

VARIACIÓN ANUAL E INTERANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE UN PASTIZAL INUNDABLE EN LA ESTEPA PAMPEANA (ARGENTINA CENTRAL). RELACIÓN CON LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

M. MENGHI*¹, R. SEILER*², N. MONTANI³, N. MÓNACO³ Y M.J. ROSA³

¹Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. Velez Sarsfield 299. 5000 Córdoba (Argentina). ²Agrometeorología. ³Ecología Vegetal Aplicada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. 5800 Río Cuarto.

Córdoba (Argentina). *CONICET.

mmenghi@gtwing.efn.uncor.edu

RESUMEN

Entre 1995 y 1999 se cosechó mensualmente la biomasa aérea total de un pastizal de *Distichlis* y *Poa* no pastoreado, dentro de 10 a 15 parcelas (0,25 m²). Se analizaron la variación anual e interanual en la producción y su relación con el clima. El último análisis se basó en la producción primaveral-estival de biomasa verde y en la lluvia y los grados días superiores a 10°C, acumulados hasta cada fecha de muestreo de biomasa y a partir de un mes anterior a la primera cosecha. Para el total de observaciones (1995/99) se obtuvieron en promedio 941,2 kg/ha de biomasa verde; 3863,9 kg/ha de biomasa en pie; 1318,8 kg/ha en el mantillo y 7020 kg/ha de biomasa aérea total, con picos de producción en primavera y verano. El comienzo de la producción de biomasa verde tuvo relación con el nivel e incremento de la temperatura y fue independiente del comienzo de las lluvias. La biomasa verde tuvo incrementos por lapsos variables entre 206 y 214 días de la estación de crecimiento con fluctuaciones entre años en la cantidad en pie (entre 611,4 y 1612,3 kg/ha), en la productividad primaria neta diaria (entre 7,7 y 25,7 kg/ha/da) y en la anual (1510 y 2100 kg/ha/año); los valores menores corresponden a los ciclos más lluviosos (95/96 y 97/98). Ambas variables meteorológicas explicaron el 49 % (r^2 ; $p < 0,0002$) de la variabilidad en la producción de la biomasa verde.

Palabras clave: Producción primaria, variación temporal, factores reguladores, clima.

INTRODUCCIÓN

A escala regional se ha encontrado en numerosos ecosistemas una relación directa y positiva entre la variabilidad de la producción primaria y la correspondiente en la precipitación (Lieth, 1980; Sala *et al.*, 1988; Gallopin y Gómez, 1995) o en la temperatura (Powell *et al.*, 1986). Por el contrario, se conoce poco sobre la relación entre esos factores a escala más detallada, sobre su variación temporal, así como sobre los factores ecológicos con los que interactúan en ambientes específicos.

La región pampeana argentina con su riqueza natural y su potencial para la actividad agropecuaria comprende también extensas superficies con limitaciones debidas a factores topográficos, edáficos y/o climáticos locales-regionales, en donde el manejo adecuado de los recursos en forma sustentable es un desafío. En paisajes con zonas altas bien drenadas y bajas inundables, la variabilidad climática (Hare, 1985) interactúa de forma compleja con esa heterogeneidad del relieve y puede limitar la producción tanto por sequías como por inundaciones; esa incertidumbre determina condiciones de riesgo en el uso del suelo con deterioro de recursos naturales y/o fracasos en la agricultura. La ganadería depende tanto de forrajes cultivados como de la vegetación halófila de áreas inundables; esta última es de valor por sus aportes directos en las cadenas de pastoreo y para mantener animales durante períodos climáticamente adversos para los cultivos. La sustentabilidad del pastizal natural dentro de rangos aceptables de producción, calidad y diversidad, demanda de la disponibilidad de mayores conocimientos sobre los controles de la producción en esos ambientes.

El clima ejerce una acción directa sobre el proceso de la producción primaria de las zonas bajas a través de la lluvia y de la temperatura principalmente y, una acción indirecta, a través de la descarga de excedentes hídricos locales y regionales y de ciclos de inundación-sequía. La interacción de esos factores climáticos con condiciones edáficas como la salinidad, el alto porcentaje de contenido hídrico del suelo y la fluctuación del nivel freático próximo a la superficie, afectan a la presencia y actividad de la vegetación. Se ha observado en ese tipo de ambientes que la producción varía en relación a gradientes hidro-topográficos, con los valores mayores en comunidades de hidrófitas que toleran bien la inundación y en pastizales halófilos inundados temporalmente (Menghi y Herrera, 1998; Menghi, 2000). Debido a los excedentes hídricos en el suelo propios de los sistemas inundables, se estima que el inicio del proceso de la producción primaria dependería menos de la precipitación local.

