

Variabilidad climática en la Región Semiárida Central Argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal

Climatic variability in the Argentine Central Semiarid Region. Technological adaptation in extensive systems of animal production

Stritzler^{1,2}, N.P., Petruzzi¹, H.J., Frasinelli³, C.A., Veneciano³, J.H., Ferri², C.M. y Viglizzo^{1,4}, E.F.

Centro Regional La Pampa – San Luis, INTA, Santa Rosa, La Pampa
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa
Estación Experimental Agropecuaria San Luis, INTA, Villa Mercedes, San Luis
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Santa Rosa, La Pampa

Resumen

Los factores climáticos, especialmente las lluvias, son determinantes de los resultados productivos en la región semiárida central del país. El escenario climático está variando en el mundo, y en esta región ya han sido detectados cambios importantes, incluyendo mayor variabilidad en las precipitaciones, disminución de la temperatura máxima y aumento de la mínima, reducción en el período de heladas, número de heladas y temperatura de las mismas. La situación de inestabilidad inter-anual puede acentuarse en el futuro cercano, por lo que los agroecosistemas deben basar su proceso productivo en la estabilidad y la flexibilidad, de tal manera que puedan absorber la variabilidad climática. Una alternativa es la implantación de gramíneas perennes estivales, que son más eficientes en la captación de CO₂ en verano y tienen mayor resistencia a la pérdida de agua. Estas especies, que poseen el paso fotosintético C₄ son, en zonas semiáridas, más exitosas que las C₃, y prosperan en ambientes cálidos secos, con sequías frecuentes y severas. Varios sistemas de cría y recría, basados exclusivamente en gramíneas C₄ son muy exitosos en la región. A pesar de esto, aún falta información que permita atenuar el efecto de la variabilidad climática, como la respuesta a la fertilización, incorporación de leguminosas, implantación de las pasturas y cosecha de semilla. También es importante incrementar el trabajo en biotecnología, especialmente en la incorporación de resistencia a sequía de especies como alfalfa, y mejora en la implementación de herramientas como la suplementación. Finalmente, la asistencia del Estado a los productores debería focalizarse en la estabilización de la producción, promoviendo la siembra y el buen manejo de pasturas basadas en gramíneas estivales perennes.

Palabras clave: cambio climático, sistemas de producción.

1. Centro Regional La Pampa - San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Av. Spinetto 785, L-6300. Santa Rosa, La Pampa.

2. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 Km. 335, L-6300. Santa Rosa, La Pampa.

3. Estación Experimental Agropecuaria San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), C.C. 17, D-5730. Villa Mercedes, San Luis.

4. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Spinetto 785, L-6300. Santa Rosa, La Pampa.

Summary

Climatic factors, especially rainfalls, are determinant of productive results in the semiarid region of Central Argentina. The climatic scenario is changing all over the world, and in this region, important changes, including higher variability of rainfalls, lower maximum and higher minimum temperatures, reduction of frost period, number and temperature of the frosts have been already detected. The situation of inter-annual instability might be worse in the near future; therefore, the agroecosystems should center their productive processes into stability and flexibility, in a way that they can absorb climatic variability. One alternative is the use of warm-season grasses, as they use CO₂ more efficiently and are more resistant to water loss. These species, that use the C₄ photosynthetic pathway are, in semiarid zones, more successful than the C₃ species, and thrive in dry-warm climates with frequent and severe droughts. Several cow-calf systems, based exclusively on C₄ grasses are very successful in the region. However, information to help reducing the effect of climatic variability in this region is still lacking, as response to fertilisation, incorporation of legumes, pasture implantation and seed harvest. It is also important to increase the research in biotechnology, especially to incorporate drought resistance to alfalfa, and a better use of supplementation. Finally, the State driven assistance to farmers should focus in the stabilization of production, promoting the sowing and good management of pastures based on warm-season grasses.

Key words: climatic change, production systems

Algunos aspectos del escenario climático

En los agroecosistemas de secano, la dependencia de los resultados productivos respecto de los factores climáticos es muy alta y, en el caso de ambientes semiáridos, adquiere especial relevancia la relación con las precipitaciones pluviales (Veneciano y Federigi, 2005). Algunos autores, sin embargo, afirman que los cambios en temperatura podrían tener mayor relevancia que los producidos en las precipitaciones, fundamentalmente en las regiones secas (Salinger et al., 2000), y que para estas regiones, la precisión de la predicción de cambios es menor para precipitaciones pluviales que para temperaturas. En la región semiárida central de nuestro país se han iniciado estudios prospectivos considerando cambios en ambas variables (Veneciano y Lartigue, 1999). Sumado a esto, también el aumento en la concentración atmosférica de CO₂ y otros gases, que en conjunto son responsables del denominado "efecto invernadero", podría afectar los ecosistemas regionales (Veneciano y Lartigue, 1999). La concentración de CO₂ en nuestra atmósfera se ha

incrementado en 30% durante los últimos 200 años (Owensby et al., 1996).

En un trabajo reciente, Magrin et al. (2005) estudiaron los cambios en variables climáticas para distintos sitios de Argentina durante los últimos 70 años. Entre los sitios analizados se encuentra la localidad de Santa Rosa (La Pampa). Los resultados muestran un incremento significativo de las precipitaciones anuales, concentrándose estos incrementos en diciembre y enero. Simultáneamente, disminuyó la temperatura máxima en los meses de verano y aumentó la mínima en invierno (Magrin et al., 2005). Giménez et al. (2006) demostraron además, a través de regresiones, que para la misma localidad, el período con heladas disminuyó en 68 días, el número de heladas también disminuyó (de 79 a 52), y la temperatura de las mismas es más alta.

