de los dos componentes del cálculo del VP(Nak) (VP(DP) y cobertura forrajera) a fin de poner a prueba la primer hipótesis específica de este capítulo y se encontró que la relación de la PPNA con el VP(DP) no era significativa y sí lo era la de la PPNA con la cobertura forrajera (Figura 3.1):



**Figura 3.1:** Relación entre PPNA con (a) VP(DP) y con (b) For sin diferenciar entre comunidades. For =  $4.3 + 0.012$  PPNA. El doble asterisco indica un grado de significancia  $p < 0.01$ .

Cuando se discriminó por comunidad tampoco se encontró correlación entre PPNA y VP(DP), aunque la relación PPNA y cobertura forrajera fue diferente en ambos casos. Mientras que en la estepa gramíneo arbustiva de *Festuca pallezens* la PPNA no se incrementó con la cobertura forrajera, sí lo hizo en el caso de la estepa dominada por *Stipa* spp. (Figura 3.2).



**Figura 3.2:** Relación entre PPNA con VP(DP) (a) en estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca pallescens*, (b) en estepa arbustivo-gramínea de *Stipa* spp.; y PPNA con For en (c) en estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca pallescens*, (d) en estepa arbustivo-gramínea de *Stipa* spp. Los valores señalados con dos asteriscos indican relaciones muy significativas ( $p < 0.01$ ).

El ordenamiento multivariado de todos los censos a partir de los indicadores de deterioro propuestos para ambas comunidades mostró que si bien los tres primeros ejes explicaban el 72 % de la varianza, la mayor parte de esa diferencia se debió al poder explicativo de los dos primeros ejes (36% y 26% respectivamente). Por otra parte solo estos ejes explicaron porcentajes de la varianza mucho mayores que los esperados por azar, como surge de la comparación entre sus autovalores y sus autovalores de corte. En cambio en el tercer eje, estos valores fueron muy similares a los esperados por el azar (Cuadro 3.2):

Variable	E1	E2	E3
<b>Varianza explicada (%)</b>	36.2	26.4	10.1
<b>Autovalores</b>	34713.0	25248.9	9855.4
<b>Autovalor de corte</b>	19343.7	13719.8	10907.8

**Cuadro 3.2:** Caracterización de los tres primeros ejes de ordenamientos. Porcentaje de la varianza explicado, autovalores y autovalores de corte.

Los pesos que las variables de ordenamiento tuvieron en los dos primeros ejes sugerirían que a lo largo del primero aumentó la cobertura forrajera y la cobertura de *Stipa* spp. y las hierbas y a lo largo del segundo disminuyó la cobertura forrajera, la cobertura de *Festuca pallescens* y las hierbas (Cuadro 3.3):

<b>Variables</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>
Hie	0,06*	-0,11*
For	0,29*	-0,39*
Veg	0,69*	-0,1
Sud	-0,06	0,68*
Pav	-0,61*	-0,4*
Man	-0,07	0,16*
Mus	0,09*	0,03
Sss	0,16*	-0,12
Fep	0,07	-0,26*
Pol	0,01	-0,08*
Sef	0,02	-0,03
Ssm	0,05	0,05
Acs	0,01	-0,01
Beh	-0,0034	0,04
Adc	0,02	0,02*
Brs	0,01	-0,02*
Sth	0,12	0,3*

**Cuadro 3.3:** Autovectores de las distintas variables de ordenamiento para los dos primeros ejes de ordenamiento del Análisis de Componente Principal. Un asterisco señala:  $0.05 > p > 0.01$ .

Esto es coherente con la relación directa encontrada para la PPNA y el VP(DP) con el primer eje e inversa con el segundo (Cuadro 3.4):

	<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>PPNA</b>	0.33 **	-0.56**
<b>VP(DP)</b>	0.5 **	-0.61**

**Cuadro 3.4:** coeficientes de correlación R de los modelos que correlacionan los dos primeros ejes de ordenamiento con la PPNA y el VP(DP). El asterisco doble indica  $p < 0.01$ .

Sin embargo, dado el alto peso que en estos ejes tuvieron *Stipa* spp. y *Festuca palleescens* se consideró necesario profundizar el análisis discriminando por comunidad. En este caso se observó que los tres primeros ejes de los ordenamientos multivariados explicaron también porcentajes elevados de la variabilidad, levemente mayor en los pastizales dominados por *Festuca palleescens* que en los dominados por *Stipa* spp. (82% y 75% respectivamente).

En este caso también los dos primeros ejes de ordenamiento explicaron un porcentaje de la varianza sensiblemente superior al esperado por el azar (Cuadro 3.5):

Variable	Estepa gramíneo-arbustiva de <i>Festuca pallescens</i>			Estepa arbustivo-gramínea de <i>Stipa</i> spp.		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
<b>Varianza explicada (%)</b>	45.2	23.7	13.0	40.1	23.4	12.1
<b>Autovalores</b>	5848.6	3062.8	1688.1	28807.8	16806.5	8693.5
<b>Autovalor de corte</b>	3006.6	2081.9	1619.6	15188.1	10695.5	8449.3

**Cuadro 3.5:** Caracterización de los tres primeros ejes para ambos ordenamientos. Porcentaje de la varianza explicada, autovalores y autovalor de corte. Número de censos en Estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca pallescens* 20, y en Estepa arbustivo-gramínea de *Stipa* spp. 94.

En ambas comunidades, en el primer eje de ordenamiento tuvieron peso positivo el pavimento de erosión y negativo la cobertura vegetal, la cobertura forrajera y la de las especies dominantes: *Festuca pallescens* en la estepa dominada por esa especie y *Mulinum spinosum*, *Stipa humilis* y ambas variedades de *Stipa speciosa* en la estepa dominada por *Stipa* spp. La caída de cobertura vegetal y el aumento del pavimento de erosión sugieren que el deterioro aumenta a lo largo del primer eje de ordenamiento en las dos comunidades analizadas. (Cuadro 3.6):

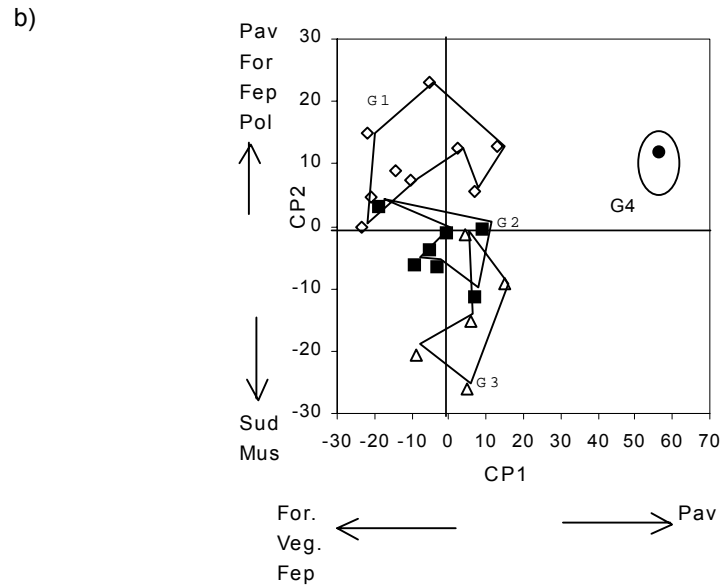
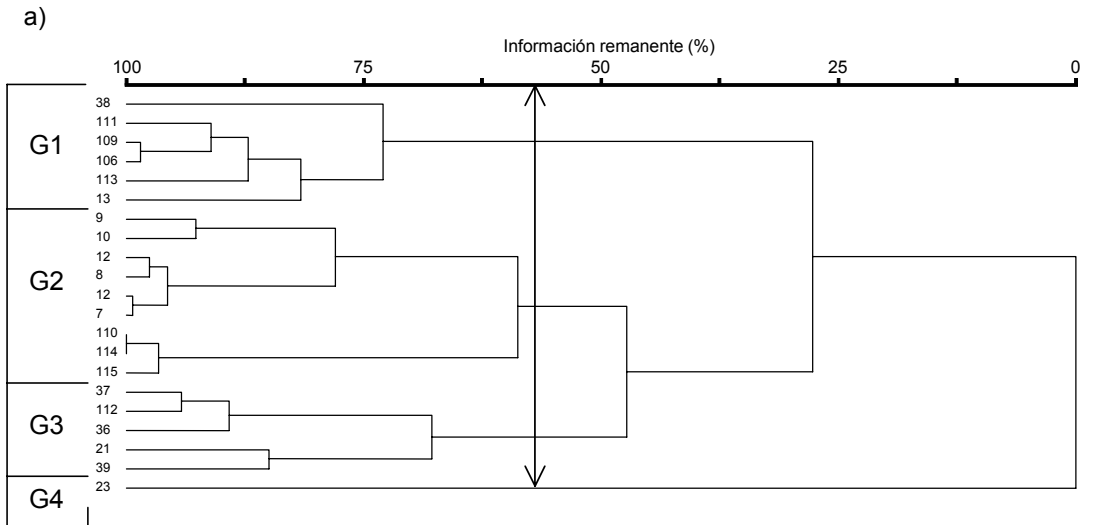


Variable	Estepa gramíneo-arbustiva de <i>Festuca pallescens</i>		Estepa arbustivo-gramíneo de <i>Stipa</i> spp.	
	E1	E2	E1	E2
Hie	-0.02	-0.05	-0.05*	0.16**
For	-0.31**	0.29*	-0.23**	0.44**
Veg	-0.66**	0.26	-0.68**	0.15
Sud	0.05	-0.42**	-0.03	-0.65**
Pav	0.63**	0.59	0.65**	0.29**
Man	0.06	-0.22**	0.05	-0.13*
Mus	-0.02	-0.35**	-0.11**	0.07
Sss	-0.04	-0.01	-0.11*	0.34**
Fep	-0.25*	0.36*		
Pol	0.02	0.13**	-0.01	0.04*
Sef	<0.01	0.004	-0.02	0.06*
Ssm	<-0.01	0.002	-0.06*	-0.03
Acs	-0.01	-0.01		
Beh			<-0.01	-0.03
Adc			-0.02	-0.02
Brs	-0.03	-0.02	-0.01	0.01*
Sth			-0.16*	-0.32**

**Cuadro 3.6:** Autovectores de las distintas variables de ordenamiento para los dos primeros ejes del Análisis de Componentes Principales en las dos comunidades. Con un asterisco se señalan las variables de ordenamiento que mostraron una correlación significativa ( $0.05 > p > 0.01$ ) con el valor de cada censo en cada eje ( $R= 0.433$  para la estepa de *Festuca pallescens* y  $R= 0.205$  para la estepa de *Stipa sp*) y con doble asterisco las muy significativas ( $p < 0.01$ ;  $R= 0.549$  para la estepa de *Festuca pallescens* y  $R=0.267$  para la estepa de *Stipa* spp.).

En el segundo eje tuvieron peso positivo en ambas comunidades el pavimento de erosión, la cobertura forrajera y la de las especies forrajeras con mayor abundancia: *Festuca pallescens* y *Poa ligularis* en la estepa dominada por *Festuca pallescens*, y *Stipa speciosa* var. *speciosa* en la estepa dominada por *Stipa* spp. En el otro extremo del segundo eje, en ambas comunidades se ubicó el suelo desnudo y la cobertura de una especie de baja calidad forrajera que cobra importancia en sistemas deteriorados: *Mulinum spinosum* en la estepa de *Festuca pallescens* y *Stipa humilis* en la estepa de *Stipa* spp. El aumento la cobertura forrajera y la disminución del porcentaje de suelo desnudo sugieren que estos indicadores de deterioro disminuyen a lo largo del segundo eje de ordenamiento en las dos comunidades analizadas (Cuadro 3.6).

En cada comunidad se identificaron los cuatro agrupamientos de censos más numerosos utilizando aproximadamente un 50 % de la información disponible (Figuras 3.3.a y 3.4.a). El estudio de la relación entre los valores alcanzados por cada censo en el plano definido por los 2 primeros ejes de ordenamiento permitió relacionar cada grupo con la combinación de criterios de discriminación derivados de los ejes de ordenamiento (Figuras 3.3.b y 3.4b). En el caso de la estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* a lo largo del E1, el grupo 1 se ubicó en el extremo de mayor cobertura vegetal, cobertura forrajera y cobertura de *Festuca palleescens* y menor cobertura de pavimento de erosión, mientras que el grupo 4 se ubicó en el opuesto. Los extremos de dicho gradiente fueron ocupados por el grupo 1 y el grupo 4. Los grupos 2 y 3 tuvieron ubicaciones similares en el E1, pero difirieron en el E2, ya que el grupo 2 tuvo mayor cobertura de *Festuca palleescens* y menor de *Mulinum spinosum* que el grupo 3 (Figura 3. 3. b). Si bien el Grupo 4 estuvo constituido por un solo censo, sacarlo del análisis no modificó el ordenamiento general.



**Figura 3.3** Clasificación de los censos correspondientes a las estepas graminoso-arbustivas dominadas por *Festuca palleescens* (a) Dendrograma obtenido a partir del Análisis de Cluter utilizando el Método de Ward. (b) Ordenamiento obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales con la covarianza como medida de similitud (sólo los dos primeros ejes). Grupo 1: rombos blancos, grupo 2: cuadrados negros, grupo 3: triángulos blancos, grupo 4: círculos negros. Junto a cada eje se esquematizan las variables de ordenamiento con mayor peso en cada uno y el sentido de dicha influencia (ver detalles en Cuadros 3.7)

a)

Variables	Valores medios				F	p-valor
	G1	G2	G3	G4		
Hie	2.6a	4.4a	3.2a	2a	0.74	0.54
For	28.4a (d)	19.6b (c)	15.4b (b)	7c (a)	15.91	<0.01
Veg	70.4c	52.7b	52.2b	22a	16.92	<0.01
Sud	5.8a	6.3a	22.2b	4a	11.68	<0.01
Pav	11.4a	11.9a	12a	58b	6.37	0.04
Man	7.6a	8.4a	12.2a	14a	1.28	0.31
Mus	4.2ab (a)	2.6ab (a)	13b (b)	2a (a)	4.49	0.02
Sss	2.8a	3.8a	3.6a	0a	0.31	0.81
Fep	25.2b (b)	11.7ab (a)	9.4b (a)	4b (a)	5.24	<0.01
Pol	3.8a	3.9a	2.8a	3a	0.16	0.92
Sef	1.6a	1.2a	3.2a	0a	0.95	0.43
Ssm	0.2a	1.2a	0a	0a	0.28	0.83
Acp	0.4a	0.6a	0a	0a	0.66	0.58
Brs	1.2a	1a	0.9a	0a	0.23	0.88

b)

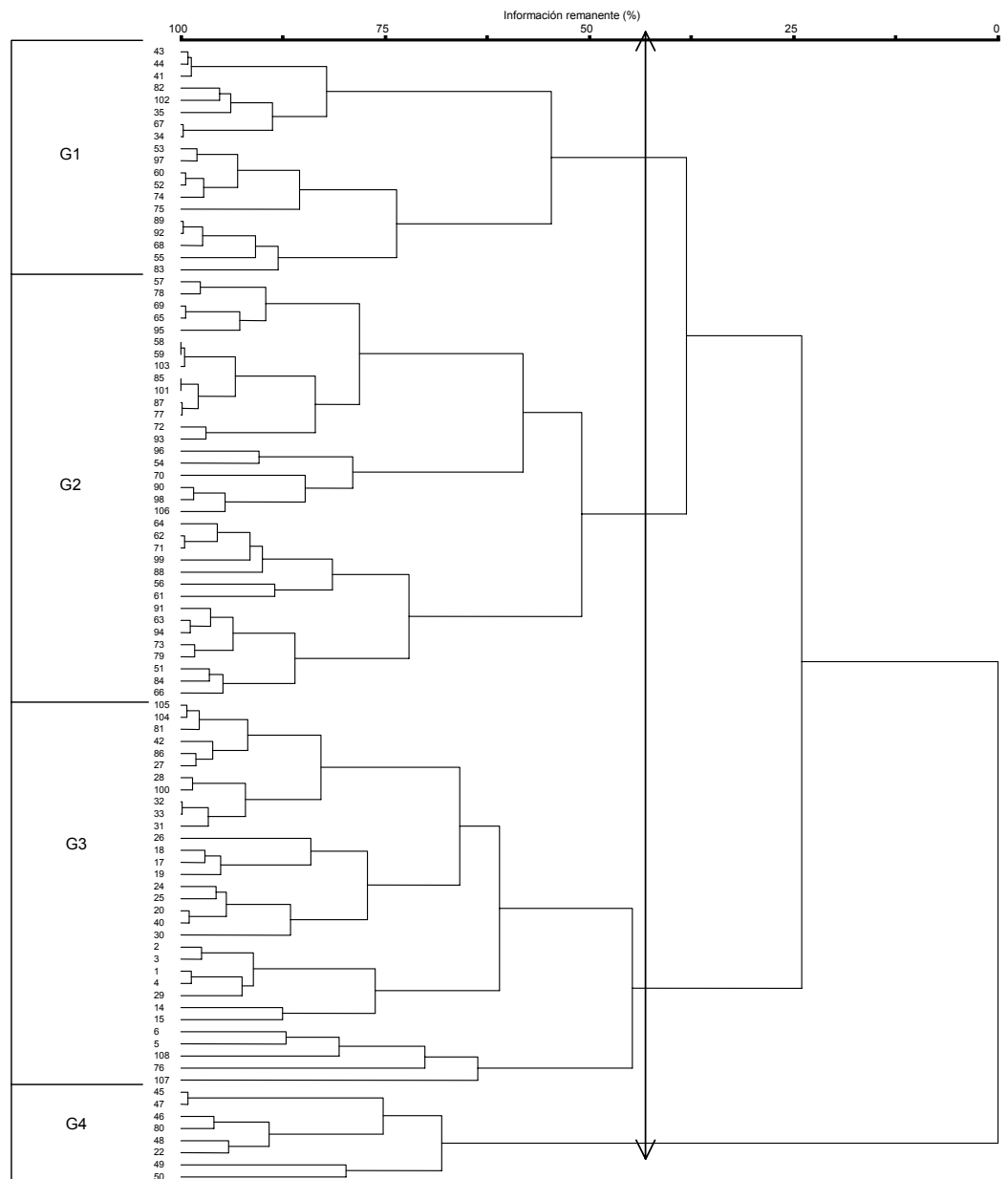
	Valores Medios				F	p
	G1	G2	G3	G4		
E1	15.99a	2.00b	4.27b	56.58c	27.95	<0.01
E2	-14.58 a (a)	0.22ab (b)	9.83b (b)	11.92b (b)	7.91	<0.01

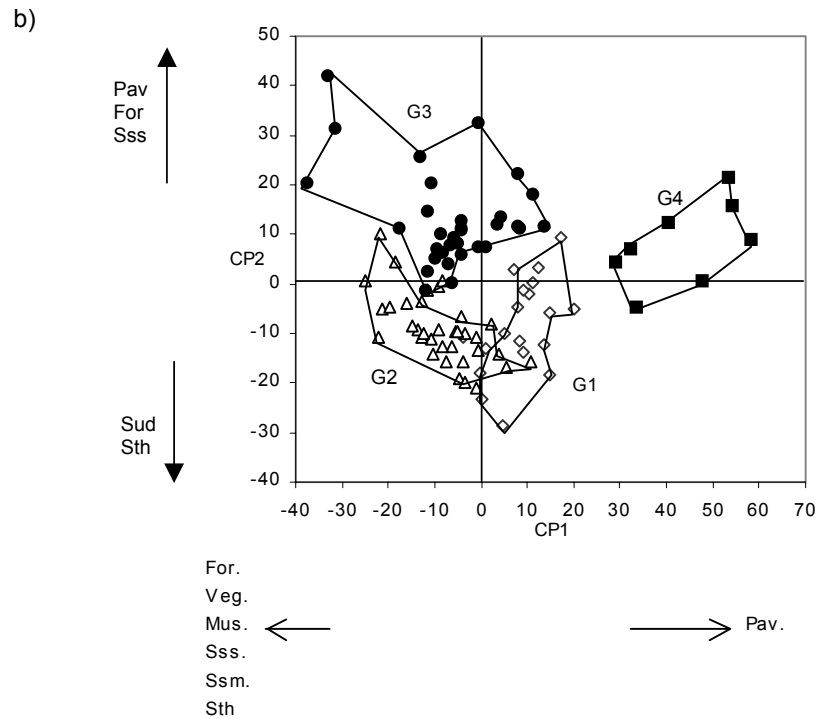
**Cuadro 3.7:** Análisis de varianza comparando (a) las medias de los valores alcanzados por los cuatro grupos de censos de estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* en los dos primeros ejes de ordenamiento, (b) las medias de los valores alcanzados por cada grupo de censos definidos en el análisis de cluster para cada una de las variables utilizadas en los agrupamientos. En ambos casos las letras distintas indican diferencias significativas Test de Tuckey  $\alpha=0.05$ . Las letras distintas entre paréntesis indican diferencias significativas detectadas según el Test LSD Fisher  $\alpha=0.10$ , pero no según el de Tuckey.

En la comunidad de *Stipa* spp., se obtuvo a lo largo del E1. Los grupos 2 y 3 se encontraron en el extremo de mayor cobertura vegetal, cobertura forrajera y cobertura de las dominantes (*Stipa* spp. y *Mulinum spinosum*) y menos cobertura de pavimento de erosión, mientras que el grupo 4 se ubicó en el extremo opuesto y el grupo 1 tuvo una ubicación intermedia. A su vez los grupos

2 y 3, se diferenciaron en el E 2: el grupo 1 se ubicó en el extremo de menor deterioro, que tuvo mayor cobertura forrajera y de *Stipa speciosa* var. *speciosa*, *Mulinum spinosum* y *Poa ligularis* y menor cobertura de suelo desnudo que las otras dos. En el extremo opuesto el grupo 2 fue el de mayor cobertura de *Stipa humilis* (Figura 3.4.b y Cuadro 3.8).

a)





**Figura 3.4:** Clasificación de los censos correspondientes a las estepas arbustivo-graminosas dominadas por *Stipa* spp. (a) Dendograma obtenido a partir del Análisis de Cluter utilizando el Método de Ward. (b) Ordenamiento obtenido a partir del Análisis de Componentes Principales con la covarianza como medida de similaridad (sólo los dos primeros ejes). Grupo 1 rombos blancos, grupo 2: cuadrados negros, grupo 3: triángulos blancos, grupo 4: círculos negros. Junto a cada eje se esquematizan las variables de ordenamiento con mayor peso en cada uno y el sentido de dicha influencia (ver detalles en Cuadro 3.8)

a)

	Valores Medios				F	p-valores
	G1	G2	G3	G4		
<b>E1</b>	-0.88a	-1.21a	-1.23a	1.98b	38.93	<0.01
<b>E2</b>	-1.03a	0.4b	8c	0.03b	51.57	<0.01

b)

Variables	Valores medios				F	p-Valor
	G1	G2	G3	G4		
<b>Hie</b>	0.63a	0.63a	4.38b	0.5a	11.9	<0.01
<b>For</b>	7.47a	9.66a	19.38b	6.75a	17.7	<0.01
<b>Veg</b>	42.21b	55.26c	55.5c	22a	47.8	<0.01
<b>Sud</b>	31b	27.2c	14.88a	15.5a	24	<0.01
<b>Pav</b>	13.63b	4.34a	10.53b	43.38c	57.9	<0.01
<b>Man</b>	13.11a	13.09a	11.72a	13.13a	0.27	0.85
<b>Mus</b>	3.11ab	4.86b	8.38c	1.25a	5.91	<0.01
<b>Sss</b>	1a	0.91a	10.13b	0.75a	18.1	<0.01
<b>Pol</b>	0.74ab	0.26a	1.41b	0.38ab	2.46	0.7
<b>Sef</b>	0.11a	0.46a	3.03b	0.5a	6.45	<0.01
<b>Ssm</b>	2.63ab	3.46b	1.69a	0.25a	1.75	0.16
<b>Beh</b>	1.79b	0.97ab	0.7ab	0.12a	1.29	0.28
<b>Adc</b>	1.63a	1.6a	1.28a	0.25a	0.89	0.45
<b>Brs</b>	0.05a	0.29ab	0.59b	0a	2.6	0.06
<b>Sth</b>	7a	17.29b	6.63a	2.25a	19.9	<0.01

**Cuadro 3.8:** Análisis de varianza comparando (a) las medias de los valores alcanzados por los cuatro grupos de censos de estepa arbustivo gramínea de *Stipa spp.* en los dos primeros ejes de ordenamiento. (b) las medias de los valores alcanzados por cada grupo de censos definidos en el análisis de cluster para cada una de las variables utilizadas en los agrupamientos. En ambos casos las letras distintas indican diferencias significativas Test de Tuckey  $\alpha=0.05$ .

El análisis precedente sugiere que la magnitud de los indicadores de deterioro aumenta a lo largo del primer eje y disminuye a lo largo del segundo en ambas comunidades. Sin embargo cada eje estuvo asociado a distintas características de este proceso. En ambos casos los E1 se interpretaron como disminución de calidad forrajera mientras que el E2 con modificaciones en el estado de la vegetación con aumento de *Mulinum spinosum* en el caso de los pastizales dominados por *Festuca pallescens* y por *Stipa humilis* en los dominados por *Stipa spp.*

La productividad tuvo una correlación negativa de baja significancia con el E2 en el caso de las estepas de *Festuca pallescens* y tuvo una correlación negativa con el E1 y positiva con el E2 en las estepas de *Stipa spp.* En cambio la calidad expresada como VP(DP) tuvo una correlación positiva con el E2 en ambas comunidades (Cuadro 3.9).

		E1	E2
<b>Estepa gramíneo-arbustiva de <i>Festuca palleescens</i></b>	<b>PPNA</b>	-0.005	-0.447+
	<b>VP(DP)</b>	0.387	0.490*
<b>Estepa arbustivo gramíneo de <i>Stipa</i> spp.</b>	<b>PPNA</b>	-0.300**	0.632**
	<b>VP(DP)</b>	0.100	0.224*

**Cuadro 3.9:** Coeficientes de correlación R de los modelos que co-relacionan los dos ejes de ordenamiento con la PPNA y el Valor Pastoral (DP) para estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* y estepa arbustivo-gramíneo de *Stipa* spp. Valores señalados con un signo positivo corresponde a  $p < 0.1$ , asterisco a  $0.05 > p > 0.01$  y con doble asterisco  $p < 0.01$ .

La posibilidad de utilizar el VP(Nak) como indicador inverso del deterioro quedó confirmada para ambas comunidades. El análisis de componentes principales realizado sin considerar la cobertura forrajera arrojó resultados semejantes al hecho con su inclusión. Este resultado es muy importante teniendo en cuenta que la cobertura forrajera había ocupado el tercer puesto en importancia en el primer eje de ambas comunidades. Las variables que presentaron los más altos valores absolutos de autovectores en cada eje fueron muy similares para ambas comunidades, excepto en el caso de pavimento (Cuadro 3.10):

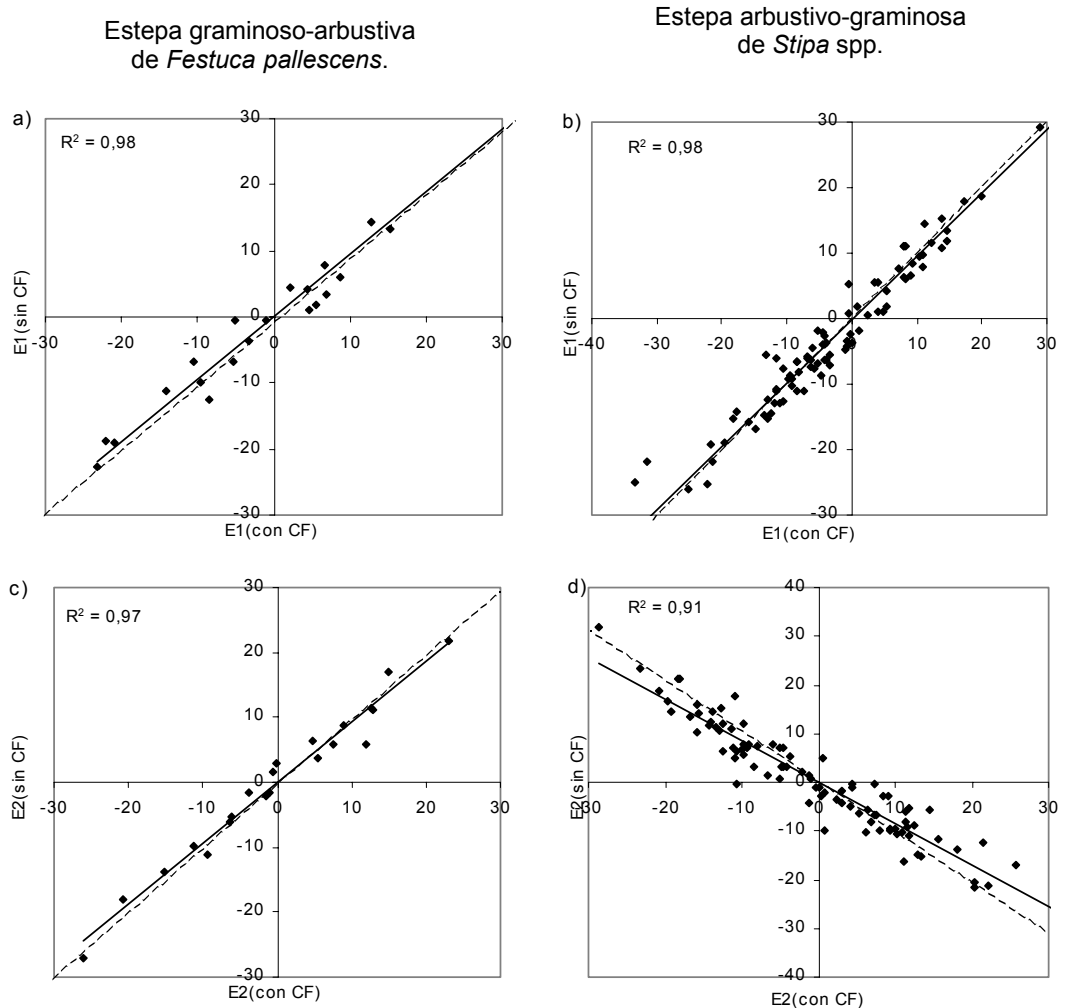
Ejes de ordenamiento	Estepa gramíneo-arbustiva de <i>Festuca palleescens</i>	Estepa arbustivo-gramíneo de <i>Stipa</i> sp.
<b>E1</b>	Pav 0,72 (2°)	Pav 0,69 (2°)
	Veg -0,65 (1°)	Veg -0,67 (1°)
	Fep -0,23 (4°)	Sth -0,21 (4°)
<b>E2</b>	Pav 0,48 (1°)	Sud 0,76 (1°)
	Sud -0,47 (2°)	Sss -0,37 (3°)
	Fep 0,44 (3°)	Veg -0,35 (7°)

**Cuadro 3.10:** Variables con mayor valor absoluto de autovectores en los dos primeros ejes en los Análisis de Componentes Principales realizados sin considerar la For para las estepas gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* y arbustivo-gramíneo de *Stipa* spp. Entre paréntesis aparece el orden en el que aparecieron en el Análisis de Componente Principal considerando la For (ver detalles en Cuadro 3.3).