Con el objetivo de profundizar en el conocimiento de los factores ecológicos reguladores de la estructura y dinámica de la vegetación inundable, en este trabajo se analiza la variación anual e interanual en la producción de biomasa aérea de un pastizal

halófilo de *Distichlis* y *Poa*, y su relación con la variabilidad en la temperatura y precipitación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Está situada en el centro-este de la provincia de Córdoba (Argentina) (33°S 63°30'W) en un paisaje compuesto por zonas altas con suelo franco-arenoso bajo uso agrícola generalizado y por cubetas de deflación alargadas en dirección NE≡SE con lagunas someras, bajo uso ganadero. Las cubetas comprenden áreas temporalmente inundables con complejos de suelos hidromórficos afectados por salinidad y alcalinidad sódica, drenaje impedido y con la napa freática fluctuando próxima a la superficie (Jarsum, 1993). Ambos sectores del paisaje se distinguen en su diversidad, potencial productivo y dinamismo ecológico y están interrelacionados por la descarga de flujos superficiales y subterráneos y sus fluctuaciones, por el tránsito de animales, por semillas dispersadas por el viento, por el uso, etc., conformando una unidad ecológica estructural y funcional. El pastoreo practicado en los bajos y las funciones hidrológicas del sistema de humedales que los mismos integran (Herrera *et al.* 2000) tienen valor en si mismos y por su contribución al mantenimiento de procesos ecológicos regionales.

Características climáticas

Predominan las condiciones moderadas y benignas con una estación de crecimiento prolongada apta para especies estivales e invernales (Pascale y Damario, 1988). No obstante, estas condiciones medias la región está expuesta a la incertidumbre producida por la variabilidad anual en la ocurrencia de heladas y en la presencia de sequías de diferente frecuencia y severidad.

De acuerdo con registros próximos al área de estudio (Ravelo y Seiler, 1978; Jarsum, 1993) el promedio anual de lluvias es del orden de los 780 mm y tiene un marcado régimen de distribución monzónico. Alrededor del 50% del total anual de la precipitación ocurre en los meses del verano, el 30% en el otoño, el 16% en la primavera y el resto durante el invierno. El régimen térmico está caracterizado por una temperatura máxima media de 29 °C y una mínima media de 16,9 °C en enero, y de 15,3 °C y 3 °C respectivamente, en julio. Desde fines de setiembre a mediados de abril se mantienen temperaturas del aire superiores a 15 °C, que se corresponden con iguales niveles en el

suelo a 10 cm de profundidad, de modo que ese período resulta apto para la germinación y desarrollo de la vegetación. Estos límites térmicos se complementan con un régimen de heladas que en promedio ocurren entre el 25 de mayo y 12 de septiembre y tienen su mayor efecto sobre la vegetación cuando se registran fuera de ese período.

Las precipitaciones y la descarga de flujos superficiales y subterráneos en interacción con el relieve ocasionan inundaciones, principalmente durante el verano y otoño, con variaciones espaciales e interanuales en la fecha de inicio, en la profundidad y en la duración. En zonas topográficas intermedias, como la analizada aquí, la inundación es breve y somera, el suelo permanece anegado más tiempo y la napa freática fluctúa entre 10 y 60 cm de profundidad (datos no publicados) la mayor parte del año. La inundación es gradual y no tiene, en general, efectos mecánicos sobre la vegetación.

Características de la vegetación

Desde el punto de vista biogeográfico el área es parte de la estepa pampeana (Soriano, 1992) caracterizada originalmente por pastizales de poáceas (por ej. géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Poa*, *Briza*, *Setaria* y *Aristida*) y presencia más localizada de componentes leñosos; esa vegetación cubría las zonas elevadas hoy cultivadas en su mayor parte. En las zonas deprimidas persiste vegetación espontánea en estado seminatural con predominio de hidrófitas emergentes (por ej. géneros *Typha*, *Scirpus*, *Juncus* y *Eleocharis*) donde la inundación es permanente y de comunidades halófilas donde es temporal. Si bien la composición florística varía con el relieve, es un hecho generalizado en los bajos el predominio de pocas especies con algún grado de adaptación a la salinidad, de perennes de ciclo estival, con forma de vida geófito y alto porcentaje de biomasa subterránea (Menghi, 2000; Rosa *et al.*, 1999). La comunidad de *Poa* y *Distichlis* es una de las más extendidas y tiene valor forrajero por su composición y palatabilidad y por ser accesible gran parte del año (Menghi *et al.*, 1998 a,b). La nomenclatura sigue a Cabrera y Zardini (1978).