Todos estos cambios justifican la realización de estudios prospectivos de mediano y largo plazo, conducentes a determinar el efecto sobre los agroecosistemas de la región y prever las alternativas para atenuarlo.

En el largo plazo, los cambios de fase en el ciclo pluviométrico, sumados a factores antrópicos que los potencian (sobrepastoreo, sobrecultivo, labranza agresiva), pueden desestabilizar el agro-ecosistema regional. Los grandes colapsos acontecidos en la Región (voladuras e inundaciones) pueden ser asociados a una interacción negativa entre la acción humana y a un defecto o exceso, respectivamente, en las lluvias anuales (Viglizzo y Frank, 2006).

Las regiones semiáridas son ambientes de transición entre las húmedas y áridas. En términos generales, tienen un fuerte y continuo gradiente de precipitaciones, al transitar desde su extremo lindante con el ambiente árido hasta el extremo fronterizo con el húmedo. Los promedios de precipitaciones son intermedios entre las regiones áridas y húmedas. Sin embargo, dichos promedios suelen ser una pobre expresión de la realidad, compuesta, de manera no previsible, por años húmedos y años secos (Veneciano y Federigi, 2005). Esta acentuada variabilidad inter-anual parece aumentar en los últimos años. La información del Cuadro 1, elaborada a partir de las observaciones de Casagrande et al. (2006), muestra los promedios de las precipitaciones en los últimos 40 años, agrupados en períodos de 8 y de 20

años consecutivos. Los promedios muestran aumentos importantes a partir de la década de 1980. Esta información corresponde a Anguil, en la provincia de La Pampa, pero las tendencias pueden extrapolarse con aceptable confiabilidad a toda la región semiárida central del país (Roberto et al., 1994; Veneciano y Lartigue, 1999; Veneciano et al., 2000). Simultáneamente, en el Cuadro 1 pueden verse aumentos en los desvíos y en los coeficientes de variación, coincidente con el crecimiento en el nivel de precipitaciones. De acuerdo con Hall et al. (1992), estos aumentos en el coeficiente de variación producen un cambio desde un régimen de lluvias relativamente estable a uno inestable. El Cuadro 1 demuestra, por lo tanto, que la región ha tenido un incremento simultáneo de las precipitaciones y la variabilidad, alternando años más lluviosos con años más secos. En un trabajo realizado hace ya algunos años, Roberto et al. (1994) mostraron que el desplazamiento de las isohietas de 600 y 700 mm hacia el Oeste, sobre el paralelo 36° era de 140 – 150 km. Esta distancia disminuye para las isohietas de menor precipitación (Cuadro 2), aumentando como consecuencia el gradiente de lluvias dentro de la región.

Cuadro 1: Precipitación anual (en mm), desvío estándar (en mm) y coeficiente de variación (en %) de los últimos 40 años, divididos en períodos de 8 y 20 años (Anguil, La Pampa).

Table 1: Annual precipitation (in mm), standard deviation (in mm) and coefficient of variation (in %) of the last 40 years, divided into periods of 8 and 20 years (Anguil, La Pampa)

Período	Años	Promedio Precipitaciones	Desvío Estándar	Coeficiente de Variación
8 Años	1974-1981	673,4	88,5	13,15
	1982-1989	775,9	141,2	18,20
	1990-1997	813,0	238,9	29,38
	1998-2005	792,0	221,4	27,95
20 Años	1966-1985	702,2	117,2	16,70
	1986-2005	807,6	212,2	26,27

Cuadro 2: Desplazamiento geográfico hacia el Oeste (en km) de las isohietas anuales y estacionales (en mm) del período 1956 – 1990, respecto del período inmediato anterior (1921 – 1955), sobre el paralelo 36°.

Table 2: Geographic displacement to the West (in km) of annual and season isohyets (in mm) of the period 1956 - 1990, in relation to the period 1921 - 1956, on the parallel 36°

Períodos	Isohietas	Desplazamiento hacia el Oeste	
Anuales	700	140	
	600	150	
	500	125	
	400	70	
	300	30	
Estacionales	EFM	200	125
		150	115
		100	50
	OND	200	90
		150	50
		100	66
	AMJ	100	33
		75	50
	JAS	75	115
		50	100

También puede verse en el Cuadro 2 que los mayores desplazamientos se verificaron en verano e invierno. Son características de las regiones semiáridas, además, las variaciones inter e intra-estacionales. Las primeras indican la presencia marcada de estaciones lluviosas, seguidas por estaciones secas. Para la región semiárida central de nuestro país, las precipitaciones de primavera – verano representan el 75 – 90% del total. Las variaciones intra-estacionales muestran, por otro lado, la baja estabilidad de este régimen, con sequías de primavera y/o verano que se presentan con frecuencia y baja previsibilidad. Considerando más de 100 años de observaciones en Villa Mercedes,

San Luis, Veneciano (2005) y Veneciano y Federigi (2005) determinaron coeficientes de variación del 41,8% para primavera y del 34,3% para verano.

La gran variabilidad inter-anual, inter e intra-estacional, típicas de las regiones semiáridas es propia del escenario actual, y se puede acentuar en el mediano plazo (Veneciano y Lartigue, 1999).