Por otro lado, los valores alcanzados por cada censo en los dos primeros ejes de ambos ordenamientos, estuvieron correlacionados muy



significativamente para ambas comunidades (Figura 3.5). Sin embargo, dichas correlaciones no siempre fueron positivas, ya que en el caso de la comunidad de *Stipa* spp., la ubicación de los censos a lo largo del E 2 se invirtió: altos valores en ese eje indicaron alta proporción de suelo desnudo y baja cobertura vegetal y de la especie dominante (*Stipa speciosa* var. *speciosa*) (Cuadro 3.7, Figura 3.5):



**Figura 3.5:** Relación entre los dos primeros ejes de los ordenamiento con y sin cobertura forrajera en estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens*: a y c y estepa arbustivo gramínea de *Stipa* spp: c y d. En todos los casos  $p < 0.0001$ .

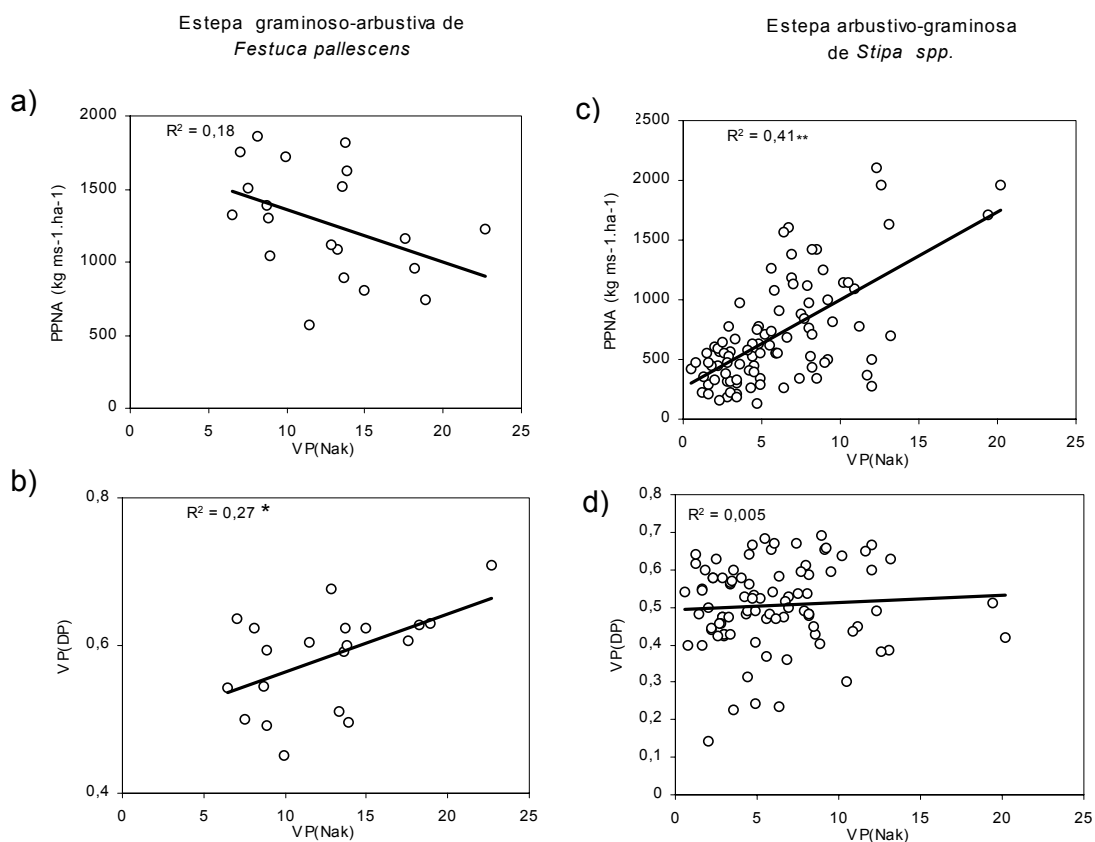
En las dos comunidades analizadas el VP(Nak) mostró una correlación significativa con los dos primeros ejes del ordenamiento realizado sin tomar en consideración la cobertura forrajera. En la estepa gramíneo-arbustiva de *Festuca palleescens* dicha correlación tuvo signo negativo con el primer eje y

positivo con el segundo. En la arbustivo-graminosa de *Stipa* spp. ambas correlaciones tuvieron signo negativo (Cuadro 3.11):

		Coeficiente r	
		E1	E2
VP (Nak)	Pastizal de <i>Festuca palleescens</i>	-0.49*	0.62
	Pastizal de <i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	-0.33**	-0.54**

**Cuadro 3.11:** Coeficientes de correlación R para los modelos que relacionan los dos ejes de ordenamiento del análisis de componente principal con Valor Pastoral (Nak) para la estepa graminoso-arbustiva de *Festuca palleescens* y la estepa arbustivo-graminosa de *Stipa* spp. Los valores señalados con un asterisco indican  $0.05 > p > 0.01$  y con doble asterisco  $p < 0.01$ .

Dado que en la comunidad de *Festuca palleescens* varios indicadores de deterioro tienen una relación directa con el E1 del ordenamiento e inversa con el E2, se puede considerar al VP(Nak) como un estimador aceptable de la “salud” del pastizal, es decir inversamente proporcional al deterioro. Lo mismo puede afirmarse para la comunidad de *Stipa* spp., en la cual ambos ejes del ordenamiento obtenido sin considerar a la cobertura forrajera tenían una relación directa con varios indicadores de deterioro. Esto permite ensayar una segunda aproximación -esta vez univariada- para poner nuevamente a prueba la hipótesis de que la presencia de indicadores de deterioro afecta más a la calidad de la vegetación que a la PPNA. Las relaciones simples mostradas por la PPNA y el VP(DP) (indicador de calidad) respecto al VP(Nak) (indicador sintético de la salud del pastizal) muestran correlaciones positivas del VP(Nak) con el VP(DP) en las estepas dominadas por *Festuca palleescens* y con la PPNA en las dominadas por *Stipa* spp. (Figura 3.6):



**Figura 3.6:** Relación entre el VP(Nak) con la PPNA y el VP(DP) en estepas gramíneo-arbustivas dominadas por *Festuca pallescens* a) y b) y estepas arbustivo-gramíneas dominada por *Stipa spp* c) y d). Un asterisco se señala  $0.01 < p < 0.05$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

Finalmente se analizó la correlación entre la PPNA y los indicadores de deterioro citados para ambas comunidades, observando que la relación inversa entre productividad y deterioro encontrada solo en los pastizales dominados por *Stipa spp.* (Figura 3.6 a y c) podría deberse a solo en ellos se detecta una correlación directa con la cobertura vegetal e inversa con suelo desnudo (Cuadro 3.12).

Coberturas	Coeficiente de correlación r con respecto a PPNA	
	Estepas gramíneo-arbustivas con dominio de <i>Festuca pallescens</i>	Estepas arbustivo gramíneo con dominio de <i>Stipa</i> spp.
Vegetación	- 0.30	+0.26**
Suelo desnudo	- 0.32	-0.45**
Pavimento de erosión	- 0.6**	-0.14
Mantillo	+ 0.26	-0.10
Forrajera	- 0.34	+0.71**
<i>Festuca pallescens</i>	- 0.42	
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	- 0.14	+0.60**
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>major</i>	+ 0.22	-0.10
<i>Poa ligularis</i>	- 0.28	+0.32**
<i>Bromus</i> spp.	+ 0.16	+0.24*
<i>Mulinum spinosum</i>	+ 0.01	+0.30**
<i>Senecio</i> spp.	+ 0.35	+0.24*
<i>Stipa humilis</i>		-0.24*
<i>Adesmia campestris</i>		+0.004
<i>Berberis heterophylla</i>		0.100
<i>Acaena</i> spp.	+ 0.53*	
Hierbas	+ 0.20	0.68**

**Cuadro 3.12:** Coeficiente de correlación R de los modelos que relacionan PPNA con los indicadores de deterioro en ambas comunidades. Un asterisco indica una correlación significativa ( $0.05 > p > 0.01$ ) mientras que doble asterisco indica una correlación muy significativa ( $p < 0.01$ ).

## Discusión

La calidad de la vegetación, expresada como VP(DP), no aumentó con la productividad primaria neta aérea ni a nivel regional (Figura 3.1 a) ni a nivel de comunidades (Figuras 3.2 a y c), contradiciendo la primer hipótesis específica de este Capítulo. Esto es coherente con la baja correlación encontrada por Oesterheld et al. (1999) entre las precipitaciones (variable fuertemente ligada y la PPNA en zonas áridas; Sala et al. (1988)) y el contenido de nitrógeno de la vegetación (característica ligada a su vez con calidad). La independencia entre productividad y calidad refuerza la idea de considerar a ambas propiedades al evaluar un pastizal y determinar su capacidad de carga. Dicha necesidad ya fue

planteada tanto a nivel global (Heady 1949, Society for Range Management 1974, Holechek et al. 1989, Natural Resources Conservation Service 1997 y 2000, Paruelo y Golluscio 2003), como así también al analizar los diversos métodos de determinación de capacidad de carga en la Patagonia (Golluscio et al. 1998a). La baja coincidencia encontrada en el Capítulo 2 entre el Método de la PPNA y el Método del Valor Pastoral podría tener su origen en que el Método de la PPNA se focaliza en aspectos cuantitativos y el Método de VP considera también aspectos cualitativos. Sin embargo, sí se encontró una relación entre PPNA y cobertura forrajera a escala regional (Figura 3.1b) y en especial en la comunidad dominada por *Stipa* spp. (Figura 3.2 b), lo que estaría indicando que la relación entre la productividad y calidad forrajera de los pastizales se debe más a cambios fisonómicos que a florísticos y que solamente se detectaría si se evaluara aspectos cuantitativos y cualitativos de la comunidad vegetal.

A escala regional se confirmó la relación directa entre la aparición de indicadores de deterioro sobre la productividad y la calidad de la vegetación enunciado en la segunda hipótesis específica (Cuadro 3.4). Sin embargo, al profundizar este análisis a escala de comunidades, sólo se observó una relación entre estos indicadores y la calidad en los pastizales de *Festuca pallezens*, mientras que en los de *Stipa* spp. se relacionaron sólo con la productividad (Figura 3.6). Estos patrones se repitieron tanto al analizar los ordenamientos multivariados (Cuadro 3.9), como al focalizar el análisis en el VP(Nak), un indicador inverso del deterioro del pastizal (Cuadro 3.11). Como consecuencia, el mayor efecto del deterioro sobre la calidad que sobre la cantidad de la vegetación planteado en la tercera hipótesis fue confirmado sólo para los pastizales de *Festuca pallezens*, coincidiendo con lo propuesto a partir de modelos de simulación por Aguiar y Sala (1998). En esta comunidad la PPNA no se redujo en función de los indicadores florísticos de deterioro, sino que estuvo más relacionada con modificaciones edáficas con posibles influencias en la dinámica del agua (Cuadro 3.12). Se destaca en este sentido la caída de la PPNA asociada a la pérdida de suelo superficial por erosión hídrica o eólica que da lugar a la formación de pavimentos de erosión (Dodd 1994, Elissalde y Garrido 1984). En los pavimentos de erosión se incrementan las pérdidas por escurrimiento y ocurren procesos de encostramiento que reducen las tasas de infiltración del agua (Paruelo y Sala 1995, Aguiar et al. 1996, Aguiar y Sala 1998). En estas comunidades no siempre los sistemas con mayores indicadores

de deterioro parecen tener menor PPNA, ya que son invadidos por especies no preferidas pero de aceptable productividad. Esto se refleja en la correlación positiva de la PPNA con respecto a la cobertura de *Acaena splendens* (Cuadro 3.12)

En cambio, en el caso de los pastizales dominados por *Stipa* spp., la significativa caída de la PPNA a lo largo del gradiente de indicadores de deterioro se debió fundamentalmente a su correlación directa con la proporción de suelo desnudo y a su correlación inversa con la cobertura de la mayoría de las especies de la comunidad incluidas en el análisis, exceptuando *Stipa humilis*, única especie correlacionada positivamente con el deterioro (Cuadro 3.12).

Por lo tanto la presencia y magnitud de los indicadores de deterioro asumió características diferenciales en cada una de las dos comunidades analizadas. En el ordenamiento de los censos a partir de estos indicadores se observó en las dos comunidades que el principal gradiente identificado fue el de cobertura vegetal en general y forrajera en particular, asociado en forma inversa a la presencia de pavimento de erosión. Sin embargo, dentro de las situaciones de baja incidencia de indicadores, el segundo eje permitió diferenciar distintos estados, desde los correspondientes baja aparición indicadores (censos con bajos valores de eje 1 y altos del eje 2) hasta una alta pero con invasión de especies de baja o nula calidad forrajera. Este rol sería cumplido por *Mulinum spinosum* en los pastizales de *Festuca pallescens* y por *Stipa humilis* en los dominados por *Stipa* spp. El reemplazo de *Festuca pallescens* por *Mulinum spinosum* fue descrito por León y Aguiar (1985), Paruelo et al. (1993) y Cesa y Paruelo (2005), para el distrito Subandino. Los procesos de “cicatrización” con *Stipa humilis* en el Distrito Occidental fueron señalados hace ya 50 años por Soriano (1956a). En ambas comunidades, las revegetaciones sería un paso previo al desencadenamiento de procesos de erosión lo que hace que la cobertura de las especies cicatrizantes esté asociada en forma directa con la proporción de suelo desnudo y en forma inversa con la proporción de pavimento de erosión. Estos procesos coinciden, en líneas generales, con los cambios florísticos descritos en el Catálogo de Estados y Transiciones para la Región Patagónica (Paruelo et al. 1993), así como con antecedentes presentados por varios autores en trabajos más focalizados (Soriano 1956a, Soriano et al. 1980, León y Facelli 1981, Golluscio et al. 1982, León y Aguiar 1985, Fernández et al. 1992). Los resultados de este capítulo agregan, sin embargo, elementos

vinculados a los cambios edáficos asociados al sobrepastoreo que no fueron explícitamente considerados en aquellos modelos de estados y transiciones.

Además de las evidencias referidas a las tres hipótesis originales, y la descripción de los distintos estados por los que pasa la vegetación de las dos comunidades estudiadas bajo la acción del pastoreo, este capítulo brinda otros conocimientos de interés. En primer lugar se diferencian dos indicadores de calidad forrajera de los pastizales. El Valor Pastoral calculado a partir del modelo de Daget et Poissonet (1971) caracteriza la calidad forrajera por unidad de superficie cubierta por vegetación. En cambio, el calculado a partir del modelo de Nakamatsu (Nakamatsu et al. 1998) caracteriza la calidad forrajera por unidad de superficie del stand tomado en forma integral, es decir incluyendo tanto el espacio cubierto por vegetación como el ocupado por suelo desnudo. Contar con indicadores numéricos que globalicen a una serie importante de indicadores específicos como el VP (Nak) restringidos, brinda una herramienta para avanzar en el estudio cualitativo de pastizales, precisando algunos conceptos aún utilizados como “condición” o “estado” (Society for Range Management, 1974).

Asimismo pudo confirmarse la validez de una serie de indicadores de deterioro por pastoreo. En términos generales se considera que la disminución de la cobertura forrajera es el principal efecto del pastoreo sobre una comunidad (León y Aguiar 1985, Paruelo et al. 1993, Dodd 1994, Aguiar et al 1996, Perelman et al. 1997, Del Valle et. al. 1998). Al comparar los ordenamiento con y sin cobertura forrajera no se observaron grandes diferencias (Figura 3.5), seguramente porque se habían considerado las principales especies forrajeras en forma individual. Las variables con mayor peso en los tres primeros ejes de ordenamiento del análisis que consideró la cobertura forrajera coincidieron en la mayoría de los casos con las que tuvieron también mayor peso en el ordenamiento que no consideró esta variable (Cuadro 3.10).

Por otro lado el VP(Nak) mostró un mejor ajuste con los ejes de ordenamiento que el VP(DP) en ambas comunidades. Esto podría deberse a que el VP(Nak) sintetiza tanto aspectos cuantitativos como cualitativos expresando mejor las modificaciones globales que ocurren en el pastizal. Esto habilitaría la utilización del VP(Nak) como indicador inverso del deterioro además de su uso en el cálculo de la disponibilidad forrajera. Esta posibilidad fue

planteada en forma general por Pasera et al. (1983), confirmándose su utilidad para la evaluación de deterioro en la Estepa Patagónica.

Buena parte de los establecimientos ganaderos patagónicos sufren un marcado grado de deterioro por pastoreo (Soriano 1956a, Borrelli et al. 1984, Elissalde y Garrido 1984, León y Aguiar 1985, Paruelo et al. 1993, Somlo 1995, Perelman et al. 1997, Ciccorossi y Sala 2001, Cesa y Paruelo 2001). Una forma de neutralizar este proceso es la determinación de la receptividad ganadera a partir de métodos confiables. De acuerdo a lo visto en este capítulo, estos deberían incluir tanto variables cuantitativas como cualitativas. Por otro lado, la aplicación de modelos generales que describen el impacto del deterioro sobre la productividad y calidad forrajera, deberían ser adaptados a situaciones concretas con cierto resguardo, porque pueden darse situaciones especiales de acuerdo a las características de cada comunidad. El VP(Nak), como parámetro numérico que engloba a la mayoría de los indicadores de ese proceso, puede ser utilizado para un seguimiento sobre transectas fijas y así evaluar el impacto de medidas de manejo a mediano y largo plazo. Sin embargo el VP(Nak) no permite entender el impacto del pastoreo en el corto plazo, por ejemplo dentro de una temporada de crecimiento. Para esto en el Capítulo 5 se analiza el desarrollo de indicadores de intensidad de pastoreo aptos para realizar evaluaciones.

#### **Conclusiones:**

- La PPNA y la calidad de la vegetación son independientes.
- El efecto del deterioro sobre la PPNA y la calidad de la vegetación varía de acuerdo a las características fisonómico-florísticas de las comunidades. En pastizales donde la especie dominante es *Festuca pallescens* la aparición de indicadores de deterioro afecta con mayor intensidad a la calidad que a la cantidad de vegetación, mientras que en los que son dominados por *Stipa* spp. la cantidad es más afectada que la calidad.
- En ambos casos la aparición de indicadores de deterioro tuvo mayor efecto sobre el VP (Nak) que sobre el VP(DP) debido posiblemente a la influencia del deterioro sobre la cobertura forrajera.
- Los distintos estados que se van sucediendo a lo largo de un gradiente de deterioro están relacionados en principio con cambios de estado de la vegetación aumentando la presencia de especies que impactan en



diferente forma en la productividad y en calidad forrajera del pastizal. y luego con erosión en el horizonte superior.

- El VP (Nak) resultó ser un parámetro que engloba y resume a los principales indicadores de deterioro.

## **Capítulo 4: Influencia de la calidad forrajera, la productividad y el deterioro sobre la tasa de extracción.**

### **Introducción:**

Las dos metodologías más difundidas en el NO de la Provincia del Chubut para determinar receptividad ganadera dan resultados diferentes cuando se las aplica sobre las mismas unidades de manejo (Rodano 2004, Capítulo 2 de esta Tesis). Esta falta de correspondencia podría deberse a las diferencias en las metodologías de estimación de la disponibilidad forrajera usadas por ambos métodos (ver Capítulo 2). El Método de la PPNA basa su cálculo en aspectos cuantitativos del pastizal mientras que el Método del Valor Pastoral presta también atención a los cualitativos (ver Capítulos 1 y 2). Por otra parte, ambos aspectos varían marcadamente de acuerdo a la presencia de indicadores de deterioro de los pastizales y dicha variación obedece a patrones característicos de cada comunidad (ver Capítulo 3). Sin embargo, parte del problema podría deberse también a que ambas metodologías utilizan distintas estimaciones de Tasa de Extracción, siendo ambas independientes de la calidad forrajera y no consideran en ningún caso los hábitos dietarios del animal. En este capítulo se analiza precisamente cómo se ven afectadas las tasas de extracción tanto por la cantidad y la calidad del forraje, como por la magnitud que presentan los indicadores de deterioro.

El Método de la PPNA utiliza el Índice de Cosecha (IC) cuyos valores son función exclusiva de la PPNA (Ecuaciones 4.1 a y b). Por su parte, el Método del Valor Pastoral, a partir de la propuesta de Holechek et al. (1989), estima la Tasa de Extracción como Factor de Uso (FU) asignándole un valor que sólo toma en cuenta la Región Ecológica y el relieve del cuadro.

$IC = FCP \times PPNA^{-1}$ <p>(a)</p>	$FU = FCP \times PF^{-1}$ <p>(b)</p>
--	--------------------------------------

**Ecuación 4.1:** Expresiones matemática de Tasa de Extracción: (a) índice de cosecha (IC): forraje consumido previamente (FCP) sobre PPNA (Oesterheld et al. 1992) y de (b) Factor de Uso (FU): Forraje Consumido Previamente (FCP) sobre producción forrajera (PF) (Nakamatsu et al. 1998).

La relación entre PPNA e Índice de Cosecha se basa en un modelo lineal entre el logaritmo de la biomasa de herbívoros y el logaritmo de la PPNA

(Oesterheld et al. 1992) que se traduce en una relación no lineal pero creciente entre el Índice de Cosecha y la PPNA (Golluscio et al. 1998a). La explicación del patrón detectado por Oesterheld et al. (1992) es que la PPNA en zonas áridas está relacionada directamente con la disponibilidad hídrica (Sala et al. 1988) y que, por otra parte, las adaptaciones a la sequía y al pastoreo tiene efectos convergentes (Milchunas et al. 1988). Por lo tanto, las plantas de zonas húmedas tendrían menos defensas antiherbívoros lo que las haría más palatables y con una mayor proporción de biomasa forrajera que las de las zonas más áridas. Sin embargo, en el Capítulo 3 se demostró que el VP por unidad de suelo cubierto (VP(DP)) (un estimador de la calidad forrajera de los pastizales) no aumenta con la PPNA entre 0 y 2000 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (Figura 3.1 y 3.2). El mismo patrón había sido detectado por Oesterheld et al. (1998), analizando el contenido de nitrógeno de la vegetación en un gradiente de PPNA. Por otra parte, Rodano (2004) profundizando el análisis de dos serie de datos independientes publicados por Oesterheld et al. (1992) y por Milchunas y Lauenroth (1993), encontró que en el rango de productividades 0-1500 kg.ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, el Índice de Cosecha no sólo no aumenta sino que disminuye a medida que aumenta la productividad. Las preguntas centrales de este capítulo son: ¿cuál es la relación entre las Tasa de Extracción y la PPNA? y ¿otros factores como calidad forrajera o deterioro pueden tener influencia sobre la Tasa de Extracción?

La cuantificación de las Tasas de Extracción se basa en el consumo realizado por los animales, que depende a su vez de la interacción entre la oferta forrajera y los hábitos de consumo de la especie (Holechek et al. 1989). Por lo tanto las modificaciones en la oferta forrajera podrían ser compensadas por cambios en los hábitos de pastoreo. Provenza et al. (2003), a partir del trabajo de diversos autores, identificaron una marcada tendencia en los herbívoros a la diversificación de su dieta para cubrir mejor sus requerimientos nutricionales y compensar la ingesta de toxinas. Por otra parte, los ovinos tienen una particular capacidad de modificar su dieta de acuerdo a la oferta forrajera, debido probablemente a la plasticidad de características morfológicas y fisiológicas de su aparato digestivo que maximizan la digestión de forrajes de distinta calidad (Hanley 1980). Esta característica ha sido registrada en la región por Bonvissuto et al. (1984) al comparar la dieta de dos majadas que pastoreaban dos cuadros

colindantes, con vegetación similar pero con distinta proporción de las especies de mejor calidad.

Se ha documentado que el efecto concreto del deterioro por pastoreo es una disminución de la cobertura de las especies forrajeras, tanto a escala global (Moen y Oksanen 1998, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994, Olf y Ritchie 1998, Oksanen y Oksanen 2000) como en las estepas y pastizales de la Patagonia (León y Aguiar 1985, Paruelo et al. 1993, Aguiar et al. 1996, Perelman et al. 1997, Figura 3.6). Sin embargo existe poca información sobre cómo el cambio en la estructura de la vegetación asociado al deterioro repercute en la selectividad. El estudio de la dieta del ganado en relación a la composición del pastizal es un tema que ha despertado mucho interés. Holechek et al. (1989) analizaron las variaciones de la cantidad y composición de la ingesta diaria a lo largo del año y presentaron como antecedentes una revisión de 74 trabajos referidos a 15 herbívoros en 59 ambientes de Canadá y Estados Unidos. En la Patagonia se estudió la composición de la dieta en distintos tipos de comunidades (Bonvissuto et al. 1983, Pelliza et al. 1997, Bonvissuto 1996) o en la misma comunidad con distinto grado de deterioro (Bonvissuto et al. 1984, Somlo et al. 1994). Sin embargo existen pocos antecedentes internacionales y locales que cuantifiquen el forraje consumido y la variación temporal de la intensidad de defoliación en función de la productividad y la composición florística de distintos parches dentro de una misma comunidad y en un mismo momento.

En este capítulo se pondrán a prueba las siguientes **Hipótesis Específicas** a fin de estudiar cómo se relaciona la Tasa de Extracción con la PPNA y estimadores de la calidad del recurso forrajero y cómo esta relación es modificada ante la presencia de indicadores de deterioro.

1. La Tasa de Extracción, expresada como Índice de Cosecha o Factor de Uso, aumenta con la PPNA y con la calidad.
2. La Tasa de Extracción disminuye a medida que aumenta la magnitud de los indicadores de deterioro.

Para ponerlas a prueba se realizó un experimento en condiciones de campo con alta carga animal durante un tiempo corto, a fin de favorecer una defoliación intensa y minimizar la influencia climática en la dinámica de la oferta forrajera. Las Tasas de Extracción se calcularon a partir de las ecuaciones 4.1a (Índice de Cosecha) y 4.1b (Factor de Uso). La PPNA fue estimada a partir de la

biomasa aérea medida en el pico de biomasa (Singh et al. 1975). La calidad del pastizal se evaluó a partir del Valor Pastoral (Daget y Poissonet 1971) (VP(DP)), mientras que la presencia de indicadores de deterioro se evaluó a través del Valor Pastoral (Nakamatsu et al. 1998) (VP(Nak)) por resumir a los principales indicadores de degradación por pastoreo de acuerdo al análisis presentado en el tercer capítulo de esta tesis al considerar la cobertura y la calidad forrajera de las especies. Para eliminar el efecto del tipo de animal, el estado fisiológico y la adaptación a distintas ofertas forrajeras, el ensayo se llevó a cabo en un único cuadro con un único lote de animales.