Muestreo y análisis de datos

Las mediciones se realizaron en la Reserva Natural de Fauna "Laguna La Felipa" (Ucacha, Dpto. J. Celman) en un área no pastoreada en los últimos 20 años. Entre 1995 y 1999, en el sector medio del gradiente entre la periferia de la depresión y la laguna, se analizó una comunidad de *Poa* y *Distichlis*. Se realizaron cosechas mensuales de biomasa (B) en pie y de mantillo (M) en 10 a 15 parcelas (0,25 m²) distribuidas al azar. La biomasa en pie se separó en los compartimientos verde (Bv) y seco (Bs) sin discriminar en el último las partes senescentes de las muertas y, al igual que el mantillo,

se puso en estufa a 70°C hasta peso constante. Los datos de peso seco de cada compartimento aéreo (Bv, Bs y M) se procesaron como promedios de cada fecha de corte y a partir de los mismos se calcularon los promedios correspondientes a cada estación de crecimiento primaveral-estival (setiembre-marzo), a cada período anual (1995-96; 1996-97; 1997-98; 1998-99) y al total de observaciones (1995-99). La producción entre años se comparó mediante la técnica «Two sample analysis» (Statistical Graphics Co., 1986).

Debido a la movilidad del mantillo y a que se desconoce la velocidad de senescencia y descomposición de la biomasa, se consideró que la cantidad de biomasa verde resultaba ser la variable más representativa de la producción de cada estación de crecimiento por lo que ese parámetro se utilizó para analizar tanto la relación entre la producción y las variables meteorológicas como para calcular la productividad primaria neta (PPN). Se midieron los incrementos diarios ($\cong Bv / \cong t$) de biomasa verde y, a partir de su sumatoria, los anuales (Singh *et al.*, 1975).

El análisis climático se basó en datos diarios de lluvia y de temperatura media del aire del período setiembre-marzo de cada año. Los registros de lluvias provienen de un pluviómetro instalado en un establecimiento vecino al sitio de observaciones y las temperaturas se tomaron de la estación agrometeorológica más próxima (Universidad Nacional de Río Cuarto) debido a la falta de registros locales. Los datos diarios de ambas variables se procesaron para cada ciclo como acumulaciones hasta cada fecha de muestreo de biomasa y a partir de un mes previo al momento de la primera cosecha; el cálculo de las temperaturas se basó en los grados día acumulados por encima de 10° C (Newman y Dale, 1969). Se analiza gráficamente la relación entre la variación temporal de las variables meteorológicas y producción de biomasa verde mediante técnicas de correlación-regresión (Neter y Wasserman, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies comunes en el pastizal estudiado y sus características funcionales se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1

Características funcionales de especies comunes en el pastizal de *Poa* y *Distichlis*
*Functional characteristics of common plant species at the *Poa* and *Distichlis* grassland*

Especie	Duración	Ciclo	Halofita	Bioforma
<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene *	P	V	O	G
<i>Muhlebergia asperifolia</i> (Nees et Mey.) Parodi	P	V	O	G
<i>Juncus acutus</i> L.*	P	I	F	G
<i>Poa resinulosa</i> Nees ap.Steudel*	P	O-I	F	H
<i>Poa ligularis</i> Nees.*	P	O-I	F	H
<i>Chloris halophila</i> Parodi *	P	V	O	H
<i>Salicornia ambigua</i> Mich.*	P	V	O	G
<i>Aster squamatus</i> (Spreng.) Hieron.*	P	V	O	H
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.*	P	V	O	G
<i>Distichlis laxiflora</i> Hack *	P	V	O	G
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	A	V	O	Ter
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers *	P	V	F	G
<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.*	P	V	O	H
<i>Scirpus americanus</i> Pers.*	P	I	F	G
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.*	P	V-O	O	G
<i>Hordeum stenostachys</i> Godr.	P	I-P	F	H
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.	P	V	F	H

Duración: P perenne, A anual. **Ciclo:** V verano; I invierno; O otoño; P primavera. **Halofita:** O obligada; F facultativa. **Forma de vida:** Ter terófito; G geófito; H hemicriptófito. *Consumida.