Para esta situación, por lo tanto, las herramientas de adaptación de los agroecosistemas deben centrarse en la obtención de una producción estable. Esto implica la necesidad de formular sistemas flexibles, con capacidad de ajuste, que absorban y amortigüen la variabilidad climática.

Cambios en las comunidades vegetales

La alta rentabilidad de los cultivos de cosecha, acompañada por un aumento en el nivel de precipitaciones en los últimos años, hicieron que se incrementara la presión sobre la frontera Este de la región semiárida, incorporando una enorme superficie a rotaciones agrícolas. Los cultivos más importantes son girasol, soja y maní. El inevitable desplazamiento de ganado generó un aumento significativo de las cargas hacia el oeste, en áreas ganaderas dominadas por pastizales naturales (Viglizzo et al., 2001, 2003).

Estamos, hoy, muy lejos de la situación original. El 27 de marzo de 1806 Luis de la Cruz, Alcalde de Concepción, hoy territorio de la República de Chile, inició, comisionado por el Rey de España, su célebre "Viaje a Las Pampas", con el propósito de unir las ciudades del Sur de Chile (Osorno, Valdivia) con Buenos Aires. De acuerdo con la cita de Fernández (2001), de la Cruz describe al Caldenal en los siguientes términos: "Los árboles son todos muy grandes, pueden tener tanto grueso como el vuelo de una gran rueda de carreta (...) Todo el camino fuera carretero si algunos árboles no ofuscaran la ruta, pero para cargas es muy franco (...)"

La fisonomía actual es la de un bosque relativamente impenetrable por el excesivo desarrollo del estrato arbustivo debido, entre otras causas, al sobrepastoreo, la tala indiscriminada y los incendios (Fernández, 2001), más del 75% de éstos causados por el hombre (D'Atri, 2004). La situación es, hoy, radicalmente distinta de la original. Debido a la acción antrópica, se ha provocado una gran degradación de las comunidades vegetales (Iglesias, 1993), virtual destrucción del ecosistema de los pastizales naturales de buen valor forrajero y graves procesos erosivos.

Los pastizales naturales son en esta región la base forrajera que sustenta la producción de terneros (Frank et al., 1998). Dado que la mayoría de la superficie cubierta con pastizales naturales se encuentra en manos privadas, el objetivo de mantener el área sin modificaciones resulta, si bien ideal y loable, utópico (Llorens y Frank, 1999). Por otro lado, no es razonable pretender extraer de un ecosistema un producto (terneros) que no le es propio, sin modificarlo (Llorens, 1993; 1996). Los ecosistemas que han sufrido modificaciones suficientemente intensas, como los pastizales de la región semiárida del centro del país, no regresan a su situación original (Westoby et al., 1989), ni aún suprimiendo toda intervención (Llorens, 1995; Briske et al., 2005).

El exceso de precipitaciones en un año excepcionalmente favorable conduce, curiosamente, a aumentar el empajamiento de los campos naturales. Llorens y Frank (1999) encontraron que las lluvias estimulaban la cobertura de pajas y malezas exóticas anuales (ej. "falso alcanfor") en mayor medida que la de especies forrajeras, tanto invernales como estivales.

El exceso de lluvias lleva, por lo tanto, a una acumulación de biomasa no forrajera ("pajas"), pero también a un aumento de carga animal, por retención de terneros. El aumento de carga conduce a un sobrepastoreo de las especies forrajeras, y la acumulación de biomasa no forrajera a incendios devastadores (Llorens y Frank, 1999).

Por otro lado, los años de bajas precipitaciones conducen al sobrepastoreo, desaparición de las especies forrajeras y aún de las "pajas", dado que los animales se ven obligados a consumirlas, vulnerando su estrategia de supervivencia, basada en una concentración alta de fibra lignificada. Esto lleva a la presencia creciente de especies con defensas de otro tipo (leñosas, con compuestos indigestos, tóxicos o de nula palatabilidad).

El rol de las especies forrajeras introducidas

Muchos productores, al disponer en el establecimiento de algunos potreros desmontados, pueden recurrir a la siembra e implantación de especies perennes de alta productividad y buena calidad forrajera. Esta estrategia permitiría, por un lado, concentrar la carga animal en esos potreros en distintos momentos del año y descansar los pastizales naturales, y por el otro, evitar procesos erosivos al interrumpir la roturación frecuente de suelos no aptos para ello. Bajo condiciones de alta variabilidad en las precipitaciones, aún las pasturas consociadas con base alfalfa pueden desaparecer. Las sequías de verano han hecho desaparecer las gramíneas templadas y han reducido la persistencia de las alfalfas en el área de Anguil (La Pampa). La alternativa de mayor viabilidad es la implantación de gramíneas perennes estivales (Stritzler y Petruzzi, 2005).