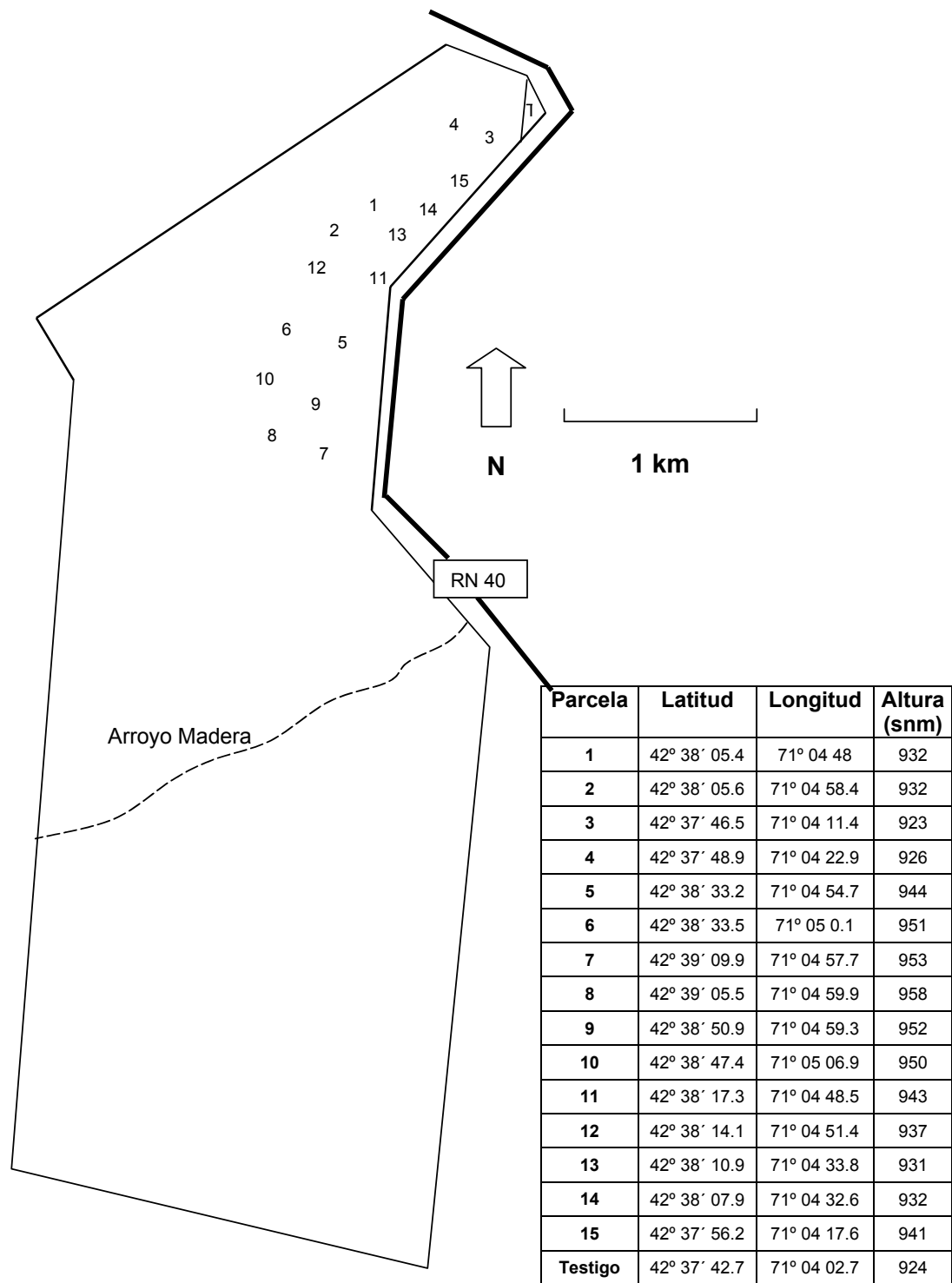
### **Métodos:**

El experimento de campo se realizó dentro del cuadro “Nevado” de la Estancia Leleque (Provincia del Chubut) de 2753 ha. La vegetación del mismo es una estepa graminoso-arbustiva de *Festuca pallescens*, *Stipa speciosa* var. *speciosa*, *Poa ligularis*, *Mulinum spinosum* y *Senecio filaginoides* (sólo el 0.2% del cuadro correspondió a comunidades de mallín). Durante los últimos 7 años el cuadro fue pastoreado sólo 3 meses en el año con 15.000 ovejas secas, permaneciendo el resto del tiempo en descanso. En ese lugar se instalaron quince parcelas de muestreo en lugares planos, para minimizar la influencia del relieve sobre el patrón de pastoreo, y a distancias variables de la aguada. Teniendo en cuenta los antecedentes presentados por Calvo (1978) y Holechek et al. (1989) sobre los hábitos de desplazamiento diario de los ovinos respecto a los lugares de abrevado, la distancia entre las parcelas de muestreo y la aguada fue de 500 m a 2500 m para asegurar la visita de los animales a todas las parcelas. Este mismo criterio fue utilizado por Saba (1993) al relacionar el Valor Pastoral (VP) con la distancia a la aguada en estepas del Noreste del Chubut. También se evitó ubicarlas en lugares donde los animales se concentraran debido a factores ajenos a la disponibilidad de forraje, como reparos, dormideros, etc. A tal efecto se recabó información en el establecimiento en cuanto a la distribución habitual de la hacienda en los años previos.

Las parcelas experimentales fueron de 30 m x 30 m (900 m<sup>2</sup>) con lados orientados en sentido NS y EO. Fueron señaladas en el terreno por varas de 2.5 m ubicadas en sus vértices. Se procuró que fueran homogéneas internamente en cuanto a la vegetación y al tipo de suelo. Durante el experimento fueron sometidas a un pastoreo intenso con una carga de 4.5 ugo.ha<sup>-1</sup> entre el 15 de

abril y el 7 de mayo del 2002 y  $1.7 \text{ ugos.ha}^1$  entre el 23 de mayo y el 16 de junio, equivalente a una carga de  $0,37 \text{ ugo.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ . Con la alta presión de pastoreo durante un período limitado se buscó una utilización más homogénea del pastizal por parte del ganado. Se determinó la intensidad de defoliación a alcanzar para dar por terminado el ensayo a partir de un seguimiento de intensidad de pastoreo sobre *Poa ligularis*, una de las posibles especies claves, procurándose que alcance a removerse alrededor del 50 % de la biomasa aérea (Factor de Uso propuesto por Holechek et al. (1989) para estos ambientes) (ver detalles en el Capítulo 5).

En cada parcela se describió el suelo y la composición florística inicial. Se determinó la textura de suelo por densímetro de Bouyoucos (1949) a partir de muestras de los primeros 15 cm del perfil, obtenidas con barreno en 20 puntos de cada parcela. Asimismo en enero de 2002 se hizo un censo fitosociológico inicial (Braun Blanquet 1950) registrándose la totalidad de las especies presentes y sus valores de cobertura. En la primera quincena de abril, inmediatamente antes del ingreso de la hacienda, se hicieron mediciones iniciales de biomasa aérea total (Bi), biomasa forrajera (Bfi) y se caracterizó la estructura de la vegetación utilizando para tal fin el Valor Pastoral según los modelos de Daget y Poissonet (1971) (VP(DP)) y Nakamatsu et al. (1998) (Elissalde et al. 2002) (VP(Nak)) (Ecuaciones 3.1 y 3.2 respectivamente). Se consideró que la medición inicial de biomasa ocurrió lo suficientemente cerca del periodo de máxima biomasa como para considerarla una buena estimación de la PPNA (Jobbágy et al. 2002). Este supuesto es válido teniendo en cuenta que en la estimación se incluyó no sólo la biomasa verde sino también la recientemente senecida. Para caracterizar un estado de menor deterioro del mismo ambiente, se midió también la textura del suelo, la composición florística, el VP(DP) y el VP(Nak) en un área vecina de 1 ha clausurada al ingreso de grandes herbívoros hace más de 15 años (Figura 4.1). Las mediciones de biomasa total y biomasa forrajera en las parcelas pastoreadas se repitieron al final del experimento en el mes de junio, momento en que el riesgo de nevadas torna imprudente el uso del cuadro. El consumo se estimó a partir de la diferencia entre ambas mediciones de biomasa.



**Figura 4.1:** Esquema del Cuadro Nevado de la Sección Montoso de la Estancia Leleque, donde se realizó el ensayo. Los números indican la ubicación de las respectivas parcelas. La letra T indica la ubicación de la parcela testigo dentro de la clausura de 15 años.

**Cuadro 4.1:** Coordenadas y altura sobre nivel del mar de las parcelas

Las mediciones de biomasa aérea total y biomasa forrajera se realizaron por corte sobre un marco de 0.2 m x 5 m (1m<sup>2</sup>) (Fernández et al. 1991). Para la primera se tomó en cuenta toda la biomasa aérea correspondiente al crecimiento del año (material vegetal de colores verde y amarillo brillante). Para la segunda se usó como criterio considerar como forrajeras a las especies con un Índice de Calidad Específica (ICE) mayor que 1 (Elissalde et al. 2002) y a las fracciones de las mismas consideradas en el método de Valor Pastoral, es decir los tejidos foliares verdes y amarillos brillantes de las gramíneas, los brotes del año de las leñosas y toda la parte aérea de las hierbas (Elissalde et al. 2002, Cuadro 4.4). A partir de observaciones de consumo hechas en el campo también se incorporaron a la fracción forrajera los tallos florales de *Poa ligularis* y *Bromus* spp. Cabe mencionar que este mismo criterio fue el utilizado para el cálculo del Valor Pastoral. La biomasa cosechada se diferenció entre *Festuca pallescens*, *Poa ligularis*, *Stipa speciosa* var. *speciosa*, *Hordeum comosum*, *Bromus* spp., Leñosas y Hierbas. Todos los valores de biomasa usados en los análisis se expresaron en materia seca, para lo cual se sometieron las muestras a secado en estufa de secado a 85° C hasta peso constante.

Todas las mediciones tuvieron lugar durante una etapa de máximo déficit hídrico. Esto permitió asegurar una mínima producción primaria durante el ensayo y eliminar la necesidad de corregir las mediciones de biomasa consumida con mediciones simultáneas de PPNA (Oesterheld y McNaughton, 2000). Igualmente se llevaron registros de precipitaciones y temperaturas desde el mes de enero hasta la finalización del ensayo (Cuadro 4.2). La precipitación de 80 mm ocurrida en el mes de junio fue como nieve en su mayor parte y tuvo lugar 12 días antes de la finalización del ensayo, en un momento de bajas temperaturas. Debido a esto se consideró que no había generado un pulso de crecimiento, lo que fue constatado con observaciones a campo.



Mes	Histórica (periodo 1971-1990)		Registrada	
	Precipitaciones (mm)	Temperatura media	Precipitaciones (mm)	Temperatura media
Enero	28,9	14,7	6	14.6
Febrero	17,5	15,1	7	14.1
Marzo	22,6	12,4	4	13.3
Abril	32,0	9,3	0	8.1
Mayo	86,7	5,8	18	6.8
Junio	98,9	2,8	80	3.8
Período del ensayo	217.6		98	
TOTAL	286,6		115	

**Cuadro 4.2:** Precipitaciones y temperaturas medias históricas y registradas durante el verano y otoño en el sitio del estudio.

Se obtuvieron muestras de materia fecal de la hacienda los días 10° y 57° del ingreso de los animales, las que se sometió a análisis microhistológico (Pelliza 1993) en el Laboratorio de Análisis Microhistológicos de EEA INTA Bariloche. El mismo permitió caracterizar la composición de la dieta, diferenciando especies en la mayoría de los casos, mientras que en otros como *Stipa* spp., *Eleocharis* spp., *Bromus* spp., *Armeria* spp. y *Junellia* spp. las claves microhistológicas sólo permitieron diferenciar restos de tejidos al nivel de género. En cada muestreo se obtuvieron tres submuestras, utilizadas como repeticiones en un Análisis de Varianza sobre el arco seno de la raíz cuadrada de los porcentajes de participación de cada especie en la dieta (Steel y Torrie 1980), a fin de determinar si existieron diferencias significativas entre especies y fechas.

Para estimar el consumo, parámetro clave para el cálculo de la Tasa de Extracción, se utilizaron dos vías alternativas y se compararon sus resultados, eligiendo la más coherente con los resultados del análisis microhistológico. Las dos aproximaciones estimaron el consumo como la diferencia entre la biomasa inicial y final, pero en el primer caso se consideró la biomasa total y en el segundo sólo la forrajera.

Para analizar la relación de las Tasa de Extracción (expresadas como Factor de Uso e Índice de Cosecha (Ecuaciones 4.1a y 4.1b)) con la productividad y la estructura de la vegetación se consideró a la biomasa inicial total como indicador de PPNA y dos descriptores de dicha estructura: el VP(DP)

que considera la cobertura de cada especie y su calidad forrajera y el VP(Nak) que pondera también la superficie ocupada por vegetación. (Capítulo 3). Sobre esta base se desarrollaron modelos de regresión simples entre ambas Tasa de Extracción y todas las variables independientes por separado. También se desarrollaron dos tipos de modelos de regresión múltiple: uno considerando como variables explicatorias a la PPNA y el VP(DP), y en el otro también a la PPNA pero acompañada por el VP(Nak). En ambos casos se consideraron como variables de respuesta las dos expresiones de la Tasa de Extracción señaladas. De esta manera se buscó discernir entre el efecto propio del deterioro en la Tasa de Extracción y el enmascarado de la caída de productividad, dado que PPNA y VP(Nak) están relacionados muy significativamente (Figura 2.5a).

### **Resultados**

En su gran mayoría las parcelas tuvieron una textura franco arcillosa con un contenido de arcilla superior al 50 %. La textura de la clausura de 15 años ubicada junto a la zona del ensayo mostró valores similares, lo que sugiere que no se han producido procesos erosivos recientes (Cuadro 4.3):

Parcela	Arena	Limo	Arcilla	Tipo textural
1	17	27	56	Franco Arcilloso
2	10	16	74	Franco Arcilloso
3	19	34	47	Franco
4	6	9	85	Arcilloso Franco
5	12	25	63	Franco Arcilloso
6	12	26	62	Franco Arcilloso
7	15	21	63	Franco Arcilloso
8	15	19	66	Franco Arcilloso
9	18	30	52	Franco
10	18	24	58	Franco Arcilloso
11	13	20	67	Franco Arcilloso
12	18	29	53	Franco Arcilloso
13	16	28	56	Franco Arcilloso
14	14	21	65	Franco Arcilloso
15	10	14	76	Franco Arcilloso
Media	14,2	22,9	62,9	Franco Arcilloso
Clausura	16	22	62	Franco Arcilloso

**Cuadro 4.3:** Caracterización textural del suelo de las parcelas

La fisonomía predominante fue la de una estepa gramíneo-arbustiva, con dominancia de *Festuca pallescens*, *Stipa speciosa* var. *speciosa*, *Senecio filaginoides* y *Adesmia campestris*. La clausura no mostró diferencias fisonómicas con el resto de los sitios analizados, pero sí coberturas significativamente más altas de gramíneas en general y de *Festuca pallescens*, *Bromus pictus*, *Poa ligularis* y *Stipa humilis* en particular (Cuadro 4.4), coberturas más bajas de los tres arbustos dominantes (significativas en los caso de *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum*) y de las efímeras (en particular *Epilobium glaucum*, *Bromus tectorum* y *Erodium cicutarium*). Los cambios observados sugieren que en esta comunidad, ecotono entre las estepas con dominio de *Stipa* spp. y los dominados por *Festuca pallescens*, ocurrió un proceso de cicatrización con *Stipa humilis* y una recuperación de las especies de gramíneas más palatables que desalojaron a los arbustos y efímeras que las habían reemplazado.

a)

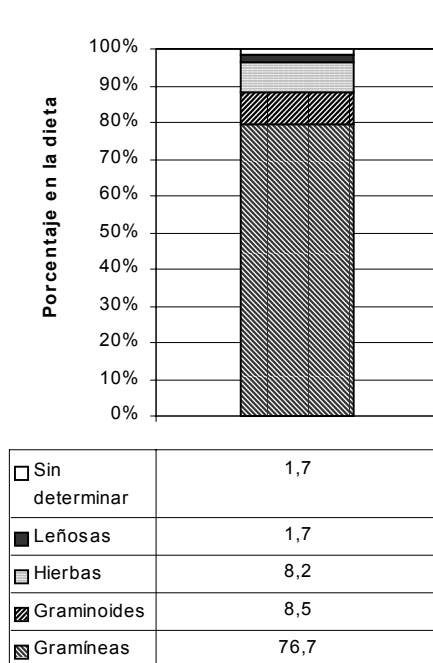
	Cobertura en parcela																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	M	CI
Cobertura vegetal	60	55	35	30	70	50	45	43	33	41	52	52	40	35	45	46	76*
Cobertura de gramíneas	30	25	15	12	30	25	20	20	15	10	27	20	15	10	20	20	55*
Cobertura de leñosas	5	15	10	15	15	20	15	10	8	10	20	20	20	15	20	15	5
Cobertura de hierbas	+	+	+	1	+	+	+	3	+	1	3	2	+	+	5	1	1
Cobertura de efímeras	25	15	10	1	25	5	10	10	10	20	2	10	5	10	r	11	15

b)

Especie	Cobertura en parcela																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	M	CI
<i>Acaena pinnatifida</i> (0)	r	r	0	r	r	0	r	r	+	r	1	+	r	r	+	0,3	1
<i>Adesmia campestris</i> (3)	0	0	0	r	7	r	3	5	0	7	3	3	5	0	r	2,8	1
<i>Adesmia corymbosa</i> (2)	+	r	r	r	0	r	r	r	r	4	0	r	0	0	r	0,8	0
<i>Apera</i> spp. (0)	r	r	r	0	0	0	r	r	1	7	r	r	r	r	r	1,6	r
<i>Arjona tuberosa</i> (2)	+	r	r	r	0	0	r	r	r	0	0	0	0	r	7	1,0	1
<i>Armeria</i> spp. (1)	r	r	r	0	r	0	r	1	+	+	r	r	r	r	0	0,3	r
<i>Azorella caespitosa</i> (0)	r	r	3	7	0	0	1	+	1	r	0	r	0	0	0	1,2	0
<i>Borraginacea</i> (0)	0	0	0	0	0	0	r	r	0	r	r	+	r	r	r	0,0	r
<i>Bromus pictus</i> (3)	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	1	r	r	r	r	1,0	5*
<i>Bromus tectorum</i> (3)	5	r	0	r	15	0	r	1	7	10	+	r	+	7	r	5,6	r
<i>Epilobium</i> spp. (0)	20	15	10	r	10	0	r	5	5	3	+	3	7	r	r	7,8	r
<i>Erodium cicutarium</i> (0)	+	0	0	0	r	0	0	r	r	7	0	0	r	0	0	0,7	r
<i>Festuca pallescens</i> (2)	3	5	5	5	3	3	5	3	10	10	10	10	7	5	3	5,8	17*
<i>Hordeum comosum</i> (3)	3	1	3	r	7	1	5	7	7	1	1	1	r	+	0	3,1	5
<i>Junellia</i> spp (3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	1
<i>Mulinum spinosum</i> (2)	+	7	r	7	+	7	r	0	r	+	3	10	3	5	3	5,0	1
<i>Nassauvia aculeata</i> (1)	r	r	r	0	r	r	r	r	1	1	r	+	1	+	0	0,6	0
<i>Nassauvia glomerulosa</i> (2)	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	r	0,3	0
<i>Poa ligularis</i> (5)	r	r	r	r	+	r	r	+	1	1	1	+	7	+	+	2,5	10*
<i>Senecio filaginoides</i> (1)	5	7	7	5	12	5	5	5	5	5	5	7	3	10	3	5,9	r*
<i>Stipa humilis</i> (0)	1	0	r	1	0	0	r	r	1	1	0	7	r	r	r	1,2	10*
<i>S. psylantha</i> (3)	r	1	0	r	0	+	0	0	0	0	7	0	0	0	+	0,7	r
<i>S. speciosa</i> var <i>speciosa</i> (2)	15	17	7	3	20	15	10	3	0	7	3	5	10	7	12	8,9	5
<i>Verbena thymifolia</i> (2)	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	r

**Cuadro 4.4:** Descripción fisonómico-florística de las parcelas: (a) porcentaje de cobertura vegetal y por tipo funcional, (b) porcentaje de cobertura por especies (aparecen las especies con cobertura > 1% en alguno de los censos). Entre paréntesis junto al nombre de la especie aparece el índice de calidad específica asignado a cada una (Elissalde et al. 2002). Los valores de cobertura se expresan en porcentaje, con excepción de “r” < 0.5 % y “+” entre 0,5 - 0.9 % . M: valor promedio de las parcelas 1 a 15. Con asterisco se señalan los valores de las clausuras que quedan fuera del intervalo de confianza de los valores medidos en las parcelas.

Durante el periodo de pastoreo el 85% de la dieta estuvo compuesto por gramíneas y gramínoideas y el 71.8 % por tres especies: *Festuca pallescens*, *Poa ligularis* y *Stipa* spp. (Figura 4.2 y Cuadro 4.5):



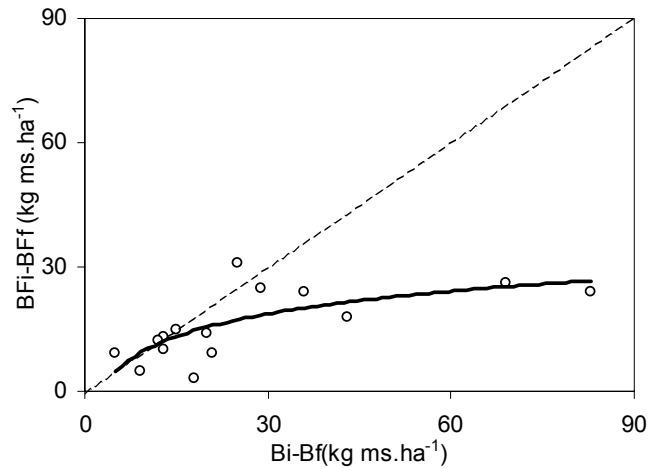
Especie	Grupo funcional	Dieta			
		Máximo	Mínimo	Promedio	Promedio acumulado
<i>Festuca pallescens</i>	Gramínea	49,0	38,3	43,8	43,8
<i>Poa ligularis</i>	Gramínea	19,5	13,8	17,5	61,3
<i>Stipa</i> spp.	Gramínea	14,9	5,6	10,5	71,8
<i>Juncus balticus</i>	Gramínoideas	10,6	4,3	7,3	79,1
<i>Hordeum comosum</i>	Gramínea	5,3	0,6	3,0	82,1
<i>Cerastium arvense</i>	Hierbas	5,6	0,6	2,9	85
<i>Rhodophiala elwesii</i>	Hierbas	8,1	0,0	2,6	87,6
<i>Eleocharis</i> spp.	Gramínoideas	3,8	1,1	2,4	90
<i>Mulinum spinosum</i>	Arbustos	4,6	0,0	2,3	92,3
<i>Acaena pinnatifida</i>	Hierbas	3,7	0,6	1,9	94,2
<i>Carex antártica</i>	Gramínoideas	3,4	0,0	1,2	95,4
<i>Rhytidosperra</i> spp.	Gramínea	3,1	0,0	1,0	96,4
<i>Bromus</i> spp.	Gramínea	1,6	0,0	0,9	97,3
<i>Berberis heterophilla</i>	Arbustos	2,5	0,0	0,5	97,8
<i>Armeria</i> spp.	Hiebas	1,2	0,0	0,3	98,1
<i>Junellia</i> spp.	Arbustos	1,0	0,0	0,2	98,3
Otras		8	1	1,7	100

**Figura 4.2:** Participación en la dieta de los distintos grupos funcionales de especies (promedio de dos muestreos).

**Cuadro 4.5:** Participación en la dieta de las distintas especies (promedio de dos muestreos).

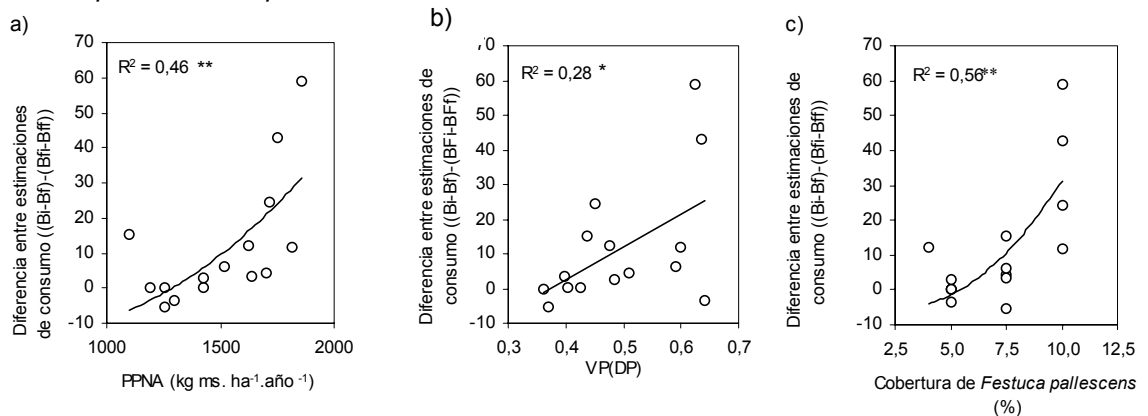
Se registraron variaciones en la dieta durante el pastoreo, las que son analizadas en el capítulo 5.

Las estimaciones de consumo realizadas a partir de la diferencia entre biomasa inicial (Bi) y final (Bf), y entre la biomasa forrajera inicial (BFi) y final (BFf) (ver cuadro 4.7 de Anexo) fueron similares para valores bajos de consumos. En cambio, para valores altos de consumo la estimación a partir de la biomasa total fue superior a la obtenida a partir de la biomasa forrajera (Figura 4.3).



**Figura 4.3:** Relación entre consumo estimado a partir de la diferencia entre biomasa inicial y final (Bi-Bf) y estimado como diferencia entre biomasa forrajera inicial y final (Bfi-BFf).  $(Bfi-BFf) = 7.88 \ln(1/(Bi-Bf)) - 8.11$ ,  $R^2 = 0.49$   $p = 0.01$ ,  $n = 15$ . La línea discontinua representa la relación 1:1 y la continua el modelo.

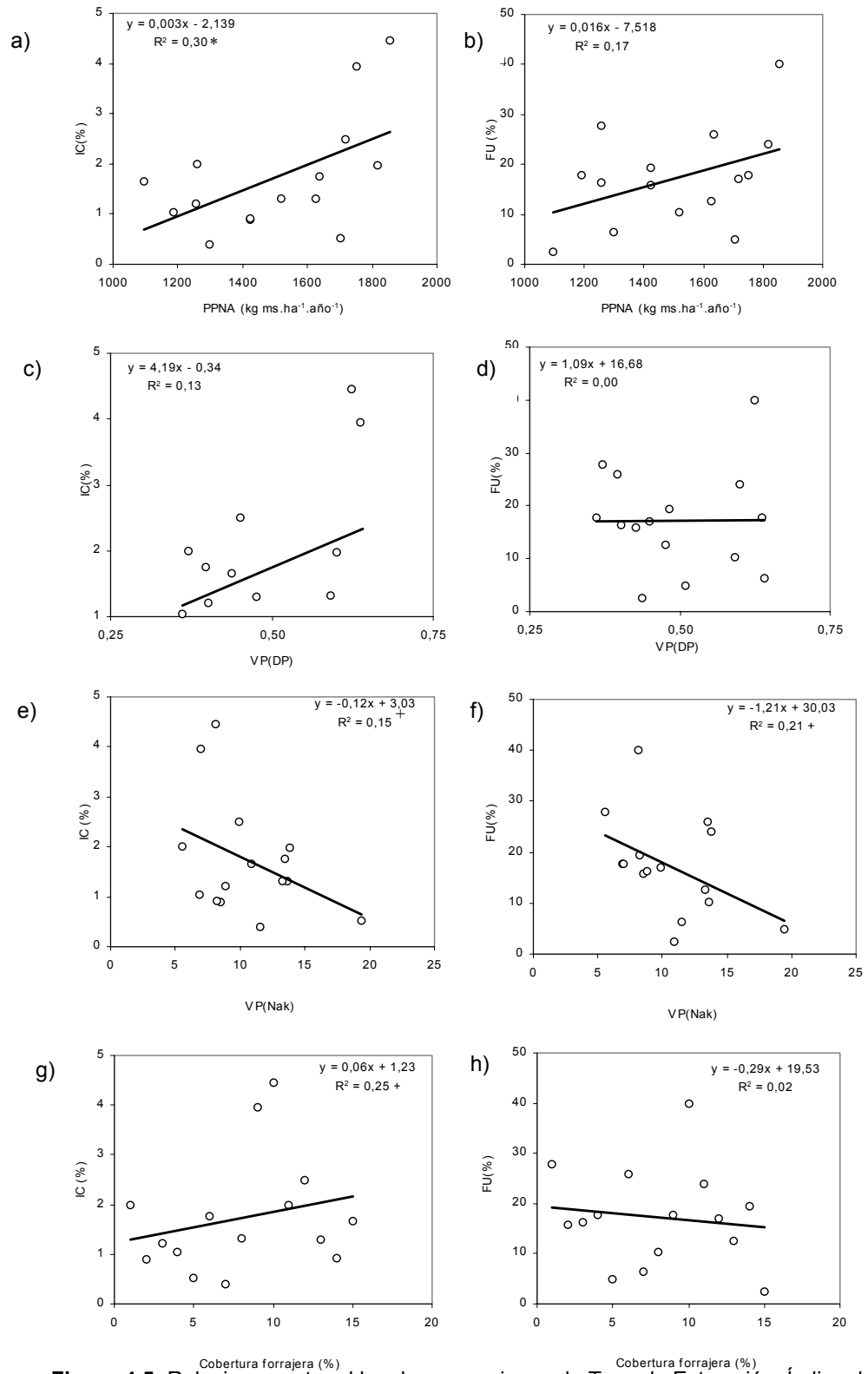
La diferencia entre las dos estimaciones de consumo estuvo relacionada con la estimación de PPNA y con el VP(DP) en general, y con la cobertura de *Festuca pallescens* en particular (Figura 4.4). No se observaron relaciones significativas con VP(Nak) ni con las coberturas de *Poa ligularis* y de *Stipa speciosa* var. *speciosa*.



**Figura 4.4:** Relación entre la diferencia entre las estimaciones de consumo y la Biomasa Inicial (a), el VP(DP), (b) y la cobertura de *Festuca pallescens* (c). Un asterisco señalan grados de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

La frecuencia de participación de *Festuca palllescens* en la dieta fue del 43.8 %, valor significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que el 14% de frecuencia en el cálculo del Valor Pastoral y del 19% de participación en la biomasa considerada forrajera cosechada por corte. Sobre esta base se asumió que la estimación de consumo a partir de la biomasa total era más confiable que la obtenida a partir de la biomasa forrajera, porque en el cálculo de ésta se subestimaba la importancia en la dieta de *Festuca palllescens*. El concepto de Producción Forrajera utilizado por el Método del Valor Pastoral sería entonces poco preciso al no existir criterios totalmente confiables para clasificar *a priori* fracciones forrajeras de no forrajeras de algunas especies.