Longevity: P perennial, A annual; **Cycle:** V summer, I winter, O autumn, P spring; **Halophyte:** O obligato; F facultative. **Lyfe form:** Ter terophyte; G geophyte; H hemicriptyte. *Livestock consumption

Producción primaria

Desde 1995 a 1999 decayeron las cantidades de biomasa total (Bt) y de biomasa en pie (v + s) con diferencias significativas entre años (Tabla 2). La biomasa verde (Bv) representó siempre la menor proporción del total, tuvo los coeficientes de variación (CV) mayores y fluctuó entre años con valores alternativamente menores y mayores; la cantidad de Bv no mostró relación significativa ($p < 0.05$) con los demás compartimientos de biomasa en ninguno de los ciclos productivos, ni al considerar el total de observaciones.

TABLA 2

Variación interanual de la producción de biomasa aérea total, en pie y verde*Interannual variation of the total aboveground biomass, standing crop and green biomass*

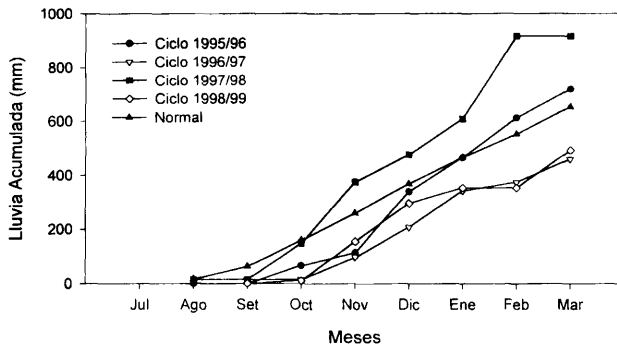
Período	1995/96 (a) n=10	1996/97 (b) n=10	1997/98 (c) n=15	1998/99 (d) n=15	1995/99 n= 50
B t	8640± 2210 ^{cd} CV 25 %	8380 ± 1957 ^d CV 32,95 %	6460 ± 1369 ^{ad} CV 21,63 %	4887 ± 1716 ^{abc} CV 33,09 %	7020 ± 2356 CV 33%
B v+s	4830± 1379 ^{cd} CV 28,56 %	4605 ± 1073 ^{cd} CV 23,28 %	3660 ± 1090 ^{abd} CV 29,83 %	3662,7 ± 1200 ^{abc} CV 32,82 %	3863,9± 554 CV 42%
B v	824,9 ± 478 ^d CV 58 %	1463 ± 620 ^c CV 42,59 %	799,5 ± 379 ^{hd} CV 47 %	1048,2 ± 676 ^c CV 64,53 %	941,2 ± 533 CV 57%

Número de parcelas (n). Se presentan el promedio (kg/ha), desviación típica y coeficiente de variación (CV) de biomasa total (Bt), en pie (v+s) y verde (Bv). Se indican los valores con diferencias significativas ($p < 0,05$) entre años (a,b,c,d).

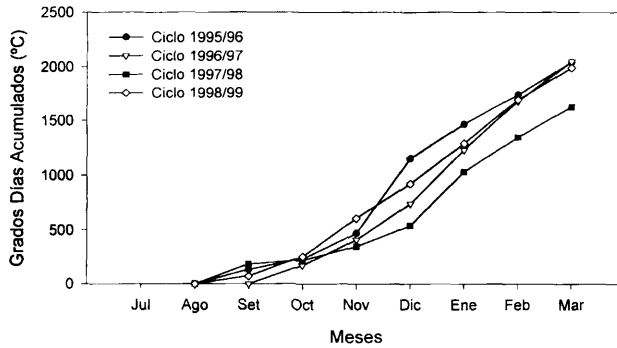
Number of plots (n). The average (kg/ha), standard deviation and variation coefficient (CV) of total biomass Bt, standing crop (Bv + s) and green biomass (Bv) are presented. The values with significant differences ($p < 0.05$) between years(a,b,c,d) are indicated.

La variación mensual en la producción de Bt de la comunidad mostró una tendencia particular cada año dentro del patrón general ya observado en el área (Menghi *et al.*, 1998a). Este último se caracteriza por fluctuaciones estacionales con valores y pendientes máximos en la primavera y otros de menor magnitud en distintos meses del verano; luego, la cantidad de Bt tiende a estabilizarse o a decrecer a partir del otoño. Aunque se detectó producción de Bv verde en gran parte del año, el balance para la comunidad resultó positivo sólo durante el período primaveral-estival; tanto la menor cobertura de especies invernales como la mayor movilidad del mantillo en el ambiente más seco y ventoso durante el mismo, explicarían ese resultado.