En el período estival, normalmente libre de heladas, el balance hídrico y los niveles de temperatura permiten una producción forrajera de alto nivel, sobre la base del cultivo de gramíneas perennes de crecimiento estival, también conocidas como especies de tipo Carbono 4 (C_4). Las plantas que poseen el sistema fotosintético conocido como C_4 son más eficientes en la captación de CO_2 con altas temperaturas e intensidad de luz (Sage, 2004). Adicionalmente, estas especies tienen mayor resistencia estomática a la pérdida de agua (Wentworth, 1983). Así, la fotosíntesis en plantas C_4 puede ocurrir bajo condiciones de estrés térmico e hídrico, cuando la fotosíntesis en especies C_3 estaría limitada. Al mismo tiempo, las plantas C_4 tienen temperaturas óptimas para fotosíntesis más altas (30 – 45°C) que las C_3 (15 – 30°C) (Gliessman, 1998). Un aumento en la temperatura ambiental favorecerá, por lo tanto, a las especies C_4 sobre las C_3 (Lüscher et al., 2005). Sin embargo, el efecto sobre el valor nutritivo puede ser negativo para ambas. Newman et al. (2005) demostraron que el aumento de la temperatura

ambiente disminuye la digestibilidad y aumenta la concentración de los componentes fibrosos del forraje. Por otro lado, los aumentos en la concentración de CO_2 incrementarían la fotosíntesis y la producción de materia seca, pero disminuirían la concentración de nitrógeno (Lüscher et al., 2005). En zonas semiáridas, de todas maneras, las gramíneas estivales (C_4) son siempre más exitosas que las C_3 . Por todas estas razones, las gramíneas estivales prosperan y producen más en ambientes cálidos, secos y a menudo en suelos pobres, con sequías frecuentes y severas.

La primera de estas especies introducida con éxito en la región fue el pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees). Esta especie, de elevada productividad y perennidad, tuvo un primer impacto fijando médanos y reincorporando potreros altamente erosionados al proceso productivo (Covas, 1974). La principal desventaja de esta especie se centra en la calidad de su forraje. En contraste con sus virtudes, el problema más importante que presenta el pasto llorón es que la calidad del forraje decae notablemente a lo largo del ciclo de crecimiento. Sólo el primer rebrote primaveral puede ser considerado como de muy buena calidad. A partir de allí, ésta decrece constantemente y deja de ser un forraje apto para ser utilizado por categorías con requerimientos relativamente altos, ni para ser utilizado como diferido hacia el invierno. Numerosos trabajos han demostrado la baja calidad del forraje de pasto llorón (Marchi et al., 1973; Vera et al., 1973; Castro y Gallardo, 1984), siendo superado por otras gramíneas de crecimiento estival (Stritzler y Petruzzi, 2000).

Bajo condiciones de diferimiento, el pastoreo de pasto llorón con vacas de cría resulta en fuertes pérdidas de peso, que hacen necesaria la suplementación sistemática de los animales durante el período invernal, con lo que aumentan los costos de producción y las necesidades de mano de obra.

En las últimas tres décadas se ha introducido y evaluado una gran cantidad de gramíneas perennes estivales, algunas de las cuales han mostrado excelentes características forrajeras. En el Cuadro 3 pueden verse los valores de digestibilidad y proteína del forraje de algunas de las especies más importantes, en las distintas estaciones del año.

calidad nutritiva del forraje del pasto llorón decae, la de las otras especies sigue siendo alta. La producción de materia seca de estas especies oscila, dependiendo del año y el lugar, entre 3000 y 11000 kg.ha⁻¹ (Rabotnikof et al., 1986a,b; Frasinelli et al., 1992; Stritzler et al., 1994, 1995; Ferri et al., 1996; Jouve et al., 1996; Petruzzi et al., 1996; 1997; Stritzler y Petruzzi, 2000).

Cuadro 3: Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS; en %) y contenido de proteína bruta (PB; en %) de las gramíneas perennes estivales más importantes para la Región Semiárida Central.

Table 3: Dry matter digestibility in Vitro (DMDIV, in %) and crude protein content (CP, in %) of the most important warm-season grasses in the Central Semiarid Region

Especies	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	DIVMS	PB	DIVMS	PB	DIVMS	PB	DIVMS	PB
<i>Eragrostis curvula</i> (Pasto llorón)	60,8	9,7	53,8	6,4	45,6	5,3	34,8	3,4
<i>Eragrostis superba</i>	69	10,6	65,3	6,4	66,4	7,4	49,7	4,6
<i>Panicum virgatum</i>	68,3	11,2	64	8,5	62,1	9,8	36,5	2,6
<i>Tripsacum dactyloides</i>	64,9	12	57,9	9,7	52,4	8,8	38,9	3,7
<i>Digitaria eriantha</i>	69,1	11,3	66,1	10,2	64,9	9,9	52,7	4,8
<i>Panicum coloratum</i>	67,1	14,3	65,7	9,4	60,3	8,2	50,2	4,5
<i>Tetrachne dregei</i>	65,2	10,7	62,1	7,8	56,1	6,9	54,4	5,3

El comienzo del rebrote primaveral de las gramíneas perennes de crecimiento estival se produce con el aumento de la temperatura ambiente a la salida del invierno, y en octubre ya todas las especies se encuentran en fase de activo crecimiento. En esta etapa, que se prolonga hasta mediados – fines de diciembre, el forraje producido por todas ellas, incluyendo al pasto llorón, es de buen valor nutritivo. Todas tienen contenidos altos de proteína bruta y porcentajes de digestibilidad de entre 65 y 70%. A partir de diciembre, mientras que la

Con el comienzo del otoño, la producción de forraje comienza a disminuir, y paulatinamente cae también su calidad. Las primeras heladas detienen completamente el crecimiento y las heladas intensas de mayo-junio secan el forraje casi por completo, con las excepciones de *Panicum coloratum*, que siempre mantiene algunos brotes verdes dentro de cada mata y, fundamentalmente, *Tetrachne dregei*, cuyo forraje se mantiene al menos en un 50% verde aún en pleno invierno.