El Índice de Cosecha y el Factor de Uso no mostraron relación alguna con la distancia a la principal aguada (Arroyo Madera), por lo que se consideró que la intensidad de pastoreo estuvo determinada en mayor medida por la distribución y calidad de la biomasa forrajera. El Índice de Cosecha mostró una correlación positiva con la PPNA y, con menor grado de significancia, con la cobertura forrajera, pero no con el VP(Nak) ni con VP(DP). El Factor de Uso solo mostró una correlación negativa con un bajo grado de significancia con el VP(Nak) (Figura 4.5):

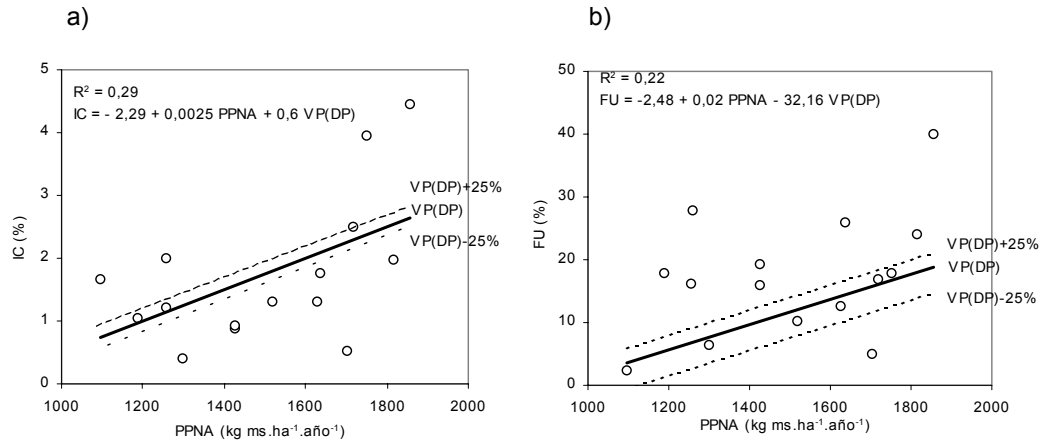


**Figura 4.5:** Relaciones entre el las dos expresiones de Tasa de Extracción, Índice de Cosecha (IC) y Factor de Uso (FU) con la PPNA (a) y (b), el VP(DP) (c) y (d), VP(Nak) (e) y (f), y la Cobertura Forrajera (g) y (h). Los valores acompañados con un signo



positivo representan  $0.05 < p < 0.1$  por asterisco representan  $0.05 > p > 0.01$  y con un signo positivo  $0.05 < p < 0.1$ .

Cuando se analizó la influencia conjunta de la cantidad (PPNA) y la calidad (VP(DP)) de la vegetación sobre la tasa de extracción (Índice de Cosecha y Factor de Uso) ninguno de los dos resultó significativo (Figura 4.6):



**Figura 4.6:** Modelos de regresión múltiple que relacionan PPNA y VP(DP) con el Índice de Cosecha (a) y el Factor de Uso, (b). Aparecen como línea continua proyección del modelo sobre el plano representado por los ejes x e y. A fin de mostrar la influencia de la segunda variable regresora (VP(DP)), se representan con líneas de guiones ecuaciones con valores promedios de VP(DP), promedio + 25% y promedio - 25 %.

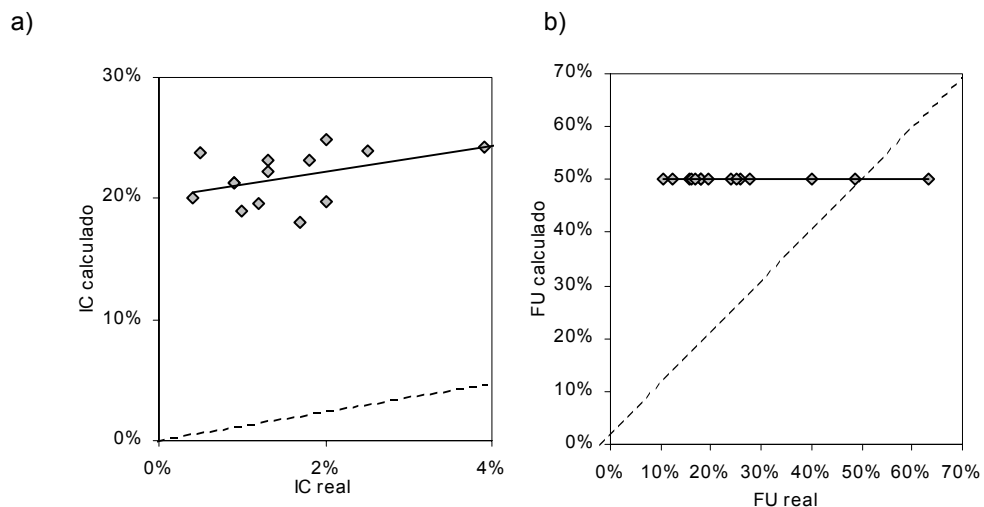
En cambio al analizar en qué medida el deterioro condiciona la influencia de la PPNA sobre las tasas de extracción se encontraron ajustes mucho más significativos que los anteriores. Dichos ajustes muestran relaciones directas del Índice de Cosecha y el Factor de Uso con la PPNA e inversas con el VP(Nak). (Cuadro 4.6):

Variables explicatorias	Parámetros de los modelos							
	Variable respuesta: IC				Variable respuesta: FU			
	Pendiente	Significancia de la variable	R <sup>2</sup>	Significancia del modelo	Pendiente	Significancia de la variable	R <sup>2</sup>	Significancia del modelo
PPNA	0.004	p = 0.0007	0.68	p = 0.001	0.03	p = 0.006	0.59	p = 0.005
VP(Nak)	-0.22	p = 0.0025			-1.85	p = 0.004		

**Cuadro 4.6:** Parámetros de los modelos múltiples que relacionan PPNA y VP(Nak) como variables explicatorias con Índice de cosecha: IC y Factor de Uso: FU.

Por último, cabe señalar que los niveles de consumo alcanzados en el ensayo fueron menores que las Tasas de Extracción que surgieron por el

Método de la PPNA y el Método del Valor Pastoral. Probablemente este patrón se haya debido a que la intensidad de pastoreo final no se determinó a partir de las estimaciones de receptividad surgidas de los métodos sino a partir del grado de defoliación de la *Poa ligularis*. El Método de la PPNA calcula el Índice de Cosecha en función de la PPNA, encontrándose en este experimento una relación significativa entre Índice de Cosecha real y Índice de Cosecha calculado (Figura 4.7 a). El Método del Valor Pastoral estima el Factor de Uso por áreas ecológicas y relieve, correspondiendo este caso un valor del 50 % para las 15 parcelas, mientras que el real osciló entre un 3 y un 40 %, con un promedio de 17.2 % (ver Anexo).



**Figura 4.7:** Relación entre Tasas de Extracción reales y calculadas para ambos métodos (a) Comparación entre el Índice de Cosecha real alcanzado y el Índice de Cosecha calculado a partir del Mppna:  $R^2=0.28$ , ( $p=0.04$ ,  $n=15$ ); (b) Comparación entre los Factores de Uso alcanzados en cada parcela y el estimado por el Método del Valor Pastoral. Las líneas de guiones indican las relaciones 1:1.

### Discusión:

Los resultados de este trabajo apoyan la hipótesis que prevé aumentos de la Tasa de Extracción con la PPNA (Figura 4.5 a y Cuadro 4.6). Estos resultados son coherentes con la relación directa entre PPNA e Índice de Cosecha planteada por Oosterheld et al. (1992) y Golluscio et al. (1998a), y no coinciden con los análisis de Rodano (2004) quien encontró una correspondencia inversa al estudiar la misma relación en un rango de productividad de 0 a 1500 kg.ms.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Cabe destacar que en el ensayo presentado en este capítulo el rango de PPNA fue levemente superior al

analizado por Rodano (2004), oscilando entre los 1096.8 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> y los 1856 kg ms.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>.

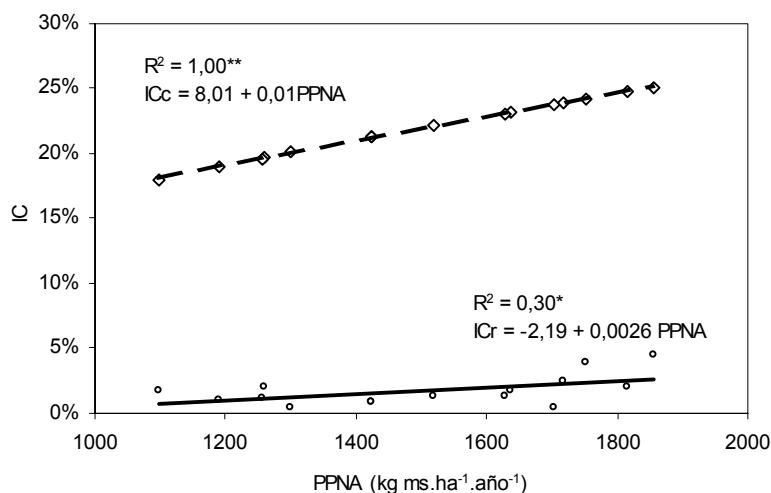
El Índice de Cosecha, por su parte, no resultó afectado por la calidad de la vegetación estimada como VP(DP) contradiciendo en este caso en parte lo postulado por la primera hipótesis específica. Teniendo en cuenta que el VP(DP) osciló entre el 0.36 y 0.64 posiblemente esto se deba al estrecho rango de variación de la calidad encontrado dentro del cuadro. Sin embargo, tuvo una relación inversa con el VP(Nak) parámetro que mostró una relación inversa con los principales indicadores de deterioro identificados en la zona (Capítulo 3), lo que contradiría la segunda Hipótesis específica (Cuadro 4.6). Teniendo en cuenta la relación directa entre la PPNA y el VP(Nak) hallada a escala regional (Capítulo 2), esto podría explicar por qué razón Rodano (2004) encontró aumentos de tasa de extracción ante caídas de PPNA. La causa sería un efecto enmascarado por la relación inversa entre PPNA y deterioro que haría que a bajos valores de productividad el Índice de Cosecha aumentara más por su relación directa con el deterioro que su relación inversa con la PPNA. Por su parte, el Factor de Uso mostró un patrón semejante al descrito para el Índice de Cosecha (Cuadro 4.6).

La relación directa de la Tasa de Extracción con la PPNA se puede deber a un aumento de la calidad forrajera de la vegetación en áreas más productivas (Oosterheld et al. 1992). Si bien dicho aumento de la calidad no se reflejó en un aumento del Valor Pastoral (Daget, Poissonet 1971) a escala regional (Capítulo 3) ni a escala local (Figura 4.5 c y d), debe tenerse en cuenta que los individuos de una misma especie pueden tener hojas más o menos tiernas que pueden hacer variar su grado de preferencia por la hacienda. En cambio la relación inversa de la Tasa de Extracción con el VP(Nak) se debería a un aumento de la presión de pastoreo al disminuir la disponibilidad forrajera (Cuadro 4.6). Ante la escasez de biomasa de especies habitualmente preferidas, el ovino tiende a mantener su ingesta diaria consumiendo otras especies habitualmente desechadas. Soriano y Brun (1973) señalaron el consumo por el ovino de *Stipa humilis* solamente en condiciones de deterioro, mientras Bonvissuto et al. (1984) encontraron un mayor consumo de especies habitualmente poco preferidas al comparar dos condiciones diferentes de una misma comunidad. Por otro lado, un efecto prolongado de esta mayor presión puede provocar efectos en el pastizal que favorezcan un rejuvenecimiento de tejidos y una mayor Tasa de

Extracción. Matazedian y Sharrow (1986) describieron ese proceso por efecto del pastoreo en pastizales con alto contenido de tejidos sobremaduros, el que también podría provocar un aumento de tejidos forrajeros. Un efecto similar fue descrito para pastizales dominados por *Festuca pallezens* (Bertiller y Defossé 1990). Asimismo en pastizales gramíneos de la Estepa Magallánica el pastoreo provocó un proceso de disminución del tamaño de arbustos y pastos dominantes poco palatables que permitiría el desarrollo de gramíneas y graminoides de menor porte pero de mayor valor nutricional (Cingolani 1999, Cingolani et al. 2002).

La marcada diferencia entre el Índice de Cosecha real y el calculado (Figura 4.7 a) podría ser interpretada como una de las razones que explique la falta de correspondencia entre el Método de la PPNA y el Método del Valor Pastoral (Figura 2.1 a). La diferencia entre los métodos, al igual que el aumento de la diferencia a favor del Índice de Cosecha calculado, es creciente en función de la PPNA. Esto se debe a que tanto el Índice de Cosecha real como el calculado son sensibles a la PPNA ya que el Índice de Cosecha calculado es función de ella, mientras que el Índice de Cosecha real mostró una relación significativa, pero la pendiente de la primera relación es mayor que la de la segunda (Figura 4.8). Este patrón podría deberse a que el modelo teórico sobrestima el Índice de Cosecha o a que la presión de pastoreo alcanzada en este experimento no fue suficientemente alta. Un elemento que apoya esta segunda explicación es que el período de ocupación se decidió en función de la intensidad de defoliación de *Poa ligularis*, sin embargo *Festuca pallezens* fue la especie dominante y principal componente de la dieta. Como consecuencia para dilucidar las causas de la discrepancia entre el Índice de Cosecha teórico y el alcanzado durante el experimento, sería importante analizar cuál fue el patrón de uso real sobre la *Festuca pallezens* y cuál habría sido el Índice de Cosecha si se hubiera alcanzado un Factor de Uso de *Festuca pallezens* del 40%. Este análisis se realizó en los Capítulos 5 y 6. De todas formas, dado que las cargas anuales usadas en este experimento son similares a las utilizadas en la zona, la caída del Índice de Cosecha en función de la productividad hallada por Rodano (2004) tal vez también esté indicando que, por alguna razón ajena a la disponibilidad de forraje, la carga real no aumenta con la PPNA con la tasa que lo podría hacer. Estas razones podrían estar asociadas, por ejemplo, a las bajas temperaturas invernales que caracterizan a las zonas donde crecen los

pastizales patagónicos más productivos, que impiden al ganado utilizar todo el forraje disponible.



**Figura 4.8:** Relación entre productividad y el Índice de Cosecha calculado (línea de guiones) y el índice de Cosecha real (línea continua). El asterisco simple indica un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y el doble asterisco  $p < 0.01$ .

Las bajas receptividades obtenidas por el Método del Valor Pastoral en las comunidades más productivas dominadas por *Festuca palleescens* (Cuadro 2.3), podrían originarse en parte en una subestimación de la calidad forrajera de esa especie. En efecto, los análisis microhistológicos muestran que la proporción de *Festuca palleescens* en la dieta es mayor que la determinada en la biomasa forrajera de la comunidad, tanto al clasificar el material cortado como al calcularla a partir del Método del Valor Pastoral. Además, las estimaciones de consumo hechas sobre toda la biomasa fueron superiores a las hechas sobre la biomasa forrajera (Figura 4.3), incrementándose esta diferencia con el aumento de la cobertura de *Festuca palleescens* (Figura 4.4c). Esta diferencias se deberían a una mayor utilización forrajera de *Festuca palleescens* que la prevista. Estas evidencias también ponen en tela de juicio los criterios de determinación de disponibilidad forrajera basados exclusivamente en características del pastizal sin tener en cuenta la capacidad del ovino de modificar su dieta de acuerdo a la oferta forrajera como lo señalaran diversos autores (Calvo 1978, Berman y Wit 1983, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Holechek et al. 1989, Moore 1987, Bonvissuto et al., 1984) y cuestiona el concepto de Producción Forrajera, por no ser posible diferenciar *a priori* el grado de preferencia del ovino, y los de él derivados como el Factor de Uso. Por otro lado, la utilización de Factor de

Uso fijos no parece conveniente a la luz de las dificultades encontradas para discriminar las fracciones forrajeras de las no forrajeras dada la gran dispersión que esta expresión de la Tasa de Extracción alcanzó entre las parcelas del ensayo (Figura 4.7b) y su comportamiento poco claro dadas sus relaciones no significativas con la PPNA, VP(DP) y VP(Nak) (Figura 4.5)

La dieta puede ser considerada como el resultado de la disponibilidad forrajera (determinada por la PPNA, la composición fisonómico florística y la fenología de las especies palatables) y los hábitos alimenticios del ganado (influenciados por la capacidad de ingesta diaria, los hábitos dietarios, etc) (Holechek et al. 1989). Ambos aspectos, oferta y demanda de forraje, pueden ser caracterizados tanto en forma cuantitativa como cualitativa. Las características de la cantidad y calidad de la vegetación influyen en forma directa sobre el uso que la hacienda hace del forraje (Noy-Meir 1973) y, en un plazo más largo, sobre la selectividad y la tasa de extracción impuesta por la herbivoría (Senft et al. 1987, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994). De esta manera se desarrolla un proceso dinámico que puede dar lugar a un equilibrio entre los requerimientos de los animales y la oferta de forraje o puede provocar efectos indeseados como subalimentación y/o deterioro del ecosistema (Stoddart et al. 1975). Aumentos del deterioro del pastizal puede inducir una menor selectividad en la dieta del ovino (Breman y Wit 1983, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987), sobrecompensándose de esta manera el efecto de la caída de disponibilidad forrajera y trayendo como consecuencia directa una retroalimentación del proceso de deterioro. La comprensión de esta dinámica permitirá mejorar el diseño de sistemas de pastoreo que conduzcan a mantener un equilibrio entre los requerimientos de la hacienda y la oferta forrajera. En el Capítulo 5, precisamente, se tratarán aspectos que hacen a esa dinámica, estudiando el perfil temporal de consumo de tres especies con distinto grado de preferencia y disponibilidad: *Festuca palleescens*, *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var. *speciosa*. Asimismo se calculará a cuánto habría ascendido la tasa de extracción si se hubiera alcanzado una tasa de defoliación de *Festuca palleescens* similar al Factor de Uso sugerido para la especie clave.

### Conclusiones:

- Tanto el Índice de Cosecha como el Factor de Uso mostraron mayor sensibilidad a cambios en la productividad que en la calidad de la vegetación.
- Ambos aumentaron a medida que aumentó la magnitud de los indicadores de deterioro.
- También ambas expresiones de la Tasa de Extracción resultaron inferiores a las teóricas, especialmente en el caso del Índice de Cosecha.
- La discriminación *a priori* de fracciones forrajeras y no forrajeras tiene poca confiabilidad.

### ANEXO

Parcela	Mediciones iniciales				Medición final		Consumo		TE	
	Biomasa (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	Biomasa forrajera (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	VP DP	VP Nak	Biomasa (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	Biomasa forrajera (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	Bi-Bf (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	Bfi-bff (kg ms. ha <sup>-1</sup> )	IC (consumo/ biomasa inicial) (%)	FU (consumo/ biomasa forrajera inicial) (%)
1	1258	110	0,37	5,56	1233	79	25	31	2,00	27,80
2	1425	80	0,43	8,52	1412	67	13	13	0,89	15,87
3	1256	94	0,40	8,85	1241	78	15	15	1,21	16,26
4	1189	70	0,36	6,85	1176	57	12	12	1,04	17,80
5	1704	93	0,51	19,4	1695	89	9	5	0,53	4,89
6	1637	98	0,40	13,5	1608	72	29	25	1,76	25,88
7	1299	137	0,64	11,5	1294	128	5	9	0,40	6,34
8	1520	135	0,59	13,6	1500	121	20	14	1,32	10,28
9	1751	148	0,64	7	1682	121	69	26	3,95	17,80
10	1857	60	0,62	8,11	1774	36	83	24	4,45	40,00
11	1816	101	0,60	13,8	1780	77	36	24	1,98	24,00
12	1718	109	0,45	9,91	1675	90	43	18	2,50	16,97
13	1627	71	0,48	13,3	1606	62	21	9	1,30	12,55
14	1425	53	0,48	8,22	1412	43	13	10	0,92	19,36
15	1097	116	0,44	10,9	1079	113	18	3	1,66	2,50

**Cuadro 4.7:** Disponibilidad y consumo de la biomasa aérea, Valor Pastoral y expresiones de Tasa de Extracción.





## **Capítulo 5: Criterios de manejo basados en la biomasa remanente de especies clave.**

### **Introducción:**

Dentro de las decisiones que se deben tomar en el manejo ganadero de un pastizal semiárido, la determinación de un límite en su intensidad de uso debe ser seguramente una de las más complicadas. En el Capítulo 4 se demostró que las tasas de extracción medidas a campo guardan una baja correspondencia con las estimadas a partir de modelos teóricos (Figura 4.7). Esta dificultad se debe tanto a la alta heterogeneidad espacial en la distribución de la biomasa que dificulta el muestreo para la estimación de la disponibilidad forrajera como a sus variaciones temporales a distinta escala. A lo largo de la estación de crecimiento, los cambios fenológicos en las diferentes especies provocan modificaciones en la preferencia del ganado (Pelliza et al. 1997). Entre años, la productividad presenta también amplias variaciones en función de la disponibilidad de recursos (Jobbágy y Sala, 2000, Jobbágy et al. 2002). Por último, a lo largo de los años, la estructura del pastizal se modifica como consecuencia del manejo ganadero. Tales modificaciones podrían asociarse a procesos de deterioro o recuperación. Esta dinámica en la cantidad y calidad de la oferta forrajera determina necesariamente variaciones en la Tasa de Extracción.

Una alternativa para evaluar la tasa de extracción podría basarse en el seguimiento de la intensidad de defoliación por pastoreo de especies clave y establecer la relación entre su grado de utilización y la tasa de extracción sobre el pastizal en general. Esto permitiría no sólo conocer en tiempo real el grado de uso del pastizal sino también determinar un límite de intensidad de utilización. Por otra parte, realizando este seguimiento año a año y conociendo las cargas reales, se podría obtener una estimación empírica de la disponibilidad forrajera media del cuadro, e incluso detectar modificaciones relacionadas con las variaciones de las precipitaciones interanuales o con la tendencia del pastizal. En este capítulo se desarrolla una metodología que permite determinar los niveles de defoliación que van alcanzando distintas especies indicadoras de un pastizal patagónico a lo largo de una temporada de uso. Posteriormente se las utilizó para relacionar los niveles de defoliación alcanzados con la productividad

y con aspectos estructurales del pastizal. Por último se compararon observaciones hechas a campo con estimaciones de dieta hechas a partir de análisis microhistológicos.

Los pastizales naturales de zonas áridas se caracterizan por su gran heterogeneidad espacial, no sólo en cuanto a su composición florística sino también a la distribución de la biomasa (Aguiar y Sala 1997, Aguiar y Sala 1999). En el caso particular de las estepas patagónicas, esta heterogeneidad se incrementa por efecto del pastoreo (Golluscio et al. 2005b). Además existe una heterogeneidad temporal, originada en la fenología de los componentes de la comunidad (Siffredi et al. 1981, Golluscio et al. 2005a) y en la variabilidad interanual de factores ambientales como la temperatura y los aportes hídricos (Holechek et al. 1989, Paruelo et al. 1998). Todo esto da origen a una compleja estructura, con una matriz dinámica de parches ocupados por distintas especies pertenecientes a diferentes grupos funcionales (Pickett y White 1985).

La heterogeneidad de la comunidad se acentúa aún más si se considera la distribución espacial y temporal de la biomasa consumida por el ganado (Stafford Smith 1996, Cingolani et al. 2002). La disponibilidad forrajera se encuentra conformada en general por un conjunto de especies, cuyas distintas formas de crecimiento condicionan en gran medida su aporte a la dieta. Muchas leñosas presentan hojas, brotes, flores o frutos consumidos en una determinada época del año (*Adesmia campestris*, *Mulinum spinosum*) (Bonino et al. 1986). Algunas gramíneas con tamaño de individuo grande (*Festuca palleescens*, *Stipa speciosa* var. *speciosa*) son consumidas en forma parcial, mientras que otras de tamaño menor (*Poa ligularis*, *Bromus* spp.) ofrecen en menor espacio una mayor concentración de forraje. También existen gramíneas rizomatosas de alto valor forrajero, como la *Poa lanuginosa*, que acumula muy poco material muerto en pie (Correa 1972). Precisamente *Festuca palleescens*, *Stipa speciosa* var. *speciosa* y *Poa ligularis* son las gramíneas con más participación en las dietas de ovinos relevadas en la región (Pelliza et al. 1997, Capítulo 4). Inclusive, las dos primeras suelen ser dominantes en las estepas gramíneas y arbustivo gramíneas del Centro-Oeste y Noroeste de la Patagonia (Soriano 1956b, Latour 1977, Golluscio et al. 1982, León et al. 1998). Sin embargo estas tres especies difieren en su preferencia, siendo mayor en *Poa ligularis*, intermedia en *Festuca palleescens* y menor en *Stipa speciosa* var. *speciosa* (Somlo y Cohen 1997).

Por otra parte el ganado ovino se caracteriza por su alta selectividad durante el pastoreo (Calvo 1978, Breman y Wit 1983, Bonvissuto et al. 1984, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987, Hofmann 1989, Holechek et al. 1989, Somlo et al. 1994, Somlo et al. 1997), variando la composición de su dieta pero manteniendo una ingesta diaria en materia seca diaria equivalente al 2-3 % de su peso vivo. Se han comparado dietas en animales que pastorean distintas comunidades (Bonvissuto et al. 1984, Holechek et al. 1989, Pelliza et al. 1997), la misma comunidad con distinta historia de pastoreo (Bonvissuto et al. 1984 b, Somlo et al. 1994) y la misma comunidad en distintas épocas del año (Ferreira et al. 1987). Los resultados demuestran que, si bien el consumo obedece a una marcada jerarquía de preferencia, el ovino tiene una alta capacidad de modificar su dieta en respuesta a la oferta forrajera. Esta característica hace que no sea sencillo determinar en forma general qué especies, órganos o tejidos vegetales son potencialmente forrajeros y cómo varía la preferencia sobre una especie en función de la disponibilidad de las otras.

La combinación entre la heterogeneidad espacial y temporal de la oferta forrajera y la selectividad del ovino complica sobremanera la estimación de la Tasa de Extracción (Klein 1968, Skogland 1985, Coughenour 1991, Stanford Smith 1996, Golluscio et al. 1998a, Cingolani et al. 2002). La disponibilidad de forraje para los ovinos está determinada fundamentalmente por un grupo de especies, consumidas cada una con distinta intensidad. Así, podrá darse la defoliación total de una de ellas mientras que otras son parcialmente consumidas. La determinación de una Tasa de Extracción adecuada es una tarea compleja y su utilización sin seguimiento de la dinámica de consumo posterior puede significar una subutilización del pastizal o la sobreutilización de las especies más preferidas, que en el caso del ovino corresponden generalmente a las de mayor calidad nutricional (Somlo et al. 1985).

Holechek et al. (1989) propusieron la utilización de un Factor de Uso (FU) definido como el porcentaje de la biomasa forrajera disponible que puede ser pastoreado por el ganado sin comprometer una producción sostenible en el tiempo. Este Factor de Uso no se aplica sobre el total de la biomasa forrajera aérea, sino sobre la de la llamada "Especie Clave", es decir aquella que, debido a su preferencia por el ganado, dominancia u otro factor, puede usarse para realizar observaciones significativas que permitan estimar tendencias o condición

de una unidad de manejo de un pastizal, simplificando la evaluación de su intensidad de uso (Stodaart et al.1975). Para pastizales de América del Norte ubicados en zonas con precipitación anual similar a la de la Patagonia, Holechek et al. (1989) propusieron una intensidad media de remoción de la biomasa aérea para la especie clave del 30% al 50%. Para la Patagonia Nakamatsu et al.(1998) propusieron aplicar ese coeficiente al total de la biomasa considerada forrajera. Sin embargo el concepto de Factor de Uso tampoco permite saber si la Tasa de Extracción establecida es aceptable. Una alternativa ante esto sería hacer un seguimiento del grado de utilización sobre un conjunto de especies indicadoras con relativa abundancia que combinen entre sí distintos grado de preferencia, y relacionar su dinámica con el grado de pastoreo del pastizal en general. Además, conocer la relación entre este grado de utilización y la productividad o características estructurales del pastizal, permitiría saber cómo indicadores asociados con la calidad forrajera y el deterioro pueden influir en el grado de uso.

La estimación de la biomasa removida de las especies indicadoras requiere el desarrollo de un método rápido y no destructivo que, además, permita el seguimiento a lo largo del tiempo. En este capítulo se desarrolló una metodología para estimar a campo la biomasa removida de las tres gramíneas forrajeras con más participación en la dieta ovina a partir de una escala visual y se la aplicó en un caso concreto. El uso de esta técnica tiene numerosas ventajas, ya que (a) se aplica directamente a campo, lo cual permite tomar decisiones “in situ” y en tiempo real, (b) es una metodología no destructiva, con la que se puede hacer un seguimiento del grado de pastoreo sobre los mismos individuos y así describir la intensidad de uso que se va dando en cada especie a través de la temporada de pastoreo, (c) permite detectar diferencias de intensidad de pastoreo entre distintos sitios dentro de la misma unidad de manejo, estimando de esa manera patrones espaciales de utilización.

La **Hipótesis Específica** de este capítulo predice que el grado de defoliación de la especie clave aumenta con la productividad y con la calidad forrajera de la comunidad y disminuye con características estructurales asociadas con el deterioro del pastizal y con la abundancia relativa de las otras especies forrajeras. Para poner a prueba esta hipótesis fue necesario cumplir con los siguiente objetivos específicos:

- 1.- Calibrar un método no destructivo de estimación de consumo.

2.- Evaluar este método a partir del contraste de los resultados con análisis microhistológicos de heces.

3.- Estudiar la relación entre el grado de defoliación de las tres especies más importantes en cuanto a su participación en la dieta ovina y dos atributos descriptores del parche de vegetación: la PPNA y la estructura de la vegetación.

Para calibrar la metodología no destructiva de evaluación del grado de consumo de las distintas especies, se estudió la correlación entre las categorías de una escala visual desarrollada y la biomasa remanente medida en más de cien plantas de cada una de las tres especies estudiadas. La comparación entre las observaciones a campo y las mediciones hechas sobre las heces de los animales se realizó a partir del estudio de la correlación del grado de consumo, el porcentaje de biomasa removida y el Índice de Calidad Específica (Capítulo 2) de estas especies con su Índice de Preferencia (Valentine 2001). Por último se puso a prueba la hipótesis analizando la relación entre el grado de defoliación alcanzado por cada una de las tres especies estudiadas con la PPNA, con dos parámetros que resumen aspectos estructurales de la vegetación: el VP(DP) (Daget Poissonet 1971) que considera la cobertura por especie y su calidad forrajera y el VP(Nak) (Nakamatsu et al. 1998) que pondera también la superficie cubierta por vegetación y que tiene una relación inversa con los principales indicadores de deterioro identificados en la zona (ver Capítulo 3) y la abundancia de las otras dos especies.