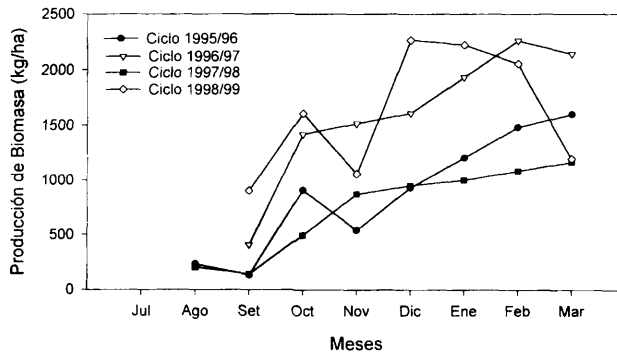
La producción primaveral-estival de la Bv (Figura 1c) sostuvo incrementos por períodos variables entre 206 y 214 días con valores máximos de PPNBv (9,8 a 35,2 kg/ha/día) entre los meses de setiembre y octubre. Los promedios estacionales de PPN correspondientes oscilaron entre un mínimo de 7,7 kg/ha/día (1997/98) y un máximo de 25,7 kg/ha/día (1998/99) (Tabla 3).



1A



1B



1C

FIGURA 1

Variación de precipitación (a), grados días de temperatura acumulados (b) producción de biomasa verde (c) durante el ciclo de crecimiento primaveral-estival
Variation of rainfall (a), accumulated temperature degrees (b), and green biomass production (c) during the spring-summer growing season

TABLA 3
Variación interanual de la producción estacional de biomasa verde (Bv)
Interannual variation of the seasonal production of green biomass (Bv)

Período	1995/96 (a) n=10	1996/97 (b) n=10	1997/98 (c) n=15	1998/99 (d) n=15
Bv	879,9 ± 545,3 ^d CV 61,07 %	1612,3 ± 620 ^c CV 38,55 %	611,4 ± 384 ^{bd} CV 62,79 %	1546 ± 656 ^{ac} CV 42,46 %
Días analizados	208	206	211	214
Días con incrementos	153	167	184	81
PPN Bv (kg/ha/día)	13,1 ± 12,5	11 ± 11	7,7 ± 5,8	25,7 ± 17,9
PPN Bv (kg/ha/año)	1552,8	1862,7	1510,8	2102,9

Número de parcelas (n). Se presentan el promedio (kg/ha), desviación típica, coeficiente de variación de la biomasa verde (Bv) y los valores de producción primaria neta (PPN) diaria y anual. Se indican los valores con diferencias significativas ($p < 0.05$) entre años (a,b,c,d).

Number of plots (n). The average (kg/ha), standard deviation and variation coefficient (CV) of green biomass (Bv) and the daily and annual net primary productivity (PPN) are shown. The values with significant differences ($p < 0.05$) among years (a,b,c,d) are indicated.

El promedio de biomasa total (7020 kg/ha) (Tabla 2) con el 80 al 90% de biomasa seca y muerta encontrados en esta comunidad se ubican dentro de rangos mencionados para otros pastizales no pastoreados por períodos prolongados (Menghi,1981; Bakker,1985; Risser,1995; Pucheta et al.,1998). La producción anual de biomasa verde (PPNBv) entre 1510 y 2100 kg/ha/año (Tabla 3), en cambio, resultó inferior en un 40% a la estimada para climas subhúmedos por distintos modelos globales basados en la variabilidad de la producción y de la precipitación en gradientes regionales (Lieth, 1980; Milchunas *et al.*, 1988; Milchunas y Lauenroth, 1993; Gallopín y Gómez, 1995). Parte de ese resultado podría deberse al estrés ambiental y parte a que la variabilidad interanual de la precipitación puede explicar menos de la producción de un mismo sitio debido a la mayor influencia local de otros factores bióticos y abióticos (Oesterheld *et al.*, 2001).

Variabilidad climática y su relación con la producción primaria

La precipitación anual registrada (entre 745 y 876 mm) se aproximó o superó al promedio de la región durante todo el período del estudio, con variaciones entre años en el momento de comienzo de las lluvias y en la regularidad. La cantidad acumulada durante la estación primaveral-estival, en cambio, fluctuó entre ciclos de crecimiento con ocurrencias por encima y por debajo de la normal (500 mm) para ese período.