La producción de biomasa aérea de las gramíneas perennes estivales es, en términos generales, alta pero dependiente de las precipitaciones. La especie de más alto potencial productivo es *Panicum virgatum*. También tienen altos niveles productivos *Bothriochloa bladhii*, *Digitaria eriantha* y *P. coloratum*, generalmente sin diferencias con la producción del pasto llorón cuando fueron sometidos a ensayos comparativos (Rabotnikof et al., 1986b; Stritzler et al., 1996; Frasinelli et al., 1997; Rabotnikof y Stritzler, 2006; Stritzler y Rabotnikof, 2006; Veneciano, 2006).

El pastoreo de pasto llorón como diferido en el invierno, como ya fue dicho, es una práctica que produce importantes pérdidas de peso si no se corrigen las deficiencias nutricionales del forraje mediante suplementación energética y proteica. Las gramíneas perennes de crecimiento estival con mayor valor nutritivo invernal podrían solucionar este problema, dado que no requerirían suplementación para lograr niveles de

mantenimiento en rodeos de cría, y tampoco tienen costos anuales de siembra como los verdes invernales. En un trabajo realizado desde principios de julio hasta mediados de agosto, conjuntamente entre la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, se analizó la variación de peso de vacas de cría Aberdeen Angus de 410 kg de peso vivo promedio, pastoreando tres especies y sin suplementación. Los resultados se muestran en la Figura 1. Mientras que las vacas que consumían Pasto llorón perdieron 500 gramos por día de peso vivo, las que pastoreaban *P. coloratum* ganaron 30 gramos diarios y las vacas pastoreando *D. eriantha* ganaron 150 g/día. Esto demuestra claramente que puede prescindirse de la suplementación si se pastorea en invierno cualquiera de estas dos especies. Otras gramíneas perennes estivales también producen forraje que puede utilizarse como diferido en el invierno. Las más importantes son *B. bladhii* y *T. dregei*.

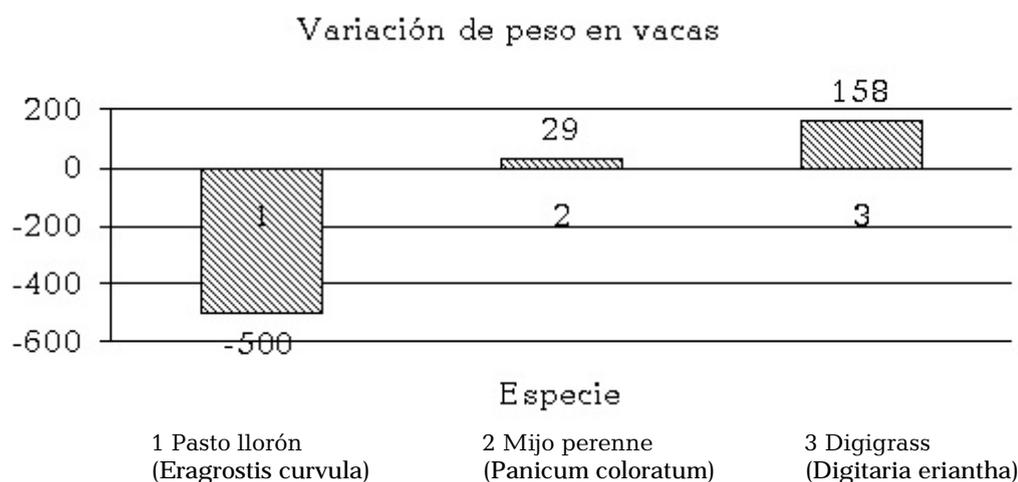


Figura 1: Variación del peso vivo en vacas Aberdeen Angus en pastoreo invernal de gramíneas perennes estivales (en gramos por vaca y por día):

Figure 1: Liveweight variation of Aberdeen Angus cows, during winter grazing of warm-season grasses (in grams per cow and day)

Basados en las determinaciones de valor nutritivo y los ensayos de corto plazo, se han desarrollado sistemas de cría basados en gramíneas estivales. Son numerosos los establecimientos que, al haber incorporado una o más de estas especies a los potreros desmontados de sus establecimientos, han implementado sistemas en los que combinan pastoreo del pastizal natural con descansos del mismo, concentrando los animales en las gramíneas estivales. También se han implementado sistemas en los que los rodeos consumen sólo gramíneas estivales perennes a lo largo de todo el año. La EEA San Luis, INTA, implementó un módulo basado en pasto llorón y *D. eriantha*, y la EEA Anguil, INTA, otro basado en pasto llorón y *P. coloratum*. En ambos, el pasto llorón es pastoreado durante 6 meses (primavera – verano) y la otra especie durante los 6 restantes (otoño – invierno). Los animales no reciben suplementación ni otro recurso forrajero. Los sistemas muestran excelentes resultados, con altos porcentajes de preñez y destete, y vacas que mantienen su peso y estado corporal al completar el año (Frasinelli et al., 2002b). Si la tendencia a inviernos con menos heladas y temperaturas menos severas se mantiene, estos sistemas pueden comportarse aún mejor, ya que podría obtenerse forraje diferido, tanto de *D. eriantha* como de *P. coloratum*, de mayor valor nutritivo. La evolución de las categorías de recría, ya sea vaquillonas de reposición, como de refugio y novillitos alimentados con la misma base forrajera de las vacas, también tiene buen comportamiento (Frasinelli et al., 2002a). Esta opción productiva permite aprovechar los años de mayores precipitaciones. Así, la carga del sistema debería ser estimada en función de los años de menores precipitaciones para los vientres en producción. En años húmedos la mayor producción de forraje se aprovecha con categorías de recría. También, la edad de destete permite manejar las reservas corporales de las vacas, de mucha importancia al ingreso del período otoño-invernal. Es posi-

ble entonces diseñar el manejo de los sistemas en función de las condiciones climáticas. En un extremo, para situaciones de sequía, se mantienen las vacas destetadas muy tempranamente. En otro extremo, si la situación económica lo permite, se desteta en forma convencional y se recría y engorda (en forma pastoril o feed-lot) toda la producción.