### **Métodos:**

Golluscio et al. (1998b) propusieron una escala visual de grados de defoliación para *Stipa speciosa*. Por otra parte, Ferreira et al. (1987) modificaron el método desarrollado por Anderson et al. (1973) para determinar el grado de utilización de gramíneas por bovinos, teniendo en cuenta las particularidades de consumo de los ovinos. La modificación consistió en reemplazar la altura remanente de la planta consumida por una escala que se refería al volumen utilizado, por considerar que se adapta mejor al hábito de pastoreo de esta especie. Utilizando estas ideas como antecedentes se desarrollaron relaciones entre los grados de defoliación a que son sometidos por el ovino y el porcentaje de biomasa remanente para *Festuca pallescens*, *Poa ligularis*, y *Stipa speciosa*

var. *speciosa*. En *Poa ligularis* cada macollo es consumido en forma íntegra hasta la base mientras que en *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* son consumidos en forma centripeta, es decir comenzando por la periferia de la planta hasta una altura de 5 cm, probablemente para evitar los tallos florales más duros (Bottaro, observaciones en el sitio del estudio cada dos semanas realizadas durante 70 días sobre 75 plantas de cada una de estas especies, pastoreadas con una carga instantánea equivalente a 4 UGOs.ha<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>). Observaciones provenientes de sitios sometidos a pastoreo más intenso mostraron que recién cuando se defolia toda la planta hasta 5 cm, continúa su utilización hasta la base (Bottaro, observaciones realizadas en Reserva Cushamen).

Grado de defoliación	Intensidad de defoliación		
	<i>Poa ligularis</i>	<i>Festuca pallescens</i>	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>
0	Sin defoliación	Sin defoliación	Sin defoliación
1	Un solo macollo a 3 cm	Un solo macollo a 5 cm	Un solo macollo a 5 cm
2	25 % de los macollos hasta 3 cm de altura	25 % de los macollos hasta 5 cm de altura	25 % de los macollos hasta 5 cm de altura
3	50 % de los macollos hasta 3 cm de altura	50 % de los macollos hasta 5 cm de altura	50 % de los macollos hasta 5 cm de altura
4	75 % de los macollos hasta 3 cm de altura	75 % de los macollos hasta 5 cm de altura	75 % de los macollos hasta 5 cm de altura
5	Toda la planta a 3 cm de altura	Toda la planta a 5 cm de altura	Toda la planta a 5 cm de altura
6		Defoliación a 3 cm del total de toda la planta	Defoliación a 3 cm del total de toda la planta

**Cuadro 5.1:** Escala de intensidad de defoliación utilizada para *Poa ligularis*, *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa*.

Para cuantificar la relación entre la biomasa removida y el grado de consumo para las tres especies en cuestión, se seleccionaron 160 plantas de *Poa ligularis*, 138 de *Festuca pallescens* y 126 de *Stipa speciosa* var. *speciosa*, tratando de abarcar la mayor parte del espectro de alturas y diámetros existentes. A cada planta se le midió la altura, el diámetro basal, el diámetro de la canopía y luego se dividió al azar el total de plantas en tantos grupos como grados de defoliación considerados. La defoliación se realizó experimentalmente

por corte con tijera, separando lo cortado y lo remanente y secándolo en estufa a 85 ° C hasta peso constante. Luego se pesó cada parte. Los datos de biomasa removida se transformaron en porcentaje de materia seca respecto al peso inicial.

Con los resultados obtenidos se desarrollaron distintos modelos de regresión entre el grado de defoliación y el porcentaje de biomasa aérea removido optándose por el de mejor ajuste. Se probaron modelos de regresión simples y múltiples en los que se incorporaron características morfológicas. En todos los casos se utilizó el método de los Mínimos Desvíos Cuadráticos (Steel y Torrie 1890).

Para determinar la participación de las distintas especies en la dieta los días 26 y 57 se obtuvieron muestras de materia fecal del ganado y se las sometió a análisis microhistológico (Pelliza 1993). Los resultados de ambas fechas permitieron tener una más clara percepción de cómo se fue modificando el consumo de las distintas especies al aumentar la intensidad de defoliación. En cada muestreo se obtuvieron tres submuestras representativas de todo el cuadro, ya que las parcelas estaban abiertas, y se las utilizó como repeticiones para determinar si existieron diferencias significativas en la participación en la dieta de las principales especies entre los dos muestreos. Con los datos de participación en la dieta y de composición del pastizal se calculó el Índice de Preferencia (Ecuación 5.1) (Vallentine 2001) y se lo relacionó mediante modelos lineales con el grado de consumo respectivo para cada una de las especies (estimado como grado de pastoreo y porcentaje de biomasa removida utilizando la escala desarrollada) y con el Índice de Calidad Específica (Cuadro 4.4):

$$\text{Índice de preferencia (IP)} = \text{Porcentaje en la dieta} \times \text{Porcentaje en la biomasa aérea}^{-1}$$

**Ecuación 5.1:** Índice de preferencia.

La escala desarrollada fue utilizada para realizar el seguimiento de la intensidad de defoliación sobre 5 individuos de las tres especies en cada una de las 15 parcelas de 30 m por 30 m descriptas en el Capítulo 4. Todas ellas estuvieron accesibles al ganado y dentro del mismo cuadro sometido a pastoreo ovino con una carga de 4.5 ugo.ha<sup>-1</sup> durante 38 días y 1.7 ugos.ha<sup>-1</sup> durante los 24 días posteriores entre el 7 de abril y 16 de junio de 2002 (equivalente a 0.58

ugos.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). Al trabajarse con una alta carga animal instantánea por un periodo de tiempo corto se procuró que la distribución del ganado en el cuadro estuviera determinada fundamentalmente por las características estructurales de los distintos parches de vegetación y no por las variables geográficas. Para validar este supuesto se estudiaron las relaciones de la intensidad de pastoreo con la latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar de las parcelas. El seguimiento se realizó a partir de observaciones cada 10 días del grado de pastoreo alcanzado por todos los individuos seleccionados (5 plantas de 3 especies en 15 parcelas). Los animales se mantuvieron hasta alcanzar un 60 % de defoliación en *Poa ligularis*. Se optó por esa especie por considerarla a priori como la gramínea que mejor combinaba preferencia y abundancia en la mayoría de las parcelas. Se utilizó un porcentaje levemente superior al propuesto por Holeček et al. (1989), a fin de asegurar que en todas las parcelas se haya superado el Factor de Uso recomendado. Durante todo el ensayo *Festuca pallescens*, *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* permanecieron en el estado fenológico de descanso post-fructificación con hojas verdes, fenofase 14 de French y Sauer (1974) (Golluscio et al. 2005a). A partir del grado de defoliación medido a campo, se usaron los modelos que relacionan el grado de pastoreo con el porcentaje de biomasa removida para estimar la intensidad de defoliación. Se analizó la relación de el porcentaje de biomasa removida de cada especie con la PPNA, y características estructurales de la vegetación estudiadas a través del VP(DP) y el VP(Nak) y la abundancia relativa de las otras dos especies.

A fin de evaluar cuál de las 3 especies presentó una tendencia en su defoliación más parecida a la del pastizal para poder utilizarla como indicadora de Tasa de Extracción de la comunidad, se analizó la relación entre el grado de defoliación alcanzado por cada una de ellas y el registrado en la biomasa total (Ver Capítulo 4, Anexo, Cuadro 4.7). Se repitió el mismo análisis incorporando como segunda variable explicatoria la cobertura de la especie medida en el Capítulo 4 y por último se estudió la relación entre la Tasa de Extracción y el promedio de biomasa removida (PBR) de las tres especies ponderados por su cobertura (Co) (Ecuación 5.2):

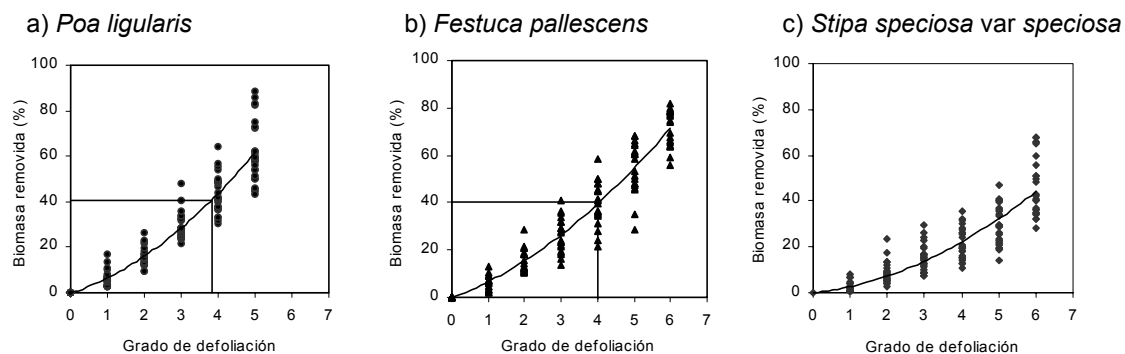


$$\text{PBR} = \sum (\text{PBR especie } i \times \text{Cobertura especie } i)$$

**Ecuación 5.2:** Promedio de biomasa removida (PBR)

**Resultados:**

El grado de defoliación y la biomasa removida mostraron ajustes muy significativos ( $p < 0.001$ ) en los casos de las tres especies analizadas (Figura 5.1). En todas el mejor ajuste correspondió al modelo cuadrático. La inclusión del diámetro basal, el diámetro del canopeo y/o la altura de la planta como variables regresoras no determinó mejoras importantes en el modelo (Cuadro 5.2). Tanto en *Festuca pallescens* como en *Poa ligularis*, el 40 % de biomasa removida se alcanzó en el grado de defoliación 4, mientras que en *Stipa speciosa* var. *speciosa* se lo alcanzó en el grado 5,5 (Figura 5.1).



**Figura 5.1:** Relación entre grado de defoliación y porcentaje de biomasa removida (a) *Poa ligularis*, (b) *Festuca pallescens* y (c) *Stipa speciosa* var. *speciosa*.

	<i>Poa ligularis</i>	<i>Festuca pallescens</i>	<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>
<b>N</b>	160	138	126
<b>Modelo lineal</b>	Br= 12,28 G – 4,75 R <sup>2</sup> = 0,88, p < 0.0001	Br= 11.97 G + 5.38 R <sup>2</sup> = 0.90, p < 0.0001	Br= 8.16 G – 8.01 R <sup>2</sup> = 0.75, p < 0.0001
<b>Modelo cuadrático</b>	Br= 1.38 G <sup>2</sup> + 5.44 G – 0.28 R <sup>2</sup> = 0.90, p < 0.0001	Br = 1.04 G <sup>2</sup> + 5.74 G – 0.19 R <sup>2</sup> = 0.92, p < 0.0001	Br = 1 G <sup>2</sup> + 1,19 G + 1,07 R <sup>2</sup> = 0,78, p < 0.0001
<b>Modelo cuadrático forzado al origen</b>	Br= 1.41G <sup>2</sup> + 5.24 G R <sup>2</sup> = 0.90, p < 0.0001	Br= 1.05 G <sup>2</sup> + 5.63 G R <sup>2</sup> = 0.92, p < 0.0001	Br= 0,92 G <sup>2</sup> + 1,84 G R <sup>2</sup> = 0,78, p < 0.0001
<b>Modelo múltiple</b>	Br = 12.2 G + 0.25 Db – 6.03 R <sup>2</sup> = 0.86 p < 0.0001	Br = 11.92 G – 1.72 Dc – 0.97 R <sup>2</sup> = 0.91 p < 0.0001	Br = 6.72 G + 0.41 h – 11.01 R <sup>2</sup> = 0.75 p < 0.0001

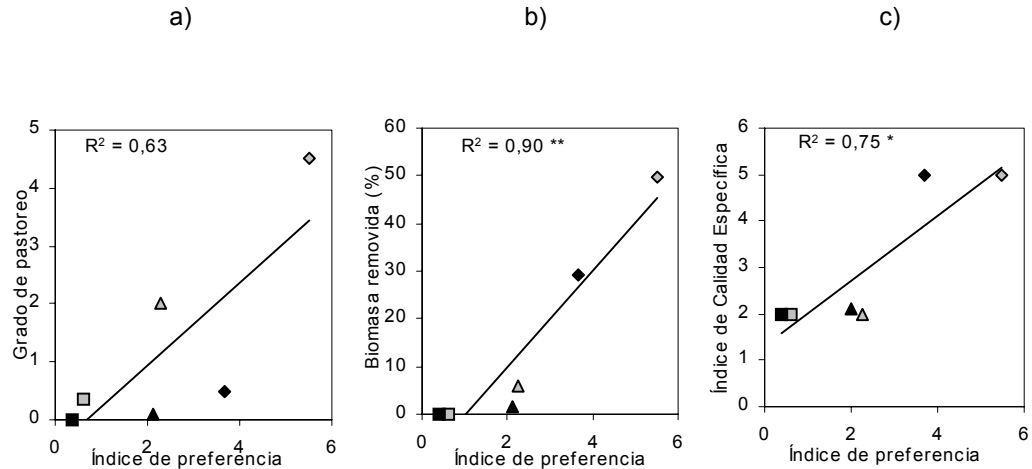
**Cuadro 5.2:** Modelos analizados para determinación de biomasa remanente. Se presenta el modelo múltiple con dos variables predictoras con mejor ajuste en cada especie. Br: biomasa remanente, G: grado de pastoreo, Db: diámetro basal, Dc: diámetro al canopeo, h: altura.

De acuerdo al análisis microhistológico, solo tres especies modificaron su participación en la dieta significativamente entre las etapas temprana y tardía del ensayo: *Stipa spp.* y *Elocharis spp.* aumentaron, mientras que *Mulinum spinosum* la redujo. (Cuadro 5.3):

Especie	Valores medios en la composición de la dieta		p
	Muestreo inicial	Muestreo final	
<i>Festuca pallescens</i>	42,6	45,4	0.62
<i>Poa ligularis</i>	18,4	16,5	0.28
<i>Stipa spp.</i>	7,5	13,4	0.03
<i>Juncus balticus</i>	6,5	8,0	0.56
<i>Hordeum comosum</i>	2,6	3,5	0.55
<i>Cerastium arvense</i>	3,3	2,5	0.64
<i>Rhodophiala elwesii</i>	5,2	0	0.27
<i>Eleocharis spp.</i>	1,7	3,2	0.02
<i>Mulinum spinosum</i>	4,0	0,6	<0.01
<i>Acaena pinatifida</i>	1,3	2,5	0.27
<i>Carex antártica</i>	1,7	0,6	0.31
<i>Bromus spp.</i>	0,7	1,2	0.42
<i>Rhytidosperra spp.</i>	1,6	0	0.23
<i>Berberis heterophylla</i>	0,8	0,2	0.51
<i>Armeria spp.</i>	0,6	0	0.18
<i>Junellia spp.</i>	0,3	0	0.37
Otras	1,6	2,5	0.14

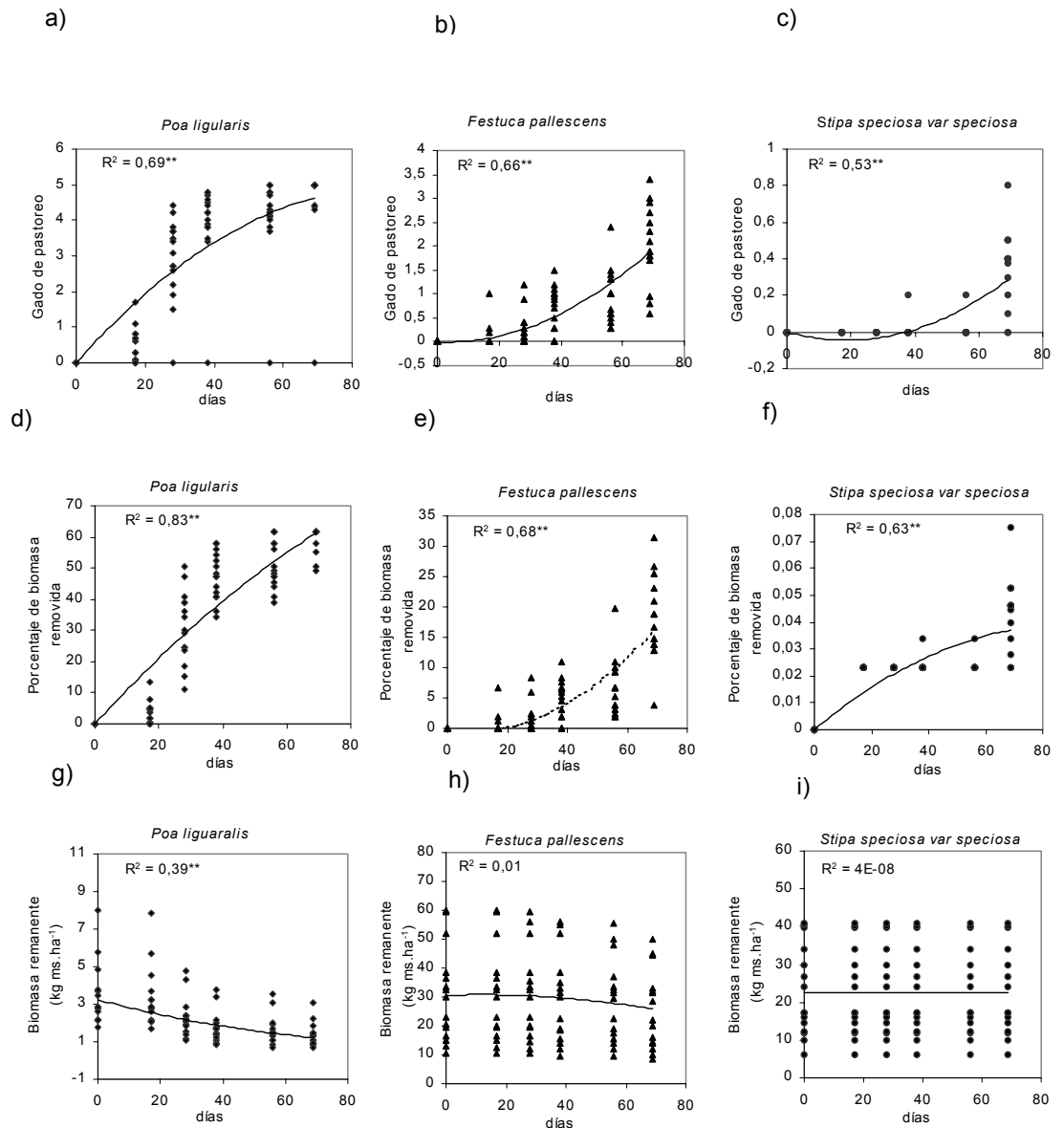
**Cuadro 5.3:** Composición de la dieta en el día 26 y 57 del ensayo. Se realizó un análisis de varianza comparando la participación en la dieta para ambas mediciones para cada especie

El Índice de Preferencia (IP) de las distintas especies para los momentos inicial y final del ensayo estuvo correlacionado con el grado de pastoreo, el porcentaje de biomasa removida y el Índice de Calidad Específica (ICE) medido en cada momento para las tres especies evaluadas (Figura 5.2).



**Figura 5.2:** Relación entre el índice de preferencia y (a) el grado de pastoreo, (b) el porcentaje de biomasa removida y (c) índice de calidad específica, para *Festuca pallescens* (triángulo), *Poa ligularis* (rombos) y *Stipa speciosa* var. *speciosa* (cuadrados). Los símbolos negros representan los datos correspondientes al día 26 del ensayo y los grises al día 57. Un asterisco indica un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$  y doble asterisco  $p < 0.01$ .

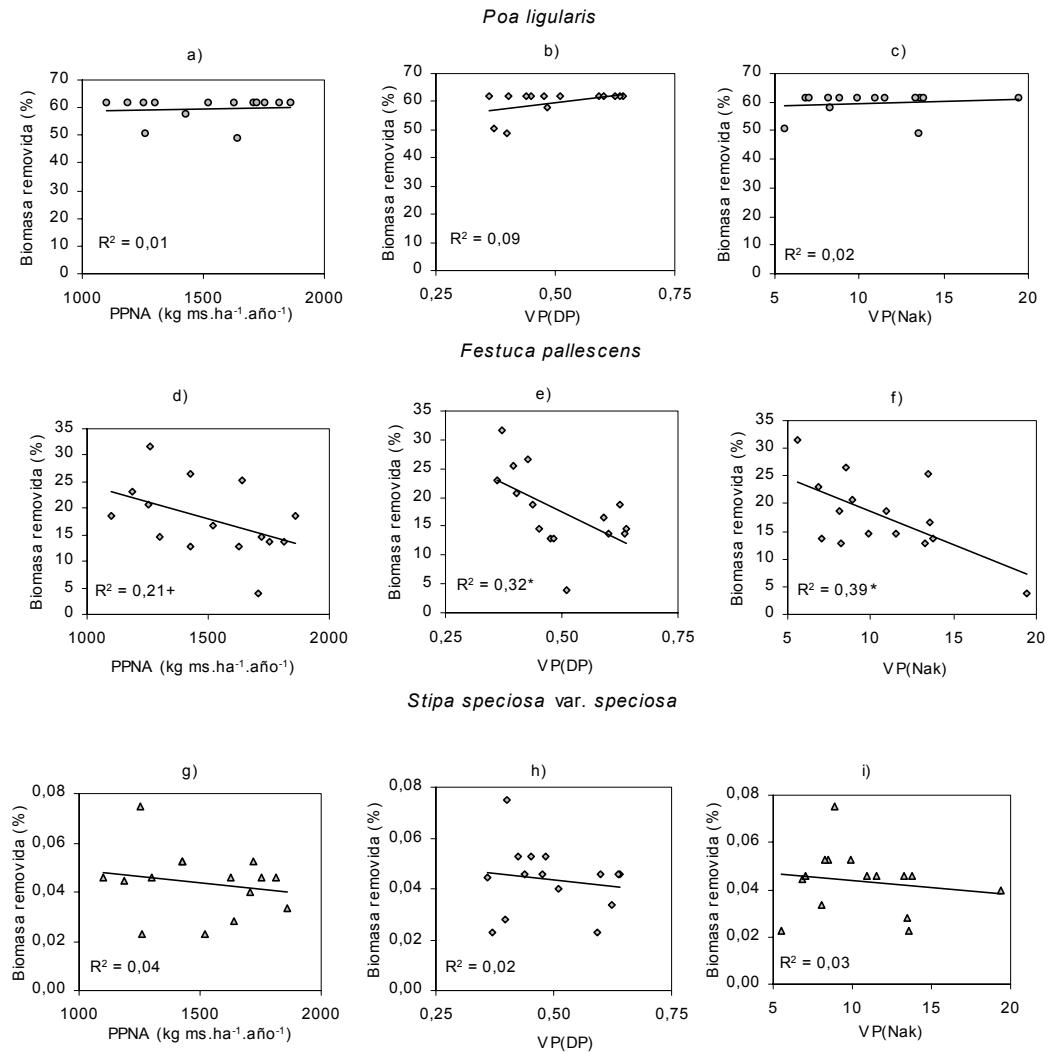
Aplicando el modelo cuadrático se determinó que el grado de pastoreo de *Poa ligularis* superó durante todo el experimento al de las otras dos especies, siendo la única que alcanzó a superar al finalizar el mismo el 50% de biomasa removida. El incremento de su intensidad de uso recién tuvo una tasa decreciente en estados avanzados de defoliación. *Festuca pallescens* presentó un grado bajo de aprovechamiento en el inicio aumentando a lo largo del ensayo. No se detectó consumo de *Stipa speciosa* var. *speciosa* en las dos primeras observaciones y recién comenzó a registrarse en las últimas observaciones y en mucho menor grado que en *Festuca pallescens* (Figura 5.3.b y c). De acuerdo a los modelos presentados en el Cuadro 5.2, en ese momento quedaba en el campo cerca del 45 % de la biomasa de *Poa ligularis*, el 85% de la de *Festuca pallescens* y prácticamente toda la biomasa aérea de *Stipa speciosa* var. *speciosa* (Figura 5.3 g, h, i), lo que puede ser interpretado como una subutilización de la disponibilidad forrajera. Solamente la biomasa remanente de *Poa ligularis* disminuyó significativamente a lo largo del experimento (Figura 5.3 g):



**Figura 5.3:** Evolución comparativa de la defoliación sufrida por las tres especies bajo estudio (N=15) a lo largo del período de ocupación. (a) (b) y (c) Grado de pastoreo (escala visual), (d), (e) y (f) porcentaje de biomasa removida, calculada a partir de los modelos detallados en la figura 5.1 y (g), (h) e (i) Biomasa remanente, calculada a partir de la cantidad inicial medida en el capítulo 4. En el eje de las ordenadas se utilizó en cada caso la escala que permita una mejor visualización. Con doble asterisco se señala un grado de significancia  $p < 0.01$ .

El grado de defoliación de las tres especies no guardó relación con la latitud, la longitud y la altura sobre el nivel del mar. Contrariamente a lo esperado, el porcentaje de remoción por parche de vegetación en ninguna de las

tres especies aumentó con la PPNA, con el VP (DP) ni con el VP (Nak) (Figura 5.4). Inclusive la proporción de biomasa removida de *Festuca pallescens* disminuyó con la productividad (correlación negativa con la PPNA), el VP(DP)) y el VP(Nak)). En el caso de *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* no se encontraron relaciones significativas entre la proporción de biomasa removida y ninguna de estas variables (Figura 5.4):



**Figura 5.4:** Relación el porcentaje de biomasa removida durante el pastoreo de las tres especies evaluadas con la PPNA, el VP(DP) y el VP(Nak). El asterisco indica una grado de significancia 0.05 > p > 0.01 y el signo positivo 0.1 > p > 0.05.

Tampoco se encontró relación entre el grado de defoliación de una especie y la abundancia de las otras dos (Cuadro 5.4):

Variable respuesta	Variables explicatorias			R <sup>2</sup>
	Pendientes			
	Cobertura de <i>Festuca pallescens</i>	Cobertura de <i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	Cobertura de <i>Poa ligularis</i>	
Grado de defoliación <i>Poa ligularis</i>	0.75	5.02		0.23
Grado de defoliación <i>Festuca pallescens</i>		0.1	0.002	0.02
Grado de defoliación <i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	-0.03		0.002	0.10

**Cuadro 5.4:** Modelo de regresión múltiple entre el grado de defoliación alcanzado por *Poa ligularis*, *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* y la cobertura individual combinada de las otras dos especies. Se consignan las pendientes asociadas a cada especie (b) y el coeficiente de determinación de los modelos globales (R<sup>2</sup>). El grado de significancia fue en todos los casos  $p > 0.1$ .

El Índice de Cosecha y el Factor de Uso global de la comunidad no mostraron correlaciones significativas con el porcentaje de biomasa removida medido a campo para ninguna de las tres especies. La incorporación de la cobertura de cada especie, mejoró estos ajustes en *Festuca pallescens* tanto para Índice de Cosecha como para Factor de Uso y en *Stipa speciosa* var. *speciosa* para Índice de Cosecha. Sin embargo, en este último caso la Tasa de Extracción decreció a medida que aumentó tanto la biomasa removida de *Stipa speciosa* var. *speciosa* como fundamentalmente su cobertura. Las regresiones simples entre ambas Tasa de Extracción y la biomasa removida promedio de las tres especies ponderada por la cobertura de cada una, fueron significativas (Cuadro 5.5):

Especie	Variable independiente	Variable dependiente			
		IC		FU	
		pendiente	R <sup>2</sup>	pendiente	R <sup>2</sup>
<i>Poa ligularis</i>	Porcentaje de biomasa removida	2.74	0.04	-0.12	0.0049
<i>Festuca pallescens</i>	Porcentaje de biomasa removida	0.47	0.01	0.31	0.19
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	Porcentaje de biomasa removida	0.0025	0.04	0.00049	0.1
<i>Poa ligularis</i>	Porcentaje de biomasa removida	0.01	0.09	-0.05	0.06
	Cobertura de <i>Poa ligularis</i>	0.42			
<i>Festuca pallescens</i>	Porcentaje de biomasa removida	0.03	0.62**	0.71	0.40*
	Cobertura de <i>Festuca pallescens</i>	0.42		2.10	
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	Porcentaje de biomasa removida	-25.3	0.43*	-261.61	0.27
	Cobertura de <i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	-0.13*		-0.70	
Tres especies	Porcentaje de biomasa removida ponderado por cobertura	86.16	0.30*	889.74	0.46**

**Cuadro 5.5:** Modelos de regresiones simples entre el porcentaje de biomasa removida de cada especie en forma individual o la combinación de la tres con el índice de Cosecha (IC) y Factor de Uso (FU) y múltiples que relacionan el porcentaje de biomasa removida y la cobertura con el índice de cosecha y con IC y el FU. Se señalan el grado de significancia de la variable y del modelo con asteriscos junto a la pendiente y al R<sup>2</sup> respectivamente: con un asteriscos representan relaciones significativas 0.05 < p < 0.01 y doble asterisco p < 0.01 para las variables correspondientes.