Los ciclos 1995/96 y 1997/98 se caracterizaron por disponibilidad de lluvias a partir del mes de setiembre y por aportes regulares durante todo la estación de crecimiento, con una acumulación al final del ciclo superior a la normal. Un déficit entre septiembre y noviembre de 1995 determinó que la acumulación (776 mm) a fines de marzo del ciclo

1995/96, fuese menor que la registrada en el mismo mes al final del ciclo 1997/98 (923 mm), pero en ambos casos hubo excedentes que habrían contribuido a la inundación de los bajos. Por otra parte, los ciclos 1996/97 y 1998/99 tuvieron en común un retraso en el inicio de las lluvias hasta el mes de octubre y una ocurrencia deficitaria de las mismas en enero y febrero definiendo una marcada sequía. La acumulación total a fines de marzo llegó a 459 mm en 1996/97 y a 492 mm en 1998/99 (Figura 1a).

La variabilidad interanual del régimen térmico (Figura 1b) no denotó situaciones de tanta amplitud como en el caso de las lluvias. En general la acumulación de grados día fue de constante aumento durante todos los ciclos y alcanzó valores semejantes en marzo; el intervalo setiembre-diciembre del ciclo 1997/98 fue particularmente lluvioso y fresco y determinó la acumulación menor de grados registrada ese año.

El conjunto de resultados indica un comienzo de incremento de biomasa verde a partir de setiembre correspondiente con incrementos en los grados acumulados (Figuras 1b y 1c) previo al inicio de lluvias en los cuatro ciclos; luego, se presentan fluctuaciones estacionales en la producción que, al igual que las interanuales ya analizadas (Tablas 2 y 3), se corresponden negativamente con la precipitación (Figuras 1a y c). Esa tendencia es opuesta y el nivel de predicción de la precipitación ($r^2 = 49\%$) (Tabla 4) menor a lo encontrado al analizar gradientes espaciales regionales (Sala *et al.*, 1988). Hay evidencias para otros ambientes de análisis temporales de la variabilidad en la producción de un mismo sitio que indican que la variabilidad local en factores edáficos, en el uso, y en su interacción con el clima, tendrían mayor influencia sobre la producción que la precipitación por sí sola (Powell *et al.*, 1986; Lauenroth y Sala, 1992; Briggs y Knapp, 1995; Oesterheld *et al.*, 2001).

TABLA 4
Modelo de regresión de las variables predictoras
Regression model of predictive variables

Modelo de regresión		R ²	ECM	F	Prob.
Y= 69,16 - 0,10 * Prec_acum + 0,09 * GDD_acum		0,493	2334,4	13,11	0,0001
Variables	Coefficientes	Error standard	T- student	Probabilidad	
Prec_acum	- 0,10	0,055	-1,83	0,0789	
GDD_acum	0,09	0,021	4,34	0,0002	

Prec_acum: precipitación acumulada; GDD_acum: grados día acumulados; R²: coeficiente de determinación; ECM: error cuadrático medio; F: estadístico

Prec-acum: accumulated precipitation; GDD-acum: accumulated temperature degrees; R² determination coefficient; ECM: mean quadratic error; F: statistic

Parte de la variabilidad de la producción del pastizal analizado no explicada en forma directa por la precipitación, podría tener relación con variaciones interanuales en la profundidad de la napa freática y en el nivel y duración de la inundación, los cuales afectarían a la actividad biótica. Durante los ciclos más lluviosos, la inundación ocasionaría anoxia en el suelo y disminución de la luz durante la inmersión del follaje en detrimento de la producción. Al mismo tiempo, en esas condiciones serían favorecidos la descomposición de la biomasa, la liberación de nutrientes, de espacio y de luz del ciclo en cuestión, que serían aprovechados durante la producción del siguiente.

CONCLUSIONES

Dentro de los límites temporales del estudio se observó mayor variabilidad en las lluvias que en la temperatura. La lluvia varió en la cantidad acumulada en la estación de crecimiento, en la oportunidad y en la regularidad de ocurrencia. El inicio de la producción primaveral-estival de biomasa verde se produjo independientemente del comienzo de las lluvias y estuvo condicionado en mayor medida por la temperatura. La variación de la producción durante el ciclo y sus promedios estacional y anual, en cambio, mostraron fluctuaciones correspondientes de forma inversa con las de la precipitación acumulada, indicando una contribución negativa de la misma a la producción del pastizal; esa variable y los grados días en conjunto explicaron el 49% de su variabilidad. En relación con esa dinámica fluctuante, el pastizal produjo en promedio 7000 kg/ha de biomasa, con tasas de incremento diario variables entre 7,7 y 25,5 kg/ha durante aproximadamente 200 días del ciclo primaveral-estival, en años más lluviosos y secos respectivamente.