Como alternativa para años particularmente lluviosos es posible también la confección de reservas forrajeras de *D. eriantha* o *P. coloratum*. Las experiencias realizadas muestran perspectivas muy interesantes, ya que, si se corta el forraje antes de floración, se obtienen henos de alta calidad. Los rollos son de sencilla confección, dado que el proceso de acondicionamiento se realiza rápidamente, dando rollos pesados y compactos. Adicionalmente, la pastura queda en muy buenas condiciones para el rebrote (Stritzler y Petruzzi, 2003).

Algunas consideraciones finales

Como queda demostrado, se cuenta hoy con herramientas suficientes para atenuar el impacto de la variabilidad climática sobre los sistemas de producción agropecuaria de la región semiárida central de nuestro país. Sin embargo, queda aún mucho por avanzar:

Mayor información sobre utilización de especies C4: Si bien se ha trabajado durante varios años en la introducción, evaluación y manejo de gramíneas estivales perennes, se cuenta aún con información limitada en algunas áreas:

- a) Existe información parcial sobre la respuesta a la fertilización: Se han hecho algunos ensayos de fertilización, y en términos generales se ha encontrado una respuesta positiva a la adición de nitrógeno (Petruzzi et al., 2005; Stritzler et al., 2005), pero los resultados se limitan a los obtenidos en los campos experimentales de las EEAs Anguil y San

Luis, INTA y las Facultades de Agronomía (UNLPam. y UNSL). Se debe poner énfasis en la obtención de información sobre la respuesta de las gramíneas estivales a la aplicación de N en diversos ambientes y prácticas de manejo.

- b) Es escasa la información sobre incorporación de leguminosas a estas pasturas (Benítez et al., 2005) y hay consenso sobre la necesidad de profundizar esta línea de trabajo.
- c) La implantación de estas gramíneas no siempre es exitosa. Los problemas más importantes se presentan en potreros erosionados, con varios años de uso agrícola, en los que a menudo se logran pasturas con baja densidad de plantas y alto enmalezamiento.
- d) La tecnología de cosecha de semilla, aunque conocida, está poco difundida. Por tener maduración escalonada o cubiertas pilosas, y la consecuente dificultad de cosecha, los productores obtienen bajos rendimientos y/o semilla de baja calidad. Sumado a esto sólo dos especies (*D. eriantha* y *P. coloratum*) son comercializadas en la actualidad por empresas productoras de semillas forrajeras.
- e) El valor nutritivo del forraje diferido presenta limitaciones. Si bien los sistemas de cría desarrollados sobre pastoreo de estas gramíneas como único alimento son exitosos, el forraje diferido hacia el invierno es, aún, de baja calidad. Además, el valor nutritivo de este forraje es variable entre años, dependiendo de las condiciones del verano y otoño inmediatos. Esto hace al sistema relativamente vulnerable, por lo que es necesario continuar el trabajo para mejorar la calidad nutritiva de la oferta forrajera invernal de estas especies.

- f) Los trabajos realizados en la región con gramíneas estivales comenzaron a principios de la década de 1980, que coincide con un período de aumento en las precipitaciones anuales (Cuadro 1). De todas maneras, desde entonces también hubo años secos y sequías estacionales. En condiciones de extrema sequía (187 mm anuales), tanto *P. coloratum* como *D. eriantha* mostraron excelente persistencia, superior inclusive a la del pasto llorón (Adema, E., com. pers.).

Persistencia de especies: Especies como la alfalfa, que en regiones con menos limitaciones son pilares de la producción de carne, tienen baja persistencia. La utilización de herramientas biotecnológicas, como la incorporación de genes de resistencia a sequía, podría tener un impacto contundente sobre la estabilidad y el nivel de producción de las empresas agropecuarias.

Suplementación: Se conoce la información sobre requerimientos de los animales y concentración de nutrientes de los alimentos disponibles en la región. Sin embargo, la falta de planificación hace que la mayoría de las empresas agropecuarias comience a pensar en suplementar cuando la situación nutricional de los animales es desesperante.

Transferencia a productores: El objetivo central debe ser reducir al mínimo posible la vulnerabilidad de los sistemas de producción, a través del asesoramiento continuo sobre la variabilidad climática, sus efectos sobre la empresa agropecuaria, y las herramientas disponibles para minimizarlos.

Asistencia: Es importante promover un cambio en la estrategia de intervención del Estado. El mecanismo actual es la asistencia a los productores agropecuarios a través de

entrega de suplementos, declaración de emergencia agropecuaria, etc. Esto implica un esfuerzo fiscal muy grande, que podría utilizarse para estabilizar la producción, promoviendo, por ejemplo, la siembra de gramíneas estivales perennes o la fertilización nitrogenada de las mismas.