### Discusión:

El porcentaje de biomasa removida de *Festuca pallescens* en los distintos parches de vegetación bajó con la PPNA (Figura 5.4 d). Este patrón contrasta con la relación directa entre Índice de Cosecha y PPNA encontrada a escala de comunidad (Figura 4.5 a). Esto podría deberse a que el ganado prefiere consumir en esos sitios especies de mayor calidad, o que la carga animal ha



sido insuficiente para consumir la cantidad de forraje existente. En cambio este porcentaje guardó una relación inversa con el VP (DP) y el VP(Nak) (Figura 5.4 e y f). Ambos patrones contradijeron la hipótesis inicial, siendo el comportamiento con respecto al VP(DP), estimador de la calidad forrajera de la vegetación, opuesto al detectado a escala de comunidad (Figura 4.5c) mientras que el correspondiente al VP(Nak), parámetro relacionado con los principales indicadores de deterioro, fue similar (Figura 4.5 e). Estos resultados reforzarían la idea de que, al bajar la calidad forrajera de la vegetación y aumentar la aparición de síntomas asociados con el deterioro de un pastizal, el ovino intensifica la presión de pastoreo sobre el pastizal (Calvo 1978, Breman y Wit 1983, Bonvissuto et al. 1984, Sinclair y Fryxell 1985, Coppock et al. 1986a, Moore 1987, Hofmann 1989, Holechek et al. 1989, Somlo y Cohen 1994, Somlo et al. 1997), consumiendo tejidos vegetales y/o especies que desecharía en condiciones más favorables. Por otro lado, un aumento del VP(DP) seguramente estará reflejando la existencia de especies de mejor calidad forrajera que *Festuca palleescens*, pudiendo el ovino diversificar y enriquecer su dieta y reducir la presión de pastoreo sobre las especies de calidad intermedia como es el caso de *Festuca palleescens* (Bonvissuto et al. 1984). Esto explicaría por qué a medida que aumenta el VP(DP), aumenta el Índice de Cosecha de la comunidad (Figura 4.5c) pero disminuye la presión de pastoreo sobre la *Festuca palleescens*, especie dominante (Figura 5.4 e). Un proceso similar fue descrito por Bonvissuto et al. (1984) al comparar la dieta de dos majadas dentro de la misma comunidad vegetal pero en distinta condición. Esta capacidad de modificación de la dieta por parte del ovino dificulta precisar un límite absoluto entre especies o tejidos forrajeros o no forrajeros, por lo tanto resulta también cuestionable las consideraciones de Tasas de Extracción sobre fracciones consideradas forrajeras como es el caso del Factor de Uso.

¿Cuál es la especie clave de la comunidad estudiada?. En el cuadro estaban presentes las tres especies que se proponen en general para ser utilizadas como tales en los pastizales del Distrito Occidental: *Poa ligularis*, *Festuca palleescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* (Bonvissuto y Somlo 1998). Aunque en los análisis microhistológicos se detectaron más de 20 especies, las tres constituyeron más del 70% de la dieta. En la comunidad vegetal existió una co-dominancia entre *Stipa speciosa* var. *speciosa* y *Festuca palleescens* (Cuadro 5.6), superando sólo estas dos la condición de tener más del 15 % de

participación en la dieta propuesta por Natural Resources Conservation Service (2003) para las especies clave (Cuadro 5.3). El consumo detectado de *Stipa speciosa* var *speciosa* fue bajo, aunque los valores de participación en la dieta de *Stipa* spp. indicarían un consumo mayor al sugerido por el grado de defoliación observado durante el seguimiento de plantas (Figura 5.3 y Cuadro 5.3). Esto podría deberse probablemente a la utilización de dicha especie en sitios del potrero no incluidos en el experimento, como dormideros y aguadas. En cambio se observó una marcada preferencia de la hacienda por *Poa ligularis*, que se correspondió con lo observado por varios autores (Bonvissuto et al. 1983, Bonvissuto et al 1984, Somlo 1995, Pelliza et al. 1997) y las valoraciones de la calidad nutricional de las principales gramíneas forrajeras patagónicas hechas por Somlo et al. (1993) (ver Cuadro 5.6).

	Porcentajes determinados en el cuadro del ensayo			Porcentaje medio de PB de la especie
	Cobertura	Participación en la biomasa aérea total	Participación en la biomasa forrajera	
<i>Poa ligularis</i>	0.6	3	4	7
<i>Festuca palleescens</i>	7.1	12	32	4.5
<i>Stipa speciosa</i> var. <i>speciosa</i>	9.3	13	24	2.6

**Cuadro 5.6:** Abundancia de *Festuca palleescens*, *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var *speciosa* en el cuadro del ensayo y Proteína Bruta presente en la biomasa aérea de las principales gramíneas patagónicas a fines del invierno (adaptado de Somlo et al. 1983).

La biomasa removida de *Poa ligularis* supero el 50 % en todas las parcelas (Figura 5.3 d). Justamente este hecho llevaría a excluir también a la *Poa ligularis* en este caso como especie clave ya que no se considera conveniente que sean especies que tengan muy alta preferencia, porque su grado de consumo es alto independientemente de la Tasa de Extracción del pastizal (Natural Resources Conservation Service 2000, Vallentine 2001).

Si bien la intensidad de pastoreo alcanzada durante el ensayo fue baja (Figura 4.7), sin duda *Festuca palleescens* fue la que cumplió más claramente las tres condiciones propuestas por Stoddart et al. (1975) para identificarla como especie clave: fue co-dominante, su participación en la dieta fue alta y tiene una calidad nutricional buena en comparación a las otras especies de esta comunidad (Somlo et. al 1985 y Somlo y Cohen 1997).

En cuanto a la posibilidad de utilizar la escala visual de defoliación para estimar el Índice de Cosecha global de la comunidad se obtuvieron interesantes resultados realizando observaciones sobre las tres especies en forma conjunta. El porcentaje de biomasa removido de las tres especies ponderado por la cobertura de cada una estuvo aceptablemente correlacionado con el Índice de Cosecha y el Factor de Uso de la comunidad en general (Cuadro 5.5). Este hallazgo constituye una herramienta de seguimiento ya que el porcentaje de biomasa remanente se puede estimar directamente a partir del grado de defoliación observado en cada especie y la cobertura es una variable de fácil medición. En cambio el grado de defoliación de ninguna de las tres especies en forma individual se relacionó con la Tasa de Extracción. *Poa ligularis* fue muy preferida en todo los casos, independientemente del grado de pastoreo alcanzado por la comunidad, mientras que *Stipa speciosa* var. *speciosa* fue siempre poco consumida. Si bien el caso de *Festuca pallescens* fue intermedio entre los dos anteriores, su baja defoliación seguramente no permitió alcanzar la sensibilidad necesaria para reflejar el Índice de Cosecha alcanzado en toda la comunidad vegetal (Figura 5.3 h). Sí se observó una relación significativa cuando se consideró además su cobertura (Cuadro 3.5).

Un seguimiento conjunto de la intensidad de pastoreo sobre las tres especies permitiría utilizarlas como indicadores y arrojaría también información de utilidad para el manejo ganadero. La determinación de un límite de intensidad de uso del pastizal no necesariamente debe basarse exclusivamente en la existencia de una relación lineal entre el grado de defoliación de una especie clave y el del pastizal (Stodaart et al. 1975, Natural Resources Conservation Service 1997, 2000, Holechek et al. 1989, Vallentine 2001). El uso de observaciones simultáneas sobre un conjunto de especies con variable grado de abundancia y preferencia puede brindar información de interés. A medida que transcurre el periodo de ocupación de un potrero la participación en la dieta de las especies más preferidas por el ganado desciende. Esto produciría posiblemente una caída en la calidad de la dieta que haría poco conveniente la continuación del pastoreo ya sea por no cubrirse los requerimientos nutricionales de los animales o por el impacto que se produciría en las especies de mejor calidad. La utilización de este criterio haría que la intensidad de pastoreo recomendada sea menos dependiente de la productividad general del pastizal y se relacione más con aspectos cualitativos como la disponibilidad relativa de las

distintas especies. Por lo tanto la observación sobre un conjunto de especies indicadoras puede brindar más información que el seguimiento sobre una sola especie clave. Por último, cabe destacar otras consideraciones para establecer un límite de uso. Si el periodo de pastoreo se produce en una etapa de pleno crecimiento se deberá ser más cauto en la intensidad de uso. En cambio si se trata de un pastoreo diferido se podrá hacer una utilización más intensiva. Alternativas similares se podrán dar si se incluye dentro de los objetivos del pastizal su recuperación o la remoción de material sobremaduro acumulado en pie.

La incorporación del análisis microhistológico resultó un elemento de diagnóstico de suma importancia para conocer los hábitos dietarios del animal. Es una medición aproximada sobre el consumo y con relativa sensibilidad a los cambios cualitativos de la dieta. Por otra parte se ha encontrado que el Índice de Preferencia estimado con la utilización de datos surgidos de análisis microhistológicos estuvo relacionado con el porcentaje de biomasa removida y el índice de calidad específica.

A pesar de las marcadas diferencias entre el grado de preferencia de *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* encontradas durante el ensayo y de las diferencias en la calidad forrajera de estas dos especies (Cuadro 5.6 y Figura 5.3), Elissalde et al. (2002) valorizaron con el mismo Índice de Calidad Específica a las dos especies. Si bien la relación entre índice de Preferencia e Índice de Calidad Específica presentada en la Figura 5.2 c cuenta con pocos datos, se observa una relación directa entre estas dos variables y una tendencia al aumento del Índice de Preferencia a medida que disminuye la disponibilidad. Simulando sobre el mismo modelo un aumento en un punto del Índice de Calidad Específica de *Festuca pallescens*, el  $R^2$  aumenta de 0.75 a 0.90. Esto refuerza la sugerencia apuntada en el Capítulo 4 acerca de incrementar el Índice de Calidad Específica de *Festuca pallescens* al menos en las comunidades donde esta especie alcanza altas coberturas.

La escala visual de intensidad de pastoreo desarrollada para realizar estos seguimientos resulta de potencial utilidad en la evaluación periódica de los pastizales. Estuvo satisfactoriamente correlacionada con el porcentaje de biomasa aérea remanente, y al contarse con una estimación de biomasa aérea inicial, permitió estimar la biomasa removida. Por ser un método no destructivo, también permitió medir sobre las mismas plantas el aspecto que ella adquiere a

medida que el proceso de defoliación se intensifica. En el estudio de la dinámica de las tres especies, se encontraron dos situaciones diferentes. Mientras que en *Poa ligularis* la intensidad de consumo fue alta desde un principio y mantuvo esa tendencia, aunque con tasa decreciente, a lo largo del tratamiento, en *Festuca pallescens* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* la intensidad de pastoreo fue baja en un principio y tendió a aumentar con tasa creciente (Figura 5.3). La aplicación de los modelos de defoliación también permitió vislumbrar otras utilidades de su aplicación. Su sencillez permite realizar un número grande de repeticiones en un tiempo razonable y cubrir la heterogeneidad espacial en la distribución de la biomasa y en el uso del forraje. El criterio propuesto por Holechek et al. (1989) para determinar un nivel adecuado de defoliación por pastoreo está basado en la posibilidad de identificar la intensidad de defoliación de una especie clave. Las escalas desarrolladas en este capítulo permiten hacerlo en pastizales utilizados por ovinos por haber tenido en cuenta el hábito que asume esta especie al consumir una planta.

El aumento de Tasa de Extracción de pastoreo ante la aparición de síntomas de deterioro presentado en los Capítulos 4 y 5 constituye un elemento que altera el equilibrio que debe existir en la relación planta animal para un manejo sustentable. De hecho la relación positiva entre Tasa de Extracción e indicadores de deterioro sugiere la existencia de un mecanismo de retroalimentación positiva entre el sobrepastoreo y el deterioro que conduciría a los sistemas más deteriorados a deteriorarse con una mayor velocidad que los menos deteriorados. Una metodología de seguimiento apropiada permitiría detectar tempranamente este proceso y tomar decisiones al respecto. La evaluación periódica de la tasa de extracción de un conjunto de especies indicadoras con diferente abundancia y grado de preferencia por el ganado permitiría entender la dinámica de la defoliación describiendo los múltiples casos posibles. En el último Capítulo se analizará de qué manera los distintos aspectos estudiados hasta ahora pueden servir para enriquecer un sistema de evaluación y seguimiento de pastizales.

### Conclusión:

- Mientras que la intensidad de pastoreo de *Festuca pallescens* se redujo con el aumento de la productividad y calidad del pastizal y aumentó ante la aparición de síntomas de deterioro, en el caso de las otras dos especies la intensidad de pastoreo fue independiente de los tres factores.
- La escala visual de grado de pastoreo permite predecir aceptablemente bien el porcentaje de biomasa removida de las principales especies forrajeras de la comunidad.
- Hubo un claro gradiente de preferencia, creciente desde *Stipa speciosa* var. *speciosa*, a *Festuca pallescens* y a *Poa ligularis*. Ese gradiente se manifestó en la dinámica del grado de consumo y del índice de preferencia.
- La Tasa de Extracción a escala de comunidad se puede predecir aceptablemente bien a partir del grado de defoliación y la cobertura de la especie clave.
- *Stipa speciosa* var. *speciosa* fue muy poco consumida durante todo el ensayo. *Poa ligularis* fue muy consumida desde el comienzo del ensayo. Esto, conjuntamente con el carácter dominante de *Festuca pallescens*, sugiere que esta última sería la más útil como especie clave. Sin embargo, la evaluación conjunta de las tres permite extraer conclusiones más acertadas de la utilización que hace el ovino del pastoreo que la de cualquiera de ellas por separado.

## **Capítulo 6: Caracterización del deterioro, cálculo de disponibilidad forrajera y monitoreo: herramientas complementarias para el manejo de los pastizales.**

### **Introducción**

La ganadería ovina es la actividad agropecuaria típica de la Patagonia. La majada regional es de 8.498.000 animales, lo que representa el 63% de las existencias nacionales. La producción de lana sucia es de 38.239 t.año<sup>-1</sup> y la producción de carne ovina es de 12.132 t.año<sup>-1</sup>. Valorando ambos rubros en forma conjunta representarían en el mercado interno \$ 121.000.000 y en el mercado internacional un valor FOB de u\$s 98.400.000 (ENA, 2000). Sin embargo menos del 50% de los establecimientos dedicados a la actividad ovina son considerados como explotaciones económicas viables, clasificándose el resto como economías de subsistencia. A escala regional la importancia de la ganadería ovina está más relacionada con la ocupación territorial que con la generación y distribución de las riquezas. Si bien el 70 % de la superficie territorial es destinada a esta actividad (ENA, 2000), genera solamente el 0.6% Producto Bruto Regional Patagónico y el 2.5% de la divisas de las cinco provincias (CFI 2005).

Su importancia como generadora de ocupación en forma directa e indirecta también es relativa. Además de los 18.500 establecimientos agropecuarios en la Patagonia existen 26 plantas de faena y en la zona de Trelew se asientan 6 lavaderos de lana que procesan el 90% de la producción regional. El total de personal ocupado en la actividad primaria e industrial es de 22.300 personas, constituyendo menos del 7% del número total de trabajadores de la región (Ministerio de Trabajo, 2005). Por otro lado, en la zona rural tan sólo el 30 % de la población está conformado por trabajadores empleados en establecimientos ovinos.

Sin embargo la ganadería ovina es una de las pocas alternativas productivas desarrolladas hasta ahora en la zona árida y semiárida de la Patagonia. Pese a su baja participación en el producto bruto y su baja incidencia en la generación de empleo y el asentamiento de población en la región, los campos que se despoblaron de ovinos en los últimos 15 años han desarrollado muy pocas actividades alternativas, encontrándose en su mayoría abandonados.

El pastoreo ovino ha tenido un impacto importante en los pastizales a escala regional lo que se evidencia en la aparición de indicadores de deterioro (ver Capítulo 3) y en la sostenida caída del número de cabezas en la majada regional

durante los últimos sesenta años (ver Capítulo 1). Efectos similares han sido descritos a nivel global identificando al pastoreo como causante de cambios fisonómicos-florísticos (Senft et al. 1987, Milchunas et al. 1988, Dodd 1994) y originando tanto modificaciones cuantitativas como cualitativas en la oferta forrajera (Moen y Oksanen 1998, Milchunas et al 1988, Dodd 1994, Olf y Ritchie 1998, Oksanen y Oksanen 2000). Los resultados físicos y económicos de la actividad ganadera dependen en buena medida de la cantidad y de la calidad del forraje y un manejo sustentable debería tender a que no haya caída en los niveles de estas dos variables (Barbier 1987, Lowrance 1990, Goodland 1993, Paruelo et al. 1993).

Pese a que el deterioro de los ecosistemas sometidos a pastoreo es indudable, sus efectos sobre la estructura y el funcionamiento de los mismos son mucho menos severos que los provocados por otras actividades como la agricultura, la explotación forestal y la minería (Burke et al. 1997). Por otro lado, existe una tendencia cada vez más importante a adjudicarle a la actividad ganadera una función activa en el mantenimiento de los recursos naturales y de la biodiversidad además de su rol como productora de materias primas, como así también en la gestión del paisaje y el medioambiente rural (Mayer 1990). La certificación de buenas prácticas ganaderas, y el sobreprecio obtenido en los mercados del Primer Mundo por los productos que cuentan con ellas, son evidencias de la decisión de la sociedad de hacer un aporte económico para el mantenimiento del ambiente. Además, de acuerdo a lo que se entiende hoy por sustentabilidad, las actividades productivas basadas en el uso de los recursos naturales no sólo deben permitir satisfacer las necesidades presentes, sino que no deben comprometer las necesidades de las futuras generaciones ni condicionar futuros usos alternativos posibles de los recursos (WCED 1987). Por lo tanto, resulta necesario lograr un mejor manejo de los pastizales para garantizar la sustentabilidad económica de las explotaciones, pero además para cumplir con las expectativas sociales actuales y futuras.

Hoy en día existen conocimientos sobre el manejo ganadero de los sistemas pastoriles en zonas áridas y semiáridas, como así también sobre las particularidades que adquiere en la Estepa Patagónica (Golluscio et al. 1998a). Sin embargo en la gran mayoría de los campos de pastoreo de la región se siguen usando criterios basados en pautas empíricas, surgidas fundamentalmente de la observación de la productividad secundaria (Soriano y Paruelo 1990). El conocimiento de las modificaciones que el pastoreo impone al pastizal y el diseño



de herramientas que permitan un uso adecuado serían elementos importantes para ser utilizados por los responsables directos de la gestión de estos ambientes. Esta información debería estar organizada en herramientas metodológicas que permitan caracterizar los recursos y hacer una estimación inicial de la disponibilidad y la calidad forrajera, para desarrollar posteriormente una planificación general del uso de las distintas unidades de manejo, como así también para el seguimiento de los efectos de las medidas de ajuste de carga que se van tomando, (Holechek et al. 1989, Natural Resources Conservation Service 1997, Natural Resources Conservation Service 2000, Vallentine 2001).

Los análisis hechos en los cinco capítulos precedentes posibilitó evaluar la importancia de la PPNA, la calidad de la vegetación y la estructura del pastizal en los cálculos de la receptividad ganadera de los pastizales del NO de la Patagonia. La identificación de indicadores de estas tres variables también ha permitido estudiar su influencia sobre los métodos de determinación de receptividad ganadera (Capítulo 2), su interrelación (Capítulo 3), su influencia sobre las tasas de extracción (Capítulo 4) y sobre el grado de defoliación de las especies indicadoras o clave (Capítulo 5). A lo largo de esta línea de análisis surgen elementos útiles para un mejor conocimiento del impacto del pastoreo en las particulares condiciones de los pastizales del NO de la Provincia del Chubut, lo que puede ser trasladado en buena medida a todo el Distrito Subandino y Occidental de la Provincia Fitogeográfica Patagónica (Soriano 1956b). Si bien existen antecedentes de estudios en esta misma temática, un aspecto original de la presente tesis es la escala de trabajo. Oesterheld et al. (1992) analizaron la relación entre la PPNA y el grado de pastoreo abarcando distintas áreas de Argentina y Uruguay y en un gradiente amplio de productividad. Rodano (2004) hizo un análisis similar abarcando distintos sitios del NO de la Patagonia y en un rango de productividad menor. En esta tesis se trabajó dentro de la misma región pero abarcando una diversidad mayor de situaciones y se profundizó el estudio del deterioro identificando distintos procesos anidados en él y diferenciando la forma en que éstos ocurren en distintos ambientes. Asimismo se desarrolló una metodología que permite estimar visualmente la proporción de biomasa removida de las principales especies forrajeras de la comunidad. Esto permitió hacer aportes que pueden servir de insumos para fijar criterios en el desarrollo de herramientas de caracterización y monitoreo de estas unidades. En este capítulo se presenta una

integración de todos estos elementos tendiente al diseño de propuestas concretas para el manejo.

### **Consideraciones sobre las hipótesis generales:**

#### **- Correspondencia entre métodos de determinación de receptividad**

Las estimaciones de receptividad ganadera hechas por los dos métodos más difundidos en el NO del Chubut para los mismos sitios mostraron un bajo nivel de correspondencia. Esta diferencia tendió a aumentar en forma muy sensible a lo largo del gradiente de productividad y a disminuir, aunque en mucho menor grado, con el Valor Pastoral (Nakamatusu et al. 1998) (VP(Nak)) (Capítulo 2). Este último indicador resume la incidencia de signos vinculados con el deterioro de las principales comunidades del NO de la Provincia de Chubut (Capítulo 3). Esto sugeriría que la falta de integración de aspectos cuantitativos y cualitativos es una posible causa de la discrepancia entre métodos.

Las ecuaciones en que ambos métodos se basan tienen un diseño semejante: se realiza un cálculo de productividad al que se le aplica una Tasa de Extracción (Ecuaciones 2.2 y 2.3). Sin embargo el Método de la PPNA considera solamente una estimación de la PPNA centrándose en aspectos cuantitativos, mientras que el Método del Valor Pastoral diferencia la fracción de mayor calidad forrajera con un criterio subjetivo, lo que implica una evaluación cualitativa. Diferenciar en forma general tejidos forrajeros y no forrajeros no parece ser una tarea muy sencilla ya que la preferencia del ganado por distintas especies y órganos dentro de las mismas varían de acuerdo a su disponibilidad relativa (Capítulo 4). La Tasa de Extracción que utiliza el Método de la PPNA es función también de la PPNA, lo que incrementa exponencialmente la sensibilidad de los resultados de este método ante variaciones de la productividad (Figuras 2.3). En cambio, en el Método del Valor Pastoral la Tasa de Extracción se mantiene constante ante variaciones de las características tanto cuantitativas como cualitativas dentro de la misma región, lo que en oposición lo hace insensible ante variaciones en la PPNA.

Por lo tanto para mejorar la confiabilidad en las estimaciones de receptividad sería necesaria una metodología que tenga en cuenta tanto aspectos cuantitativos como cualitativos del pastizal, dado que si bien ambos pueden estar relacionados, son características diferentes (Figura 3.1). Este criterio debería considerarse tanto en la estimación de la productividad como en el cálculo de la Tasa de Extracción.

Sería conveniente que esta tasa no dependa exclusivamente de la PPNA, ni tampoco sea fija, sino que considere la composición florística y la estructura de la comunidad vegetal (Capítulo 4). Para esto podría incluirse el VP(Nak) en su cálculo dada la relación que tiene con estas dos variables (Capítulo 3). Además habría que considerar otros aspectos como por ejemplo si el objetivo del plan de manejo persigue la recuperación o el rejuvenecimiento del pastizal, si la época de utilización coincide con una etapa de acumulación de reservas por parte de la planta o si la categoría de hacienda en pastoreo tiene requerimientos nutricionales altos o bajos (Heady 1949, Society for Range Management 1974, Holechek et al. 1989, Natural Resources Conservation Service 1997, Natural Resources Conservation Service 2000). Para ello seguramente sería necesario tener un mayor conocimiento del efecto de distintas intensidades y épocas de uso sobre la estructura del pastizal.

#### -Caracterización del proceso de deterioro por pastoreo

A escala regional la aparición de signos de deterioro se asoció con una disminución de la PPNA y de la calidad de la vegetación (Capítulo 3). Sin embargo tanto en los pastizales dominados por *Festuca pallescens* como en los dominados por *Stipa* spp. se diferenciaron dos fases dentro del proceso de deterioro. En la primera se produciría una modificación en el estado de la vegetación aumentando la cobertura de *Mulinum spinosum* en la primera comunidad y con *Stipa humilis* en la segunda. En una segunda fase se identificó un proceso de caída de la cobertura forrajera y de la cobertura de las especies dominantes, acompañada de un aumento de la cobertura de pavimento, lo que estaría indicando movimiento de suelo por erosión. Por lo tanto, en forma general, la consecuencia directa del deterioro es la reducción de la oferta forrajera (Figura 2.5). Sin embargo el mecanismo en que esta reducción se produce es variable de acuerdo a la comunidad y puede ser percibido de distinta forma conforme a la escala de observación y al grado de desagregación que se haga. Por otro lado en los pastizales más productivos se detectó un mayor efecto del pastoreo sobre la calidad forrajera por unidad de superficie (estimada a partir del Valor Pastoral (Daget y Poissonet 1971 (VP(DP))), mientras que en los ambientes más áridos el pastoreo afectó más la productividad (Figura 3.6 b y c). A su vez la calidad y la PPNA se identificaron como características independientes.

El VP(Nak) presentó una relación inversa con los principales indicadores de deterioro identificados hasta ahora en la zona (Cuadro 3.11). Al resumir este conjunto de variables, el VP(Nak) puede ser considerado un estimador adecuado de la “salud” del pastizal considerando a la salud como la inversa del deterioro. Su medición año a año en la misma temporada de uso sobre transectas fijas permitiría identificar modificaciones en su estado.

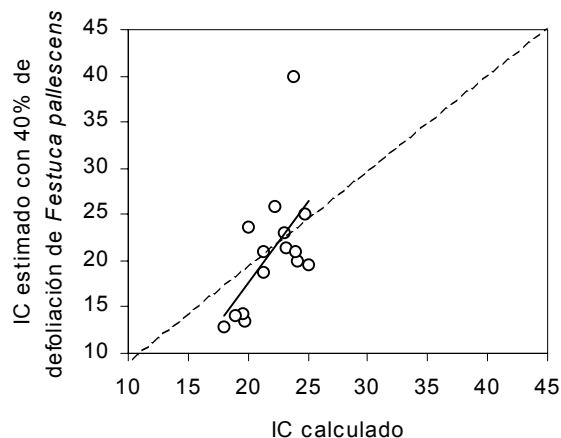
Sin embargo podrían hacerse mejoras en su cálculo. En el mismo se utiliza el Índice de Calidad Específica (ICE) de las especies que integran la comunidad. De los análisis realizados en los Capítulos 4 y 5 se desprende que hay un subvaloración de la importancia forrajera que puede adquirir *Festuca pallescens*, especie que tiene un grado de aceptación alto por parte de la hacienda y suele ser dominante en campos de veranada. La utilización del Índice de Preferencia para el cálculo del Índice de Calidad Específica podría mejorar su confiabilidad (Figura 5.2). De acuerdo a la relación encontrada entre estos dos índices para las especies dominantes, un aumento de un punto en el valor del Índice de Calidad Específica de *Festuca pallescens*, mejoraría significativamente este modelo (Capítulo 5).

#### - Influencia de la PPNA y las características estructurales del pastizal en el cálculo de la Tasa de Extracción

En el experimento realizado a escala de potrero, la Tasa de Extracción tuvo una relación directa con la PPNA, corroborando el modelo de Oesterheld et al. (1992) y fue independiente de la calidad de la vegetación. Además la calidad forrajera de la vegetación no aumentó con la PPNA en el rango analizado, contrariamente a lo propuesto por Golluscio et al. (1998a) (Figura 3.2 a y b). La falta de relación entre la Tasa de Extracción y la calidad se podría deber a la capacidad del ovino para modificar la composición de su dieta de acuerdo a la oferta forrajera y/o al limitado rango de variación de la calidad forrajera analizado en el experimento. Por otra parte la Tasa de Extracción tuvo una relación inversa con el VP(Nak) (Cuadro 4.6) lo que puede ser interpretado como un aumento de la presión de pastoreo con la aparición de indicadores de deterioro. Esto generaría un proceso de retroalimentación positiva entre el pastoreo ovino y el deterioro de la vegetación. Dado que la PPNA y la aparición de indicadores de deterioro tienen una relación inversa (Figura 2.5), el juego combinado de estos dos factores sobre el Índice de Cosecha podría explicar la relación inversa entre índice de cosecha y PPNA encontrada por Rodano (2004) a escala regional. Posiblemente en los sitios

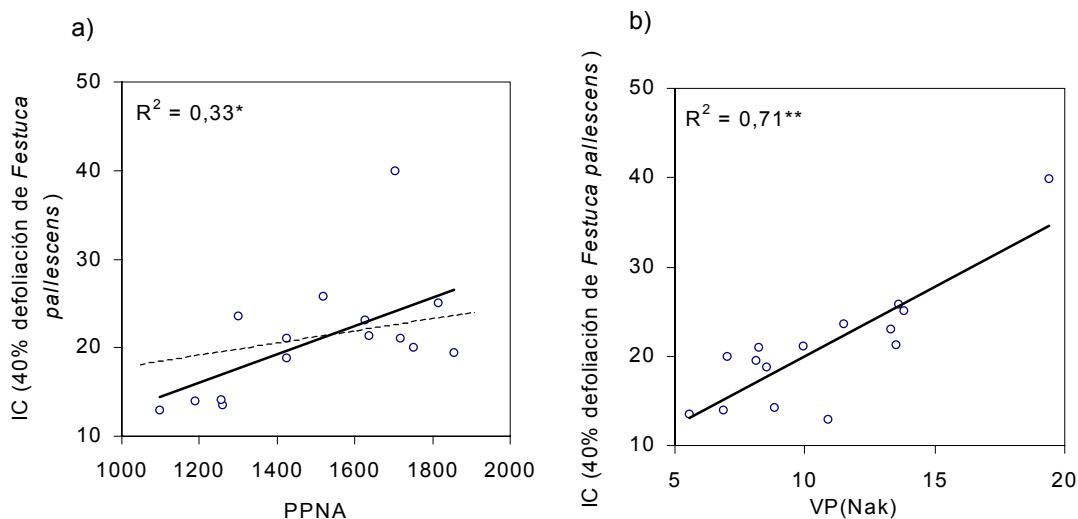
de baja PPNA la Tasa de Extracción fue relativamente alta justamente por que están más deteriorados y se reduce la oferta forrajera de calidad.