De acuerdo con estudios previos en el área, estos resultados indican que la estructura y dinámica de este pastizal dependen de una interacción compleja de factores entre los cuales la precipitación en forma directa explica una parte menor de su variabilidad. Al mismo tiempo, en relación con la variabilidad climática de la región queda resaltado el valor productivo del pastizal natural para sostener la actividad ganadera en particular durante períodos más secos, climáticamente adversos para los subsistemas cultivados del mismo ecosistema regional.

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno de Córdoba el acceso a la Reserva Natural de Fauna «Laguna La Felipa»; al Ing. Rogelio Fantino los datos de lluvias facilitados y, en particular, a la Sra.

María Wisniewski y al Sr. Alfredo Molina su gentileza y colaboración. El Sr. Mauricio Gateau colaboró en actividades de campo y gabinete. El estudio se realizó con fondos SECyT-UNRC (Sub. N^o. 300/95 y 96,97,98), CONICET (PEI/97); SECYT-UNC (Res.1568/00).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKKER, J.P., 1985. The impact of grazing on plant communities, plant populations and soil conditions on salt marshes. *Vegetatio*, **62**, 391-398.
- BRIGGS, J.M., KNAPP, A., 1995. Interannual variability in primary production in tallgrass prairie: climate, soil moisture, topographic position, and fire as determinants of aboveground biomass. *American Journal of Botany*, **82**(8), 1024-1030.
- CABRERA, A. L., ZARDINI, E.M., 1978. *Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires*. ACME S.A.C.I., 755 pp. Buenos Aires (Argentina).
- HARE, F. K., 1985. Climate variability and change. En: *Climate impact assessment: studies of the interaction of climate and society*, 37-68. Wiley Press. Chichester (England).
- HERRERA, M., BUSTAMANTE, A., MENGHI, M., PROSPERI, C., 2000. Retención de nutrientes y recarga de acuífero en un humedal pampeano (SE Córdoba). *Actas Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, **1**, 156-164.
- GALLOPIN, G., GOMEZ, I., 1995. Oferta ecológica en la América Latina: Productividad y producción de los grandes ecosistemas terrestres. En: *El futuro ecológico de un continente. Una visión prospectiva de la América Latina*, 445-496. UNU Press/ Fondo de Cultura Económica (México).
- JARSUN, B. (Coord.), 1993. *Carta de Suelos de la República Argentina. Plan Mapa de Suelos. Hoja 3363-20 Ucacha*. INTA-Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales, 72pp. Córdoba (Argentina).
- LAUENROTH, W.K., SALA, O.E., 1992. Long-term forage production of North American shortgrass steppe. *Ecological Applications*, **4**, 741-749.
- LIETH, H., 1985. Productividad primaria en los ecosistemas: Análisis comparado de modelos globales. En: *Conceptos unificadores de la Ecología*, 85-110. Blume. Barcelona (España).
- MENGHI, M., 1981. Productividad primaria neta aérea de algunas comunidades de pastizales de altura de las Sierras de Córdoba, Argentina. *Bol. Soc. Venez. Cs. Naturales*, **35**(139), 413-418.
- MENGHI, M., 2000. *Reserva Natural de Fauna «Laguna La Felipa. Un encuentro con el paisaje autóctono, sus ecosistemas y comunidades vegetales»*. UNRC, 80 pp. Rio Cuarto (Argentina).
- MENGHI, M., HERRERA, M., 1998. Modelo de estados y transiciones para pastizales del valle de inundación del río Dulce (Depresión de Mar Chiquita, Córdoba, Argentina). *Ecotrópicos*, **11**(2), 131-140.
- MENGHI, M.; MONTANI, N., MÓNACO, N.; ROSA, M., HERRERA, M., 1998a. Diversidad y producción primaria en un pastizal inundable no pastoreado en la estepa pampeana (Argentina central). *Pastos*, **28**(1), 51-67.
- MENGHI, M.; N. MONTANI; N. MONACO; M. HERRERA, CUFRE, G., 1998b. Diversity, primary productivity and forage quality of a flooding grassland. En: *Studies in Plant Ecology* **20**, 119-119. Eds. E. SJOGREN, E. VAN DER MAAREL, G. POKARZHEVSKAYA. Opluluss Press. Uppsala (Suecia).
- MILCHUNAS, D.G.; SALA, O., LAUENROTH, W.K., 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, **132**(1), 87-106.
- MILCHUNAS, D.G., LAUENROTH, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, **63**(4), 327-365.
- NETER, J.; WASSERMAN, W., 1974. *Applied linear statistical models*. Homewood, 842 pp. Ed. IL: Richard D. Irwin, Inc. London (Inglaterra).
- NEWMAN, J. E., DALE, R.F., 1969. Growing Degree Days. Their Use in Forecasting Crop Growth and Maturity. *Weekly Weather and Crop Bulletin*, **56**(32), 12-13.
- OESTERHELD, M., LORETI, J., SEMMARTIN, M., SALA, O., 2001. Inter-annual variation in primary production of a semi-arid grassland related to previous-year production. *Journal of Vegetation Science*, **12**(1), 137-142.
- PASCALÉ, A. J., DAMARIO, E.A., 1988. Características agroclimáticas de la región pampeana. *Revista Facultad de Agronomía*, **9**(12), 41-64.