Comunicación: Debe estimularse la comunicación entre todos los actores involucrados en el proceso productivo. De esta manera, los resultados de la investigación deberían llegar a la totalidad de los productores agropecuarios, y los problemas, puntos de vista, éxitos y fracasos de éstos, a los investigadores. El servicio de Extensión debe ser, a la vez, mediador y participante activo del proceso.

Bibliografía

- Benítez, A.H., Bongiovanni, J.A., Canobas, V.C., Ferri, C.M., Stritzler, N.P. y Petruzzi, H.J. 2005. Acumulación de materia seca del primer ciclo en pasturas puras y en mezclas de alfalfa, festuca alta y *Eragrostis superba*. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 25 (Supl.1): 193-194.
- Briske, D.D., Fuhlendorf, S.D. and Smeins, F.E. 2005. State-and-transition models, thresholds and range health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. *Rangel. Ecol. Manage.* 58: 1-10.
- Casagrande, G.A., Deanna de Gómez, M.E. y Babinec, F.J. 2006. Precipitaciones 1921-2005. EEA Anguil "Ing.Agr. Guillermo Covas", Ediciones INTA, 6 pp.
- Castro, H.C. y Gallardo, M.R.A. 1984. Evaluación comparativa del valor nutritivo en invierno de cuatro cultivares de pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees). *Rev.Arg. Prod.Anim.* 10: 1015-1018.
- Covas, G. 1974. Los pastos sudafricanos en relación a la forrajicultura en La Pampa, con especial referencia al pasto llorón (*Eragrostis curvula*). Simposio sobre Pasto Llorón en la Provincia de La Pampa, pp. 1-10.
- D'Atri, R. 2004. El bosque de caldén. www.ecodigital.com.ar/investigaciones/caldén. Acceso 12 octubre 2006.
- Fernández, M. 2001. Una fauna insólita. In: Cazenave, W. (ed.). De la Araucanía a las Pampas. El viaje de don Luis de la Cruz en 1806. Editorial Extra, Santa Rosa, La Pampa, pp. 57-70.
- Ferri, C.M., Ibarguren, J.C., Petruzzi, H.J., Stritzler, N.P. y Jouve, V.V. 1996. Consumo voluntario y digestibilidad in vivo de *Panicum coloratum* diferido. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 16 (Supl.1): 77-78.
- Frank, E.O., Llorens, E.M. y Cabral, D.R. 1998. Productividad de los pastizales de la Provincia de La Pampa, Gobierno de la Provincia de La Pampa, INTA, 167 p.
- Frasinelli, C.A., Frigerio, K., Veneciano, J.H. y Martínez Ferrer, J. 2002a. Recría de vaquillonas y novillos en pasturas megatérmicas plurianuales en la región semiárida central. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 22 (Supl.1): 316-317.
- Frasinelli, C.A., Petruzzi, H.J., Veneciano, J.H., Ferri, C.M., Jouve, V.V., Stritzler, N.P. y Terenti, O.A. 1997. Dry matter production and nutritive value of forage of *Digitaria eriantha* cv. Irene in two locations of the Central Semi-arid Region of Argentina. Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Winnipeg, Canada, ID NO 1057.
- Frasinelli, C.A., Stritzler, N.P., Veneciano, J.H., Casagrande, J.R., Marchi, A. y Funes, M.O. 1992. *Digitaria eriantha*, una forrajera estival promisoría. *La Ciencia y Tecnología en el Desarrollo de la Provincia de San Luis. Revista de Divulgación* 2: 17p.
- Frasinelli, C.A., Veneciano, J.H., Frigerio, K. y Martínez Ferrer, J. 2002b. Cría bovina en pasturas megatérmicas plurianuales en la región semiárida central. *Rev.Arg.Prod. Anim.* 22 (Supl.1): 314-315.
- Giménez, A., Castaño, J.P., Olivera, L., Furest, J., Martino, D. y Romero, R. 2006. Cambio climático en Uruguay y la región. Proyecto AIACC-TWAS, INIA Grass, Montevideo, Uruguay, 20 p.
- Gliessman, S.R. 1998. Agroecology. Ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, U.S.A.
- Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghersa, C.M. and Culot, J.P. 1992. Field crop systems of the Pampas. In: Pearson, C.J. (ed.). Field crop ecosystems. Elsevier, Amsterdam, Holanda, pp. 413-450.
- Iglesias, D.H. 1993. Producción de carne en la región del caldenal. In: Jornadas de actualización sobre producción de carne en el caldenal. INTA, Santa Rosa, La Pampa, pp. 4-5.