Sin embargo, la mayor parte de los patrones detectados en el experimento de campo hubieran cambiado drásticamente si la densidad animal o el tiempo de ocupación hubiera sido suficientemente alto como para alcanzar el 40 % de defoliación de la especie clave (*Festuca pallescens* en este caso) propuesto por Holechek et al. (1989) en vez del 15% medido (Figura 5.3e). En efecto, el Índice de Cosecha promedio hubiera sido del 21%, muy próximo al calculado por el método de la PPNA (Figura 4.8). Además, la relación entre los valores del Índice de Cosecha calculado a partir del modelo de Oosterheld et al. (1992) para cada parcela con el Índice de Cosecha obtenido con 40% de defoliación de *Festuca pallescens* (Figura 6.1) fue muy similar a la línea 1:1 y tiene un mayor ajuste que la relación entre el Índice de Cosecha alcanzado durante el ensayo y el Índice de Cosecha calculado (Figura 4.7a). Esto muestra una coherencia, al menos en este caso, entre el criterio de determinación de intensidad de pastoreo basado en el grado de defoliación de la especie clave y el que considera el Índice de Cosecha sobre toda la comunidad.



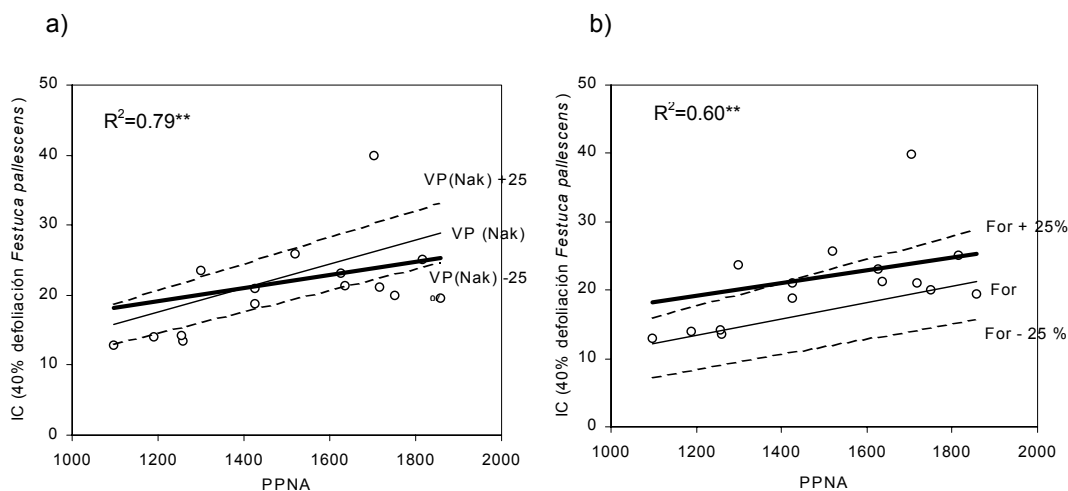
**Figura 6.1:** Comparación entre las relaciones de Índice de Cosecha (IC) calculado con Índice de Cosecha alcanzado durante el ensayo y el que se hubiera alcanzado con un 40 % de defoliación de *Festuca pallescens*,  $IC(40\%) = 1.74 IC - 17.26$ ,  $R^2 = 0.34$ ,  $p = 0.016$ . La línea punteada representa la relación 1:1.

También el Índice Cosecha que se hubiera alcanzado con un 40% de defoliación de *Festuca pallescens* mostró relaciones significativamente positivas con la PPNA y el VP(Nak) (Figura 6.2 a y b). Inclusive fue posible reafirmar el modelo de Oosterheld et al. (1992) dado que fue similar al calculado por el mismo a partir de la PPNA (Figura 6.2 a):



**Figura 6.2:** Modelos que relacionan el Índice de Cosecha (IC) (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*) con: (a) PPNA:  $IC(40\%) = -2,93 + 0,02 PPNA$ . Con una línea discontinua se representa el modelo de Oosterheld et al. (1992) y (b) con el VP(Nak):  $IC(40\%) = 4,45 + 1,55 VP(Nak)$ . Un asterisco representa un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

Los ajustes obtenidos entre el Índice de Cosecha alcanzado con un 40 % de defoliación de *Festuca pallescens* con la PPNA y el VP(Nak) mejoraron notoriamente al incluirlas juntas en un modelo múltiple (Figura 6.3b). Esto podría constituirse en una valiosa herramienta para el desarrollo de una metodología de determinación de receptividad que incluya tanto aspectos cuantitativos como cualitativos de la vegetación:

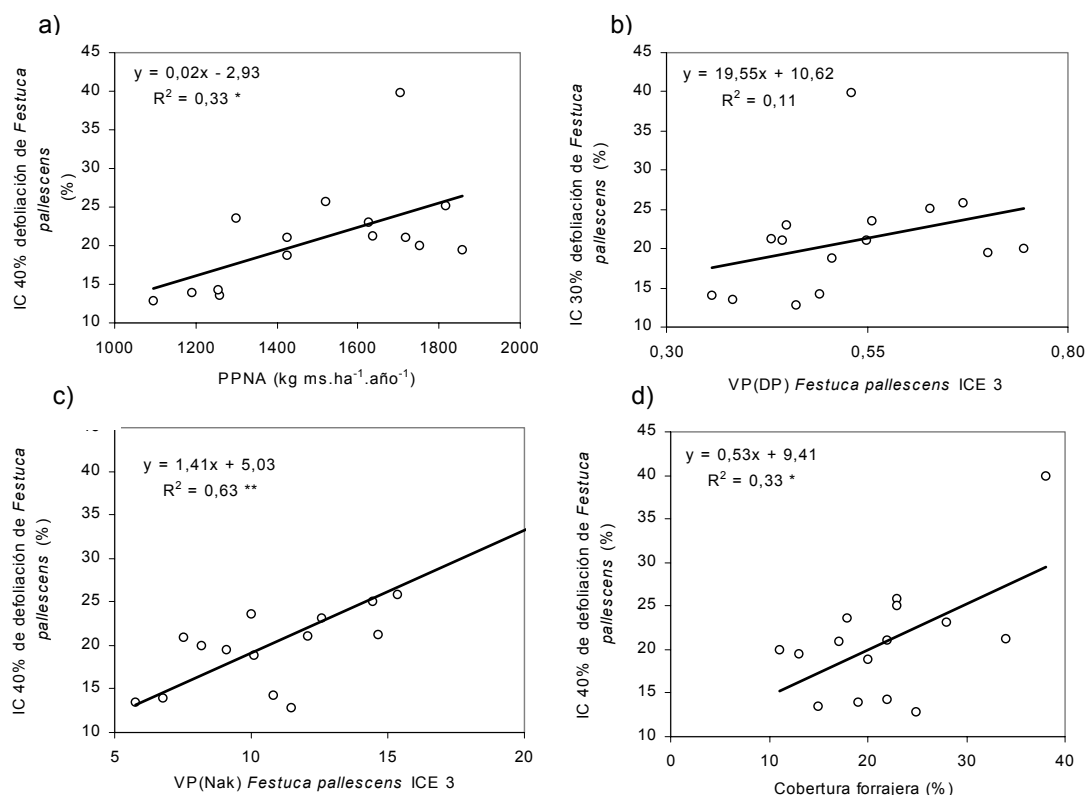


**Figura 6.3:** Proyección sobre el plano x – y de los modelos de regresión múltiples que relacionan (a) la PPNA y el VP(Nak) con el IC (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*):  $IC(40\%) = -10,91 + 0,01 PPNA + 0,47 VP(Nak)$  y (b) la PPNA y la For con el IC (con 40% de defoliación de *Festuca pallescens*):  $IC(40\%) = -6,35 + 0,01 PPNA + 1,34 For$ . Se representa con círculos la proyección los datos sobre este plano. A fin de mostrar la influencia de la segunda variable regresora, VP(Nak) y (For) respectivamente, se representa con líneas finas continua el modelo que las relaciona y con línea discontinua la misma relación con un aumento del 25% de la segunda variable y una disminución del 25% de la segunda variable explicatoria. Las líneas continua gruesa representa el modelo de Oesterheld et al. (1992). Un asterisco representa un grado de significancia  $0.05 > p > 0.01$ , y doble asterisco  $p < 0.01$ .

También se ha detectado una subestimación de la calidad forrajera de *Festuca pallescens*. El análisis de la relación entre el Índice de Preferencia y el Índice de Calidad Específica para las tres especies indicadoras estudiadas, sugiere que la preferencia del ganado por la *Festuca pallescens* es mayor que la que tiene por *Stipa speciosa var speciosa* (Figura 5.2), aunque ambas tienen un Índice de Calidad Específica de 2. La estimación del índice de Calidad Específica de *Festuca pallescens* a partir de este modelo daría un valor de tres.

Analizando la relación entre el Índice de Cosecha con los aspectos cuantitativos y cualitativos del pastizal considerados, si se pudiera alcanzar esa mayor intensidad de pastoreo y si se valorara a la *Festuca pallescens* con un índice de Calidad Específica de 3, se observan cambios interesantes (Figura 4.5 y 6.4).

No existe relación entre Índice de Cosecha y la calidad forrajera estimada a partir del VP(DP), sin embargo la relación con VP(Nak) pasa a ser muy significativa y directa, cambiando de signo con respecto a la encontrada con el Índice de Cosecha alcanzado en el trabajo de campo. Por último la relación con cobertura forrajera también mejora. Por lo tanto, alcanzando el grado de defoliación indicado por el modelo de Oosterheld et al. (1992) la Tasa de Extracción tendría una relación directa con la PPNA, inversa con el deterioro, y sería indiferente respecto a la calidad (Figura 6.4)



**Figura 6.4:** Relación entre el Índice de Cosecha (IC) considerando un 40% de defoliación de *Festuca pallescens* con la PPNA los Valores pastorales (VP(DP) y VP(Nak)) calculados con un Índice de Calidad Específica para *Festuca pallescens* de 3 y la Cobertura Forrajera. Un asterisco señala  $0,05 > p > 0,01$ , y doble asterisco  $p < 0,01$ .

Los análisis precedentes apoyan la validez del modelo de Oosterheld et al. (1992) y refuerzan la idea de que la caída del Índice de Cosecha a medida que aumenta la PPNA detectada por Rodano (2004) podría deberse por un lado al efecto enmascarado del deterioro y su relación con la PPNA y por otro a que los pastizales más productivos de la Patagonia no pueden ser pastoreados con la intensidad necesaria para alcanzar el Índice de Cosecha calculado. Dicha



imposibilidad estaría asociada a limitaciones estructurales de los establecimientos, como la inaccesibilidad en invierno de los pastizales más productivos dominados por *Festuca pallescens*, y la imposibilidad de manejar cargas instantáneas lo suficientemente altas en el período de uso. Sin embargo existen algunas alternativas de manejo que pueden ayudar a salvar esta situación, como el uso diferido del pastizal fuera de la etapa de crecimiento, el pastoreo sucesivo con lotes de animales con distinto requerimientos y fundamentalmente el monitoreo sistemático del grado de pastoreo.

#### - Criterios para identificación de especie clave.

*Festuca pallescens* debería para ser considerada como especie clave en sitios donde codomina con *Stipa speciosa* var. *speciosa* (Capítulo 5) por alcanzar valores equilibrados de preferencia y abundancia (Cuadro 4.5 y Figura 5.2) y por ser la única especie analizada cuya cobertura y grado de pastoreo estuvieron relacionados con el Índice de Cosecha y el Factor de Uso del pastizal en general (Cuadro 5.5). Sin embargo, su grado de consumo mostró distinto comportamiento que el Índice de Cosecha del pastizal en función de la productividad, la calidad forrajera del pastizal y la aparición de indicadores de deterioro. Mientras que el Índice de Cosecha sólo tuvo una relación directa con la PPNA (Figura 4.5), el grado de defoliación de *Festuca pallescens* sólo se redujo con la calidad forrajera y aumentó con el deterioro (Figuras 5.4). Esto sugeriría que no sería conveniente basar el manejo en las observaciones de esta única especie. Sin embargo, probablemente los patrones detectados hubieran variado sensiblemente si se hubiera alcanzado el 40% de defoliación de *Festuca pallescens* por una mayor intensidad de uso del pastizal.

#### **Efecto del deterioro sobre los sistemas pastoriles.**

La dieta del ovino surge como resultado de la disponibilidad de biomasa vegetal y de sus necesidades nutricionales. La primera estará caracterizada por la productividad y la composición florística del pastizal. La segunda por sus hábitos. El ovino tiende a mantener una ingesta diaria de alrededor del 2 al 3 % de su peso vivo en materia seca (Holechek et al.1989), siendo incluso capaz de incorporar especies o tejidos no consumidos habitualmente ante la escasez de los más preferidos. En esta tesis se observaron adaptaciones de los hábitos alimenticios del ganado como consecuencia de las modificaciones en la oferta forrajera. Ante el

empobrecimiento del pastizal, la presión de pastoreo tendió a intensificarse, siendo esta tendencia directa con respecto a la productividad e inversa con respecto al VP(Nak) (Cuadro 4.6), el que refleja cambios en la estructura del pastizal ocurridos como consecuencia del pastoreo (Tabla 3.11). Si bien este mecanismo de compensación implica una disminución de la calidad de la dieta, permite la sobrevivencia del animal y eventualmente podría retroalimentar un proceso de deterioro. Esto explicaría por qué cambios cuantitativos y cualitativos en la oferta forrajera se ven reflejados tardíamente en la productividad secundaria y por qué los rumiantes con mayor capacidad de adaptación de su dieta a la calidad de la oferta forrajera, como el ovino, producen un mayor impacto en el pastizal. Por otra parte, esta capacidad de modificación dificulta el cálculo del Índice de Cosecha y hace que no sea conveniente tomar como antecedente para su estimación exclusivamente mediciones de cargas reales, al no existir muchas certezas de que estas sean las adecuadas, ni tampoco calcularlas exclusivamente a partir de la PPNA, ya que la relación entre Índice de Cosecha y PPNA pueden modificarse entre sitios con distintos signos de deterioro. También pone en tela de juicio la posibilidad de diferenciación a priori de fracciones forrajeras o no forrajeras de un pastizal, dado que éstas pueden variar de acuerdo a la abundancia baja de las otras especies (Capítulo 4). Por lo tanto, el concepto de Producción Forrajera y, por consiguiente, el cálculo de la Tasa de Extracción sobre él, son cuestionables.

#### **Desarrollo de herramientas de cálculo de disponibilidad de forraje.**

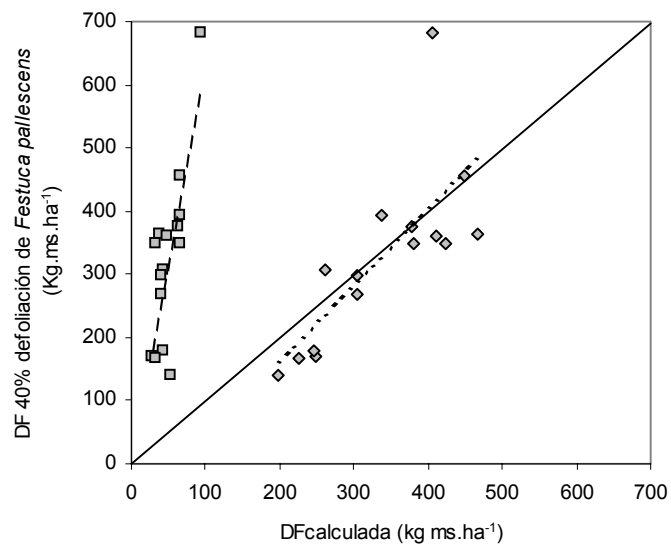
El desarrollo de una metodología general para la determinación de la receptividad ganadera escapa a los objetivos de este trabajo. Para hacerlo sería necesario tener como referencia una carga adecuada para ajustar el método. Esto implicaría evaluar el impacto de distintas cargas en aspectos estructurales del pastizal durante un periodo relativamente largo a fin de determinar cuál es la máxima presión de uso que no trae aparejado deterioro. Lo mismo debería repetirse al menos en los principales tipos de ambientes y recién empezaría a generar información a partir de un largo periodo. Sin embargo, de la información presentada en este trabajo surgen elementos interesantes para el manejo de pastizales patagónicos. La determinación de la capacidad de carga de un pastizal da una idea general para el diseño de un plan de manejo, pero no puede considerarse en forma absoluta. Las variaciones de disponibilidad forrajera a escala temporal son muy marcadas. Por otro lado, la diferenciación de fracciones

forrajeras y no forrajeras no tiene suficiente certidumbre, por lo tanto sería conveniente partir de estimaciones de PPNA. Sin embargo, también debería tenerse en cuenta estimaciones cualitativas que evalúen la estructura de la vegetación, cumpliendo tanto el VP(Nak) como la Cobertura Forrajera con esa condición.

Asimismo, a la hora de determinar la Tasa de Extracción, debe considerarse, además de la disponibilidad, el grado de deterioro, la relación entre dominancia y preferencia de las principales especies forrajeras, la época del año en que se utiliza el pastizal, la capacidad de las especies más preferidas de soportar reiteración de pastoreo, etc (Holechek et al. 1989; Natural Resources Conservation Service, 2000; Vallentine 2001). Alcanzar un determinado grado de defoliación en una especie de preferencia media, puede implicar el sobrepastoreo de las especies de calidad superior. Esta situación se agudizaría cuanto menor sea la calidad de la especie clave. En este caso cuando se alcanzó un grado de defoliación de solo el 15% en *Festuca pallescens*, *Poa ligularis*, la especie más preferida pero de abundancia baja, había sido defoliada en un 60% superando holgadamente el valor considerado adecuado por Holechek et al. (1989) (Figura 5.3). Si se hubiera continuado pastoreando hasta llegar al grado de defoliación sugerido para *Festuca pallescens* los daños sobre *Poa ligularis* probablemente hubieran sido altos. Solo un pastoreo con una alta carga instantánea y/o durante un periodo en el cual *Poa ligularis* no presentara crecimiento permitiría alcanzar un mayor grado de utilización de *Festuca pallescens* sin dañar a *Poa ligularis*. Por otro lado, el porcentaje de Proteína Bruta de *Poa ligularis* es mayor que el de *Festuca pallescens* (Cuadro 5.6) lo que puede significar una caída de la calidad de la ingesta a medida que aumenta el grado de defoliación y se modifica la dieta. Esto justificaría la utilización del cuadro en principio por alguna categoría de mayores requerimientos nutricionales y luego por otra con menores requerimientos.

Comparando las estimaciones de receptividad realizada por los dos métodos con la carga alcanzada en el ensayo basada en el grado de utilización de *Poa ligularis* se observó que la carga real fue similar a la estimada por el Método del Valor Pastoral y sensiblemente inferior a la estimada por el método del PPNA ( $p < 0.001$ ) En cambio, el cálculo de disponibilidad forrajera por ambos métodos mostró un ajuste significativo con la disponibilidad estimada con un 40 % de defoliación de *Festuca pallescens* (Figura 6.1). Sin embargo la pendiente del ajuste correspondiente al Método de la PPNA fue significativamente similar a 1, mientras

que la del Método del Valor Pastoral fue significativamente superior a 1. Esto sugiere que el Método de la PPNA arroja estimaciones de disponibilidad muy similares a las obtenidas de la cosecha y muy superiores a las que arroja el Método del Valor Pastoral (Figura 6.5). Estos resultados sugieren que el Factor de Uso del 40% de la biomasa forrajera de la especie clave es coherente con el Índice de Cosecha calculado a partir del modelo de Oosterheld et al. (1992), al menos en la comunidad estudiada. En comunidades donde la especie clave es la dominante, el Índice de Cosecha se acercará más al 40% que en las comunidades donde la especie clave sea poco abundante. De hecho los resultados del Capítulo 4 muestran que el Factor de Uso medido a campo varía marcadamente con la PPNA y con el VP(Nak), aun dentro de la misma comunidad y dentro el mismo potrero.



**Figura 6.5:** Comparación entre los resultados de los cálculos de disponibilidad forrajera obtenidas por el Mppna (rombos, línea de tendencia guiones cortos;  $DF(40\%Fp) = -73.58 + 1.18 DF(Mppna)$ ,  $p = 0.0012$ ;  $R^2 = 0.57$ ) y el Mvp (cuadrados, línea de tendencia guiones largos;  $DF(40\%Fp) = 14.98 + 6.17DF(Mvp)$ ,  $p = 0.0005$ ,  $R^2 = 0.62$ ) con respecto a la biomasa que se hubiera removido por pastoreo si se continuaba hasta alcanzar el 40 % de defoliación de la biomasa forrajera de *Festuca pallescens*. La línea continua representa la relación 1:1.

### Desarrollo de herramientas de monitoreo

La evaluación cuantitativa y cualitativa del pastizal permitirá contar con una estimación de la disponibilidad forrajera y una caracterización general. Ésta debería volcarse a una planificación de uso del establecimiento y de cada cuadro o potrero en particular considerando además las necesidades generales del establecimiento, las tendencias que se quieren favorecer en las comunidades

vegetales de cada unidad de manejo, los requerimientos animales y las variaciones climáticas de año a año.

Pero esto sólo no resultaría suficiente. Los resultados obtenidos en esta tesis resaltan la necesidad de complementar la caracterización de la disponibilidad forrajera inicial con un seguimiento de la intensidad de pastoreo utilizando una metodología no destructiva que permita monitorear este proceso. Las escalas presentadas para *Festuca pallelescens*, *Poa ligularis* y *Stipa speciosa* var. *speciosa* en el Capítulo 5 resultan de utilidad práctica, e incorporan una escala visual que considera los hábitos de consumo del ovino. La posibilidad de realizar un seguimiento de la biomasa remanente del pastizal en función del grado de pastoreo de una sola especie clave en pastizales naturales parece estar limitada a la situación poco habitual de un altísimo grado de abundancia de la especie clave (Cuadro 5.5). El seguimiento sobre varias gramíneas, ponderando su grado de defoliación por la cobertura de cada especie, puede ayudar a mejorar esta determinación. Por otra parte, este seguimiento del grado de pastoreo de un conjunto de especies indicadoras, que combinen diferente grado de preferencia y abundancia, brindará información complementaria de gran utilidad. El ovino puede compensar con su selectividad la poca abundancia de algunas especies si éstas son de buena calidad, pasando a tener una importancia mayor en la dieta que la que tienen en la composición florística del pastizal. Observaciones de baja defoliación de ellas indicarían un grado de uso incipiente y una dieta de calidad. La especie más abundante, aunque sea de preferencia media, va a representar la mayor parte de la biomasa forrajera remanente. Por último el grado de utilización de la especie de menor calidad marcará un deterioro nutricional, por debajo del cual existirán consecuencias negativas sobre el estado corporal del animal. Distintas combinaciones entre el grado de defoliación de las especies pueden ser consideradas como indicadoras del momento de descarga del cuadro o de cambio de categoría de animales. Los análisis microhistológicos también brindarían información de utilidad para este tipo de seguimiento por ser una determinación directa de la composición de la dieta y tener un mayor grado de sensibilidad que las observaciones sobre plantas.

La intensidad de pastoreo de la especie clave del 30-50 % propuesta en forma general por Holechek et al (1989) debería ser validada para las principales gramíneas de la región, evaluado en qué manera distintas intensidades afectan el rebrote posterior. Estas evaluaciones estarán condicionadas a la capacidad de

crecimiento compensatorio de cada especie, la que está relacionada a su vez con su grado de adaptación a la sequía. Posiblemente las especies mesofíticas tengan una mayor capacidad de rebrote post pastoreo que las xerofíticas. Por último, la decisión de alcanzar un determinado grado de defoliación en una especie puede estar limitado por la necesidad de no sobreutilizar otra de mejor calidad.

### **Consideraciones finales:**

En esta tesis se constató el bajo grado de correspondencia existente entre dos métodos de estimación de receptividad ganadera. Uno de ellos, el Método de la PPNA basado en un modelo generado con datos provenientes de una gama amplia de condiciones ambientales (Oosterheld et al. 1992, Golluscio et al. 1998a), y el otro, el Método del Valor Pastoral, desarrollado a partir de datos locales (Nakamatsu et al. 1998, Elissalde et al. 2002). Parte de esta diferencia obedecería a que en los pastizales más productivos de la Patagonia no se puede alcanzar las Tasas de Extracción alcanzadas en otros campos de pastoreo por existir una marcada estacionalidad de la actividad biológica en la primavera y principios del verano y porque estos campos suelen ubicarse en áreas frías aprovechables solamente durante una parte limitada del año. Además la infraestructura en los establecimientos ganaderos es precaria, los cuadros son excesivamente grandes o carecen de aguadas, lo que no permiten el uso más intensivo del pastizal. Mientras tanto, en los sistemas menos productivos las tasas de extracción son más altas por una modificación de la dieta del ovino, adaptándose a la disponibilidad forrajera, y por una posible complementación entre campos de invernada con veranadas o mallines dentro del mismo establecimiento. El consumo alcanzado durante el ensayo fue similar al sugerido por el Método del Valor Pastoral, sin embargo si la carga instantánea y/o el periodo de ocupación hubiera permitido alcanzar un Factor de Uso del 40% de defoliación de la especie clave, el consumo hubiera alcanzado los valores previstos en Método de la PPNA.

Los resultados obtenidos también sugieren que es posible estimar la receptividad a escala de stand mediante una combinación de los dos métodos comparados. En efecto, la disponibilidad forrajera puede ser calculada con aceptable confianza como el producto de la PPNA y un Índice de Cosecha calculado a partir de la PPNA y el Valor Pastoral (Nak) o la Cobertura Forrajera (Figura 6.3).

Para la determinación de la satisfacción de requerimientos de los animales y la tendencia impuesta al pastizal por el pastoreo, se hace necesario contar además con una herramienta de monitoreo de intensidad de pastoreo. Esta se basaría en el seguimiento del grado de consumo de determinadas especies. Si bien la estimación de la cantidad de forraje disponible a partir de ella sólo podría realizarse en casos especiales, el seguimiento del grado de defoliación de dos o tres especies indicadoras con distinta abundancia en el pastizal y con distintos niveles de preferencia por parte del ganado, permitiría tomar decisiones de manejo. Dichas decisiones deberían tomar en consideración las interrelaciones entre deterioro, productividad y calidad forrajera que caracterizan el impacto del pastoreo sobre los pastizales y que son diferentes para cada comunidad.

Por último existen otros elementos a considerar que hacen al manejo ganadero, como la relación entre composición florística del pastizal, su calidad forrajera y las necesidades nutricionales de la categoría de hacienda en pastoreo; la época del año en que se utiliza y su relación con la fenología de las principales especies o la evolución deseada del pastizal.

Los pastizales naturales constituyen ambientes de importancia no sólo por la producción ganadera que son capaces de sustentar, sino también por los diversos servicios ambientales que brindan a la sociedad, como la fijación de carbono, conservación de suelo, un importante rol en el ciclo del agua, preservación de la biodiversidad, etc. Estos últimos han sido subestimados durante mucho tiempo, pero existe una tendencia a prestarles cada vez más atención. En las propuestas de manejo de estos ambientes será cada vez más importante incluir la valorización de estos múltiples servicios, además de la rentabilidad económica de la producción ganadera. Los aportes para entender el funcionamiento de estos ecosistemas y para la elaboración de medidas de manejo ambientalmente sustentable son las herramientas necesarias para alcanzar este objetivo. Este trabajo permitió justamente estudiar con mayor detalle las interrelaciones entre el deterioro, productividad y calidad forrajera, aspectos claves para entender en qué medida el impacto por pastoreo afecta al pastizal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adler, P. y W. Lauenroth, 2001. Livestock exclusion increases the spatial heterogeneity of vegetation in shortgrass steppe. *Applied Vegetation Science*, 3: 213-222.
- Afifi, A., 1984. Computer-aided multivariate analysis. Lifetime Learning Publications Belmont, California.
- Aguiar, A., J. Paruelo, O. Sala, W. Lauenroth, 1996. Ecosystem responses to changes in plant functional type composition: an example from the Patagonian Steppe. *Journal of Vegetation Science* 7: 381-390.
- Aguiar, M., O. Sala, 1997. Seed distribution constrains the dynamics of Patagonian steppe. *Ecology*, 78: 93-100.
- Aguiar, M., O. Sala. 1998. Interactions among grasses, shrubs and herbivores in Patagonian grass-shrubs steppes. *Ecología Austral*, 8: 201-209.
- Aguiar, A., O. Sala, 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 14 (7):273-277.
- Anchorena, J., 1978. Inventario y evaluación de pastizales. Primer Curso de Manejo de Pastizales. EEA INTA Bariloche.
- Anderson, E., W. Currier, 1973. Grassland use. *Journal Range Management*, vol II, 2: 39-44.
- Archer, S., 1995. Tree-grass dynamics in a *Prosopis*-thornscrub savanna parkland: reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience*, 2(1): 83-99.
- Ares, J., A. Beeskoew, M. Bertiller, M. Rostagno, M. Irisarri, J. Anchorena, G. Defossé, y C. Merino, 1990. Structural and dynamic characteristics of overgrazed land of norther Patagonia, Argentina. En: Breymer A. (editor). *Managed Grasslands*. Elsevier, Amsteerdam.
- Aubréville, A., 1949. *Climats, Forêts et Désertification de l'Africa Tropicale*. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, París.
- Auer, V., 1951. Consideraciones científicas sobre la conservación de los Recursos Naturales en Patagonia. *IDIA*, 4 (40-41): 1-35.
- Barbier E., 1987. The concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, 14: 101-110.
- Basile, J., S. Hutchings. 1966. Twing diameter-length-weight relation for bitterbrush. *Journals Range Management*, 19:34-38.
- Bertiller M., M. Irisarri, E. Brevedan y P. Zaixso, 1996. The establishment of *Festuca pallescens* in arid grasslands in Patagonia (Argentina): the effect of soil water stress. *Journal Arid Environment*, 29: 85-97.
- Bertiller, M., G. Defossé, 1990. Grazing and plant growth interactions in a semiarid *Festuca pallescens* grassland (Patagonia). *Journal of Range Management*, 43(4): 300-303.
- Bertillier, M., A. Bisigato, 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state-and-transition model for the Patagonian steppes. *Patagonia Austral* 8: 191-199.
- Blankenship J., D. Smith, 1966. Indirect estimation of standing crop. *Journals Range Management*, 19:74-77.
- Bonino, N., G. Bonvissuto, A. Pelliza Sbriller, R. Somlo, 1986. Hábitos alimentarios de los herbívoros en la zona central del área ecológica Sierras y Mesetas Occidentales de Patagonia. *Revista Argentina de Producción Animal*, 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, Suplemento* 36: 243-253.