- POWELL, J., STADLER, S.J., CLAYPOOL, P.L., 1986. Weather factors affecting 22 years of tallgrass prairies hay production and quality. *Journal of Range Management*, **39(4)**, 354-361.
- PUCHETA, E., CABIDO, M., DIAZ, S., FUNES, G., 1998. Floristic composition, biomass, and aboveground net plant production in grazed and protected sites in a mountain grassland of central Argentina. *Acta Oecologica*, **19(2)**, 97-105.
- RAVELO, A.C., SEILER, R.A., 1978. Agroclima de la provincia de Córdoba: Expectativa de precipitación en el curso del año. *Revista de Investigación Agropecuaria*, **14(3)**, 15-36.
- RISSE, P., 1995. Indicators of grassland sustainability: A first approximation. En: *Defining and measuring sustainability*, 209-319. Ed. UNU Press. New York (EUA).
- ROSA, M.J., MONACO, N., MONTANI, N., MENGHI, M., 1999. Biomasa y distribución de raíces en un pastizal de *D. spicata* en relación a dos historias de uso. *Actas Reunión Argentina de Ecología*, **1**, 75-75.
- SALA, O.E.; PARTON, W.J.; JOYCE, L.A.; LAUENROTH, W.K., 1988. Primary production of the central grassland region of the United States. *Ecology*, **69(1)**, 40-45.
- SINGH, J. S.; LAUENROTH, W.K.; STEINHORST, R.K., 1975. Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. *Botanical Review*, **41**, 181-232.
- SORIANO, O., 1992. Río de La Plata grasslands. En: *Ecosystems of the world. Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere*, 367-407. Elsevier. New York (EUA).
- STATISTICAL GRAPHICS Co., 1986. *Statgraphics User's Guide*. Maryland (EUA).

ANNUAL AND INTERANNUAL PRODUCTION VARIATION OF A FLOODING GRASSLAND IN THE CENTRAL ARGENTINA PAMPAS STEPPE. RELATIONSHIP WITH PRECIPITATION AND TEMPERATURE

SUMMARY

From 1995 to 1999 the aerial biomass of an ungrazed *Distichlis* and *Poa* grassland was monthly harvested within 10 to 15 quadrats (0.25 m²). The monthly, annual and interannual variation in biomass production, as well as the biomass-climate relationship were analyzed. The last analysis was based on the spring-summer green biomass production, on the precipitation and temperature degrees over 10 °C accumulated up to each biomass harvest time. An average of 941.2 kg/ha of green biomass, 3863.9 kg/ha of standing biomass, 1318.8 kg/ha of biomass in the litter and 7020 kg/ha of total aerial biomass were recorded for the whole studied period (1995-1999), with maximum values in spring and summer. The green biomass growth started as temperature raised and was independent of the the beginning of rains; and lasted from 206 to 214 days of the growing season, showing an interannual variation in the standing biomass (from 611.4

to 1612.3 kg/ha) and in both the daily (from 7.7 to 25.7 kg/ha/day) and annual (from 1510 to 2100 kg/ha/year) net primary productivity values. The lower values were obtained during the more rainy cycles (95/96 and 97/98). The meteorological variables explained the 49 % (r^2 ; $p < 0.0002$) of variability of the green biomass recorded.

Key words: Primary production, temporal variation, regulating factors, climate.