- Bonvissuto, G., E. Moricz, R. Somlo, 1984. Observaciones sobre el efecto de la condición del pastizal en la dieta de ovinos. Octava 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.
- Borrelli P., G. Oliva, 2001. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral: tecnología de manejo extensivo. PRODESAR-E.E.A. Santa Cruz.
- Borrelli, P., C. Beatti, C. Cheppi, M. Iacomini. 1990. Una metodología para evaluación de pastizales en Santa Cruz. Revista Argentina de Producción Animal. Suplemento 1 (10) 18.
- Borrelli, P., C. Cheppi, M. Iacomini y A. Ramstrom, 1984. Condición de pastizales en el sitio Terrazas del Río Gallegos. Revista Argentina de Producción Animal, 9 (4): 879-897.
- Bouyoucos, G. 1949. Soil Science.
- Braun Blanquet, J., 1950. Sociología Vegetal: estudio de las comunidades vegetales. ACME Agency, Buenos Aires.
- Breman, H., C. Wit, 1983. Rangeland productivity and exploitation in the Sahel. Science 221: 1341-1347.
- Burke, I., W Lauenroth, D Milchunas, 1997. Biogeochemistry of managed grasslands in Central North America. En Soil: organic matter in temperate agroecosystems. Editores: Paul E, K. Paustian, E Elliott, C. Cole. New York. 85-102.
- Calvo, C., 1978. Ovinos, Tomo 1 y 2. Buenos Aires.
- Castro, J., 1983. Manual para la Recuperación de Áreas Erosionadas en la Región Patagónica, Edt. INTA, Buenos Aires.
- Cesa, A., J. Paruelo, 2001. El pastoreo en el NO de Patagonia reduce la diversidad vegetal y modifica diferencialmente la cobertura específica. Actas Iº Reunión Binacional de Ecología, Bariloche.
- Cibils A., 1993. Manejo de pastizales. Catálogo de prácticas. Tecnologías disponibles. Informe técnico de Cambio Rural. EEA Santa Cruz. Río Gallegos.
- Ciccorossi, M., O. Sala, 2001. Cambios estructurales provocados por el pastoreo ovino en una estepa arbustiva semiárida del sudoeste del Chubut. Actas Iº Reunión Binacional de Ecología, Bariloche.
- Cingolani, A, 1999. Efectos de 100 años de pastoreo ovino sobre la vegetación y suelos del Norte de Tierra del Fuego. Tesis de Doctorado presentada al Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.
- Cingolani A., J. Anchorena, S. Stoffella, L. Susana y M Collantes, 2002. A landscape-scale model for optimal management of sheep grazing in the Magellanic steppe. Applied Vegetation Science, 5: 159-166.
- Cipriotti, P. y M. Aguiar. 2005. Effects of grazing on patch structure in a semi-arid two-
- Clauss, M., M. Lechner-Doll, 2001. Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification. Oecologia, 129: 321-327.
- Clauss, M., M. Lechner-Doll, W. Juergen Streich, 2002. Faecal particle size distribution in captive wild ruminants: an approach to the browser/grazer dichotomy from the other end. Oecologia, 131: 343-349.
- Clemens, E. y C. Stevens. 1980. A comparison of gastrointestinal transit time in ten species of mammals. Journal Agricultural Sciens, 94:735-737.
- Clemens E., G. Maloiy, 1983. Digestive physiology of East African ruminants. Comp Biochemic Physiology 76A: 319-333.
- CNA. 2002. [www.indec.mecon.ar/agropecuario](http://www.indec.mecon.ar/agropecuario).
- Collins, S., A. Knapp, J. Briggs, J. Blair, E. Steinauer. 1998. Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. Science, 280: 745-747.

- Connell, J., 1990. Apparent versus "Real" competition in plants. En: Grace J y D. Tilman (eds), Perspective on plant competition. Academic Press, San Diego, CA, pp. 9-26.
- Consejo Federal de Inversiones (2005). [www.cfired.org.ar](http://www.cfired.org.ar).
- Cook C., J. Stubbendieck, 1986. Range Research: basic problems and techniques. Society for Range Management.
- Coopock D., J. Ellis, D. Swift, 1986a. Livestock feeding ecology and resource utilization in a nomadic pastoral ecosystem. *Journal Application Ecology*, 23: 573-583.
- Coopock D., D. Swift, J. Ellis, 1986b. Seasonal nutritional characteristics of livestock diets in nomadic pastoral ecosystem. *Journal Application Ecology*, 23. 585-595.
- Correa, Moevia, 1972. Flora Patagónica Ilustrada Parte III: Gramíneas. INTA.
- Coughenor M., 1985. Graminoid responses to grazing by large herbivores: adaptations, exaptations and interacting processes. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 72: 825-863.
- Coughenour M., 1991. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate systems. *Journals Range Management*, 44: 530-542.
- Currier P., G. Peterson, 1966. Using growing-season precipitation to predict crested wheat grass yields. *Journals Range Managements*, 19:284-288.
- Daget P., J. Poissonet, 1971. From the structure of the vegetation to its quality and productivity in pastures. Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques. Montpellier, France.
- Defosse, G., M. Bertiller, J. Ares, 1986. Dos técnicas de doble muestreo para evaluar la biomasa aérea de un pastizal de coirón blanco (*Festuca palleescens* st. Yves Parodi). Contribución 108. Centro Nacional Patagónico. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Puerto Madryn.
- Defossé, G., M. Bertiller y J. Ares. 1990. Aboverground phytomass dynamics in a grassland steppe of Patagonia, Argentina. *Journal Range Management* 43: 157-160.
- 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 Research and Rehabilitation*, 12: 195-198.
- Digby P., R Kempton, 1985. Multivariate analysis of ecological communities. Edt: Chapman y Hall.
- Dodd, J., 1994. Desertification and degradation in Sub-Saharan Africa. *Bioscience*, 44(1): 28-34.
- Dregne H., 1983. Desertification of arid lands. Hardwood Academy Public.
- Dregne, H., 1991. Global status of desertification. *Annals of arid zone*. 30: 179-185.
- Elissalde, N., J. Escobar y 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.
- Elissalde, N., J. Garrido, 1984. Un nuevo método para establecer índice de condición en campos de pastoreo. Contribución 83, CENPAT, Puerto Madryn.
- 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.
- Ferguson R., M Marsden, 1977. Estimating overwinter bitterbrush utilization form twig diameter-legth-weight-relation. *Journals Range Management*, 30:231-236.
- Fernández, R., O. Sala. R. Golluscio, 1991. Woody and herbaceous aboveground production of a Patagonian steppe. *Journals of Range Management*, 44:434-437.
- Fernández, R., A. Núñez, A. Soriano, 1992. Contrasting demography of two patagonian shrubs under different conditions of sheep grazing and resource supply. *Oecologia*, 91:39-46.

- Ferreira C., R. Lores, E. Moricz, G. Siffredi, A. Sarmiento, 1987. Evaluación del uso de tres potreros con distinta carga ovina en la estepa arbustiva patagónica, *Ecología Argentina*, 8: 29-37.
- Fisher R., N. Turner, 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiology*, 29: 277-317.
- Fletcher J., M. Robinson, 1956. A capacitance meter for estimating forage weight. *Journals Range Management*, 9:96-97.
- French N. y R. Sauer, 1974. Phenological studies and modeling in grasslands. En: Lieth H. (ed), *Phenology and seasonality modelling*. Ecology Study, 8: 227-236.
- Goebel C., L. De Bano, D. Lloyd, 1958. A new method of determining forage cover and production on desert shrub vegetation. *Journals Range Management*, 11:244-246.
- Golluscio R., R. León, S. Perelman, 1982. Caracterización fitosociológica de la estepa del oeste del Chubut: su relación con el gradiente ambiental. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 21(1-4): 199-324.
- Golluscio R., J. Mercau, 1995. Cambios en la biodiversidad ante distintos grados de desertificación provocada por el pastoreo. En: Montes, L. y Oliva G. (ed). *Taller internacional sobre recursos genéticos, desertificación y uso sustentable*. Río Gallegos, Argentina.
- Golluscio R., A. Derigibus A., J. Paruelo, 1998a. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral*, 8: 265-284.
- Golluscio R., J. Paruelo, J. Mercau, A. Derigibus, 1998b. Urea supplementation effects en the utilization of low-quality forage and lamb production in Patagonia rangelands. *Grass and Forage Science*, 53: 47-56 .
- Golluscio, R., O. Sala, W. Lauenroth, 1998c. Differential use of large summer rainfall events by shrubs and grasses: a manipulative experiment in the Patagonian steppe. *Oecologia*, 115: 17-25.
- Golluscio, R., J. Pérez, J. Paruelo, C. Ghersa, 2005a. Spatial heterogeneity at different grain sizes in grazed versus ungrazed sites of the Patagonian steppe. *Ecoscience*, 12(1): 103-109.
- Golluscio, R., M. Oesterheld y M. Aguiar, 2005b. Relationship between phenology and life form: a test with 25 Patagonian species. *Ecography*, 28:3, 273-282.
- Goodland, R., 1993. Definition of environmental sustainability. *International Association for Impact Assessment*, 5:1-2.
- Graetz, R., 1991. Desertification: a tale of two feedbacks. *Ecosystem Experiments*. Editado por H.A. Mooney et al. SCOPE Published by John Wiley y Sons Ltd. 59-87.
- Halls L., R. Harlow, 1971. Weight—length relations in flowering dogwood twig. *Journals Range Management*, 24:236-237.
- Hanley T., 1980. The nutritional basis for food selection by ungulates. *Journals Range Managements*, 35:146-151.
- Heady, H., 1949. Methods of determining utilization of range forage. *Journal Range Management*, 2:2, 1-10.
- Herms, D. y W. Mattson, 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *The quarterly review of Biology*. University of Chicago. 67:3, 283-335.
- Hofmann, R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants. A comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
- Holechek, J., R. Pieper, C. Herbel, 1989. *Range Management: principles and practices*. Prentice Hall, 501 p., New Jersey.
- Hutchings S., G. Stewart, 1953. Increasing forage yields and sheep production on intermountain winter ranges. *Circ 925*. USDA, Washington, D.C.
- Iglesias de Cuello, A., 1988. Desertificación y crisis histórica de la rentabilidad ovina en la Patagonia Austral. *Cuadernos de Historia Natural*. EUDEBA (IV) 11: 34-73.

- INDEC. Ministerio de Economía, 1998. Encuesta Ganadera 1997/98.
- INFOSTAT, 2002. INFOSTAT, versión 1.1. Manual del usuario. Grupo INFOSTAT. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Primera Edición. Editorial Brujas Argentina.
- Jobbágy, E., J. Paruelo, R. León, 1995. Estimación del régimen de precipitación a partir de la distancia a la cordillera en el noroeste de la Patagonia. *Ecología Austral*. 5:47-53.
- Jobbágy, E., Paruelo J., León R., 1996. Vegetation heterogeneity and diversity in flat and mountain landscapes of Patagonia (Argentina). *Journal of Vegetation Science*, 7: 599-608.
- Jobbágy E. y O. Sala, 2000. Control of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications*, 10, 541-549.
- Jobbágy E., O. Sala, J. Paruelo, 2002. Patterns and controls of primary production in the patagonian steppe: a remote sensing approach. *Ecology*, 83 (2): 307-309.
- Jouve V., J. Paruelo, 1999. Calibración de la relación IVN-PPNA para un gradiente de precipitaciones en la Región Patagónica. XIX Reunión Argentina de Ecología, Tucumán.
- Klein, D., 1968. The introduction, increase, and crash of reindeer on St. Matthew Inland. *Journals Wildlife Management*, 32: 350-367.
- Knapp, A. y T. Seastedt, 1986. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie. *BioSce*, 36:10.
- Latour, M., 1977. Identificación de las principales gramíneas forrajeras de Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego por sus caracteres vegetativos, *Revista de Investigaciones Agropecuarias, Serie2 Biología y Vegetal*, Vol XIV, N° 1, 115 p.
- Lauenroth W., 1979. Grassland primary production: North American grasslands in perspective. En :N.R.French, editor. *Perspective in grassland ecology*. Ecological studies, Vol 32. Springer-Verlag: 3-24.
- Lauenroth, W., 1998. Guanacos, spiny shrubs and the evolutionary history of grazing in the Patagonia steppe. *Ecología Austral* 8:211-215.
- Le Houerou, H., 1977. The nature and causes of desertization. En M.H.Glantz. ed. *Desertification: environmental degradation in and around Arid Lands*. Westview Press, Boulder, CO: 17-38
- Legendre, P. y L Legendre, 1998. *Numerical Ecology*. 2nd Edition. Elsevier, Amsterdam.
- León R. y J. Facelli, 1981. Descripción de una coenocline en el sur oeste de Chubut. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 2: 163-171.
- León, R., M. Aguiar, 1985. El deterioro por uso pastoril en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoecologia* 13 (2):181-196.
- León, R., D. Bran, M. Collantes, J. Paruelo, A. Soriano, 1998. Grandes unidades de Vegetación en la Patagonia Extrandina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
- Lieth,H., 1975. Modeling the primary productivity of the world. *Primary productivity of the biophere*, H.Lieth&R. Whittaker (eds), Springer-Verlag, Heidelberg, pp 237-283.
- Lowrance, R., 1990. Research approaches for ecological sustainability. *Journal of soil and water conservation*, 45:52-54.
- Lyon, L, 1970. Length-and weight-diameter relations of serviceberry twigs. *Journals Wildlife Management*. 34:456-460.
- MacLeod, N., J. Schubert y P. Ananejionu, 1977. Report on the Sahel 4 African Drought and Aarid Lds Experiment. En: *Skylab Explores the Earth*, NASA, Washington DC, 263-286.
- Markgraf, V., 1985. Late pleistocene faunal extinctions in Southern Patagonia. *Science* 228: 1110-1112.
- Matazedian, I. y S. Sharrow, 1986. Defoliation effects on forage dry matter production of a perennial ryegrass-subclover pasture. *Agronomy Journal*, 78:581-584.
- Mayer, H., 1990. From agriculturalto rural policy in the EC. En: Trecy, M. (ed) *Rural Policy Issues*. The Arklenton Trust. Aspen Institute: 27-56.

- Mazarino, M., M Bertiller, T. Schlichter, M. Gobbi, 1998. Nutrient cycling in Patagonian ecosystems. *Ecología Austral*, 8(2): 167-182.
- Milchunas D., O. Sala, W. Lauenroth, 1988. A generalized of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*, 132:1, 87-106.
- Milchunas D. y W. Lauenroth, 1993. A quantitative assessment of th effects of grazing on vegetation and soil over a global range environments. *Ecological. Monographs*, 63:327-366.
- Ministerio de Trabajo, 2005. [www.trabajo.gov.ar](http://www.trabajo.gov.ar).
- Moen, J., L. Oksanene, 1998. Long-term exclusion of folivorous mammals in two artic-alpine plant communiities: a test of the hypothesis of exploitation ecosystems. *Oikos*, 82: 333-346.
- Monteith, N., 1972. Estudio sobre la erosión en la Patagonia. Informe final Proyecto INTA-FAO para el desarrollo ovino en la Patagonia. 62 páginas. Inédito. EEA INTA Bariloche.
- Moore, P., 1987. Mobile resources for survival. *Nature*, 324:198.
- Morrison J., 1917. La ganadería en la región de las mesetas australes del territorio de Santa Cruz. Tesis Facultad de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires.
- Movia, C., 1978. Utilización de Imágenes Landsat para cartografía de la Erosión eólica en Patagonia. Actas VIIIº Congreso Nacional de Suelos, Buenos Aires.
- Movia C., 1981. Inventario de la Erosión Eólica en Patagonia basado en imágenes Landsat y Fotografías Aéreas. Actas de Arid Land Resources Inventories, 359-365, México.
- Nakamatsu V., M. Lagarrigue, M. Locattelli, M. Sendin., N. Elissalde, J. Escobar, 1998. Disponibilidad de forraje estimada a través del valor pastoral en zonas áridas del Chubut (Patagonia). *Revista Argentina de Producción Animal*, 8 (1) XXII Congreso Argentino de Producción Animal.
- Natural Resources Conservation Service, 1997. National Range and Pasture Handbook. United States Department of Agriculture.
- Natural Resources Conservation Service, 2000. Interpreting indicators of rangeland health. United States Department of Agriculture.
- Noy-Meir, I., 1973. Desert Ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 25-52.
- Oesterheld, M., O. Sala, J. McNaughton, 1992. Effect of animal husbandry on herbivore-carrying capacity at a regional scale. *Nature*, 356: 234-236.
- Oesterheld, M., C. Di Bella, K. Herdiles. 1998. Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate of rangelands. *Ecological Applications* 8: 207-212.
- Oesterheld, M., J. Loreti, M. Semmartin, J. Paruelo, 1999. Grazing, fire and climate effects on primary productivy of grasslands and savannas. In: *Ecosystems of disturbed ground*. L. Walker (ed). Elsevier, Amsterdam.
- Oesterheld, M, S. McNaughton, 2000. Herbivory in terrestrial ecosystems, en *Ecosystem Science*. Springer-Verlag, New York. 151-157.
- Oksanen, L. y T. Oksanen, 2000. The logic and realism of the hypothesis of exploitation ecosystems. *The American Naturalist*, 155(6): 703-723.
- Olf, H y M. Ritchie, 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 13 (7): 261-265.
- Oliva, G., J. Escobar, G. Siffredi, y J. Salomone, 2004. MARAS: Monitoreo ambiental de zonas áridas y semiáridas: una metodología para instalar monitores de campo de vegetación y suelos en Patagonia. en A. Cesa, G. Oliva, y N. Covacevic, editors. V Reunión del Grupo Regional Patagónico de Ecosistemas de Pastoreo, auspiciado por la FAO. "Innovaciones Tecnológicas en el Manejo de Pastizales en Patagonia y Magallanes". FAO-INTA-INIA, El Calafate, Santa Cruz, Argentina.
- Paruelo, J., O. Sala, 1992. El impacto de la desertificación sobre la capacidad de carga de las Estepas Patagónicas: sus consecuencias económicas. Actas IIº Congreso Latinoamericano de Ecología, Caxambú, Mina Gerias, Brasil.

- Paruelo, J., M. Bertiller, T. Schlichter, F. Coronato, 1993. Secuencia de deterioro en distintos ambientes patagónicos: su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones, GTZ-INTA, 110 p.
- Paruelo, J., O. Sala, 1995. Water losses in the Patagonian Steppe: a modelling approach. *Ecology*, 76: 510-520.
- Paruelo, J., N. Epstein, W. Lauenroth, J. Burke, 1997. ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of Unites 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. *Ecología Austral* 8: 85-101.
- Paruelo, J., R. Golluscio, A. Cesa, S. Hall, J. Guerschman y M. Giallorenzi, 2000. Informe del relevamiento de los recursos forrajeros de la Ea. Leleque Compañía de Tierras Sud Argentino S.A.
- Paruelo, J., R. Golluscio, A. Cesa y M. Giallorenzi, 2001. Informe del relevamiento de los recursos forrajeros de la Ea. El Maiten Compañía de Tierras Sud Argentino S.A.
- 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, 2003. Evaluación, diagnóstico y propuesta de manejo para la Estancia Tecka, Chubut, Argentina. IFEVA-FAUBA. 155 p.
- Paruelo, J., R. Golluscio, J Guerschman, A. Cesa, V. Jouve, M. Garbulsky. 2004. Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes. *Global Ecology and Biogeography* 13, 385-395.
- Passera, C., A. Dalmaso, O. Borsetto, 1983. Método de Poin-Quadrat modificado. *IADIZA*, 71-87.
- Paylorre, P., R. Haney, 1976. 14-week Seminar Series, arid and semiarid Natural Resources Program. University of Arizona.
- Payne, G., 1974. Cover-weght relationships. *Journals Range Manegemat*, 29:403-404.
- Pechanec R., G. Pickford. 1937. A wight-estimate method for determination of range or pasture production. *Journals American Society Agronomy*, 29:894-904.
- Pelliza, A., 1993. Acerca de la microhistología, Comunicación Técnica N° 32-Recursos Naturales, EEA INTA Bariloche.
- Pelliza A., P. Willems, V. Nakamatsu, A. Manero, 1997. Atlas dietario de herbívoros patagónicos, PRODESAR, INTA, GTZ, Bariloche, 109 p.
- Perelman S., R. León, J. Bussacca, 1997. Floristic changes related to grazing intensity in a Patagonian shrub steppe. *Ecography*, 20: 400-406.
- Pickett, A., P. White, 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics, Academic Press London, 460 p.
- Pince, S., 1991. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 12: 1313-1330.
- Prince S., E. Brown de Colstoun, L. Kravitz, 1998. Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive Shelian desertification. *Global Change Biology* 4: 359-374.
- Provenza, F., J. Villalba, L. Dziba, S. Atwood, R Banner, 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Samall Ruminant Research* 49: 257-274.
- Reppert J., R. Hughes, Don Duncan, 1962. Herbage yield and its correlation with other plant measurements. *Range Research Methods*. Mis. Pub. N° 940. Forest Service, USDA. Washintong.
- Ritchie, M., D. Tilman, J.Kops, 1998. Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in Oak savanna. *Ecology*, 79(1): 165-177.
- Rodano, D., 2004. Estimación de la receptividad ovina combinando información satelital y florística en la Patagonia. Tesis de Grado. FAUBA. 33 p.

- Saba, S., 1993. Sobre la medición del valor pastoral en Establecimientos pecuarios del Chubut. Actas XVI Reunión Argentina de Ecología. Asociación Argentina de Ecología, 253 p.
- Sala, O., W. Parton, L. Joyce y W. Lauenroth. 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. Ecology, 69, 40-45.
- Sala, O., A. Austin, 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. En: Methods in ecosystem science, Ed Springer-Verlag, New York, Inc. 417 p.
- Sancholuz, L., E. Chaia, 1993. Evolución de la carga ganadera en las Provincias Patagónicas y su relación con la desertificación. Gaceta Agronómica 13(75): 243-250.
- Schlesinger, W., J. Reynolds, G. Cunningham, L. Huenneke, W. Jarrell, R. Virginia, W. Whitford, 1990. Biological Feedback in global Desertification. Science, 147: 1043-1048.
- Scurlock, J., K. Johnson, R. Olson, 2002. Estimating net primary production from worldwide extant grassland biomass dynamics measurements. Global Change Biology, 8:736-748.
- Seller, P., 1987. Canopy reflectance photosynthesis and transpiration. The role of biophysics in the linearity of their interdependence. Remote Sensing of Environment, 21: 143-183.
- Semmartin, M., M. Oesterheld, 2001. Effects of grazing pattern and nitrogen availability on primary productivity. Oecologia, 126: 225-230.
- Senft R., M. Coughenour, L. Rittenhouse, O. Sala, D. Swift, 1987. Large Herbivore Foraging and Ecological Hierarchies. Bioscience, 37: 11, 789-799.
- Shafer E., 1963. The Twig-count method for measuring hardwood deer browse. Journals Wildlife Management, 27: 428-437.
- Shoop, M., J. McIlvain, 1963. The micro-unit forage inventory method. Journal Range Management, 16: 172-179.
- Siffredi, G., A. Sarmiento, E. Moricz, 1981. Aplicación de la fenología al manejo de los pastizales naturales. Memoria Técnica EEA INTA Bariloche 1981, 52-56.
- Siffredi, G., G. Becker, 2001. Guía de evaluación forrajera de campos para determinación de la carga animal. Resumen del taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. IV Reunión del Grupo Regional Patagónico de Pastoreo, auspiciado por la FAO. 32 p.
- Siffredi G., G. Becker, A. Sarmiento, J. Ayersa, D. Brand, C. López. 2003. Method of natural resource assessment for integral planning and sustainable land use. African Journal of Range & Forage Science. 2002). 144 p.
- Sinclair A. J. Fryxell, 1985. The Sahel of Africa: ecology of disaster. Canada Journal of Zoology, 63. 987-994.
- Singh, J., W. Lauenroth, R. Steinhorst, 1975. Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. Botanical Review, 41: 181-232.
- Skogland, T., 1985. The effects of density-dependent resources on the demography of wild reindeer. Journals Animal Ecology, 54: 359-374.
- Smoliak S., 1956. Influence of climatic conditions on forage production of shortgrass rangeland. Journals Range Management, 15:72-78.
- Smoliak, S., 1986. Influence of climatic conditions on production of *Stipa-Bouteloua* over a 50-year period. Journal of Range Management, 39:100-103.
- Sneva F., D. Hyder, 1962. Estimating herbage production on semiarid ranges in the Intermountain Region. Journals Range Management, 15:88-93.
- Sneva F. C. Britton, 1983. Adjusting and forecasting range yields in the intermountain big sagebrush portion of steppe region. Bull. 659. Oregon Agriculture Experimental Station.
- Society for Range Management, 1974. A glossary of terms used in range management, 2nd edition. Society for Range Management. Denver. Colorado.

- Somlo, R., C. Durañona, R. Ortiz, 1985. Valor nutritivo de las especies forrajeras patagónicas, *Revista Argentina de Producción Animal*, 5(9-10): 589-605 .
- Somlo, R., G. Bomvissuto, A. Pelliza Sbrrieler, N. Bonino, E Moricz, 1994. La influencia de la condición el pastizal sobre la dieta de los herbívoros y el pastoreo múltiple en Sierras y Mesetas Occidentales de Patagonia, *Revista Argentina de Producción Animal*, 14(3-4): 187-207.
- Somlo, R., 1995. Estimación de cambios a corto plazo en pastizales. En: Somlo R. y Becker G. (eds), FAO-UNESCO/MAB-INTA Trelew. Actas Seminario Taller sobre producción, nutrición y utilización de pastizales. Trelew, 1995: 97-98.
- Somlo, R., G. Becker, G. Siffredi, 1995. Ajuste del método de valor pastoral para determinar la carga animal en el área ecológica de Precordillera. En: Somlo R. y Becker G. (eds), FAO-UNESCO/MAB-INTA Trelew. Actas Seminario Taller sobre producción, nutrición y utilización de pastizales, Trelew 1995: 93-94.
- Somlo R., L. Cohen, 1997. Tablas de valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas. Comunicación técnica N° 64. Recursos Naturales-Pastizales Naturales. EEA INTA Bariloche. 12 p.
- Soriano, A., 1956a. Aspectos ecológicos y pasturiles de la Vegetación Patagónica relacionados con su estado y capacidad de recuperación. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, 10 (4): 349-386.
- Soriano, A. 1956b. Los distritos florísticos de la Provincia Patagónica. *Revista de Investigaciones Agrícolas*, 10 (4): 323-347.
- Soriano, A., J. Brun, 1973. Valoración de campos en el Centro - Oeste de la Patagonia: desarrollo de una escala de puntaje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 5: 173-185.
- Soriano, A., O. Sala, R. León, 1980. Vegetación actual y vegetación potencial en el pastizal de coirón amargo (*Stipa* spp.) del Sudoeste de Chubut. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, Vol XIX, N° 1-2, 309-314.
- Soriano A., C. Movia, 1986. Erosión y desertización en Patagonia. *Interciencia* 11: 77-83.
- Soriano A., O. Sala, S. Perelman, 1994. Patch structure and dynamics in a Patagonia arid steppe. *Vegetatio* 111, 127-135.
- Soriano, A., M. Nogués Loza, S. Burkart, 1995. Plant biodiversity in the extra-andean Patagonia: comparisons whit neighboring and related vegetation units. En: Montes L. Y G. Oliva (editores) Actas del Taller internacional sobre recursos fitogenéticos, desertificación y uso sustentable. Río Gallegos. 36-45.
- Stanford Smith, M., 1996. Management of rangelands: paradigms at their limits. En: Hodgson J. & Illius A. (eds) *The Cology and management of grazing systems*. 325-357. CAB International, Wallingford, UK.
- Steel, R., J. Torrie, 1980. *Principles and procedures of statistics*, Mc Graw Hill: 633.
- Stoddart, L., A. Smith , T. Box, 1975. *Range Management*. Mc Graw Hill Series in forest recourses, 532 p.
- Toothill J., J. Hargreaves, R Jones, 1978. Botanal: a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorando*, 8:XX.
- UNCOD, 1977. *Report on the Conference on Desertification*. Nairobi.
- Vallentine, J., 2001. *Grazing management*. Academic Press. San Diego, EEUU.
- Wallamo O., L. Capenter, W. Regelin, R. Gill, D. Baker, 1977. Evaluation of deer habitat on nutritional basis, *Journals Range Management*, 30:122-127
- Ward, J., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *American Statistic Assistance Journals*. 58: 236-244.
- Westoby M., 1980. Elements of theory of vegetation dynamics in arid rangelands. *Journal of Botany*. Vol 8.: 169-194.



- Westoby, M., 1985. Does heavy grazing usually improve the food resource for grazers. *American Naturalist*, 126: 870-871.
- Westoby, M., 1986. Mechanisms influencing grazing success for livestock and wild herbivores. *American Naturalist*, 128: 940-941.
- Whittaker, R. y W. Niering, 1975. Vegetation of the Santa Catalina mountains, Arizona: a gradient analysis of the southern slope. *Ecology*, 46:429-452.
- Willis, B. 1914. *Características y Recursos de la Patagonia Norte*. Ministerio de Obras Públicas de Argentina, 170 p.
- World Commission on Environmental and Development, 1987. *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.