- Jouve, V.V., Petruzzi, H.J., Stritzler, N.P., Ferri, C.M. y Bono, A.A. 1996. Fertilización en *Digitaria eriantha* (Steudel): Tasa de crecimiento y valor nutritivo. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 16 (Supl.1): 79-80.
- Llorens, E.M. 1993. Distintos puntos de vista teóricos sobre condición y tendencia del pastizal y sus aportes al desarrollo de la investigación y el manejo de pastizales. In: Jornadas de actualización sobre producción de carne en el caldenal. INTA, Santa Rosa, La Pampa, pp. 14-19.
- Llorens, E.M. 1995. Viewpoint: The state and transition model applied to the herbaceous layer of Argentina's Caldén forest. *J. Range Manage.* 48: 442-447.
- Llorens, E.M. 1996. Pastizales naturales: un tema relegado. *Diario La Nación*, suplemento El Campo, 13 de agosto, p. 13.
- Llorens, E.M. y Frank, E.O. 1999. Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo. AACREA, Subsecretaría de Asuntos Agrarios, INTA., La Pampa, 81 p.
- Lüscher, A., Fuhrer, J. and Newton, P.C.D. 2005. Global atmospheric change and its effect on managed grassland systems. In: McGilloy, D.A. (ed.). *Grassland: A global resource.* XX International Grassland Congress, Ireland – United Kingdom, pp. 251-264.
- Magrin, G.O., Travasso, M.I. y Rodríguez, G.R. 2005. Changes in climate and crop production during the 20th Century in Argentina. *Climatic Change* 72: 229-249.
- Marchi, A., Giraud, C.G. y Haidar, V.H. 1973. *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees cv. Tanganyka. Digestibilidad y consumo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (INTA) Serie I, Biol. y Prod. Anim.* 10: 309-324.
- Newman, Y.C., Sollenberger, L.E., Boote, K.J., Allen, L.H., Vu, J.C.V. and Hall, M.B. 2005. Temperature and carbon dioxide effects on nutritive value of rhizoma peanut herbage. *Crop Sci.* 45: 316-321.
- Owensby, C.E., Cochran, R.C. and Auen, L.M. 1996. Effects of elevated carbon dioxide on forage quality for ruminants. In: Körner, Ch. y Bazzaz, F.A. (eds.). *Carbon dioxide, populations and communities.* Physical Ecological Series, Academia Press, San Diego, California, USA.
- Petruzzi, H.J., Castro, M., González, H., Stritzler, N.P. y Ruíz, M. 2005. Efecto de la fecha de cosecha y la fertilización sobre la producción de semillas en *Panicum virgatum*. *Actas de la XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, pp. 451-453.
- Petruzzi, H.J., Jouve, V.V., Ferri, C.M., Stritzler, N.P. y Pagella, J.H. 1996. Tasa de crecimiento y valor nutritivo de siete gramíneas estivales en la región pampeana semiárida. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 16 (Supl.1): 82-83.
- Petruzzi, H.J., Fernández, G., Stritzler, N.P., Zuccari, A., Jouve, V.V. y Ferri, C.M. 1997. Pastoreo de forraje de gramíneas de crecimiento estival. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 17 (Supl.1): 121.
- Rabotnikof, C.M., Hernández, O.A., Stritzler, N.P. Gallardo, M., Funes, E. y Villar, C.A. 1986a. Evaluación de especies forrajeras estivales en la Región Pampeana Semiárida. I. Determinación de pared celular, lignina y desaparición de materia seca en bolsitas de *Bothriochloa intermedia*, *Eragrostis curvula*, *Setaria leiantha*, *Panicum antidotale* y *Digitaria eriantha* bajo condiciones de diferimiento. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 6: 47-56.
- Rabotnikof, C.M., Stritzler, N.P. y Hernández, O.A. 1986b. Evaluación de especies forrajeras estivales en la Región Pampeana Semiárida. II. Determinación de producción de materia seca, persistencia, proteína y digestibilidad in vitro de *Bothriochloa intermedia*, *Digitaria eriantha*, *Setaria leiantha*, *Eragrostis curvula* y *Panicum antidotale* bajo condiciones de diferimiento. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 6: 57-66.
- Rabotnikof, C.M. y Stritzler, N.P. 2006. Producción de materia seca de gramíneas perennes estivales en el área del Caldenal. XXII Reunión Argentina de Ecología, Córdoba. Libro de resúmenes p.200.
- Roberto, Z.E., Casagrande, G.A. y Viglizzo, E.F. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones del siglo. Centro Regional La Pampa-San Luis, INTA, 25 pp.
- Sage, R.F. 2004. The evolution of C₄ photosynthesis. *New Phytol.* 161: 341-370.
- Salinger, M.J., Stigter, C.J. and Das, H.P. 2000. Agrometeorological adaptation strategies to increasing climate variability and climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 103: 167-184.
- Stritzler, N.P., Pagella, J.H., Jouve, V.V. y Ferri, C.M. 1994. Producción y valor nutritivo de gramíneas estivales en la Región Pampeana Semiárida. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 14 (Supl.1): 58-59.

- Stritzler, N.P., Pagella, J.H., Jouve, V.V. and Ferri, C.M. 1996. Semi-arid warm-season grass yield and nutritive value in Argentina. *J. Range Manage.* 49: 121-125.
- Stritzler, N.P. y Petruzzi, H.J. 2000. Gramíneas perennes estivales introducidas en zonas semiáridas, resultados y perspectivas. *Actas del Congreso Nacional de Ganadería Pampeana, Santa Rosa, La Pampa*, pp. 13-17.
- Stritzler, N.P. y Petruzzi, H.J. 2003. Nuevos recursos forrajeros: Gramíneas perennes estivales introducidas en la Región Semiárida Central. *Curso Cría Bovina, Módulos 11 y 12, CMVLP, UNLPam., INTA*, 24 p.
- Stritzler, N.P. y Petruzzi, H.J. 2005. Las gramíneas perennes estivales y su impacto productivo en la región pampeana semiárida. *Forrajes 2005*. pp. 99 – 116.
- Stritzler, N.P., Petruzzi, H.J., González, H., Castro, M. y Ruíz, M. 2005. Determinación de fecha óptima de cosecha de *Eragrostis superba* cv. Palar. *Actas de la XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, pp. 421 – 423.
- Stritzler, N.P. y Rabotnikof, C.M. 2006. Evaluación de producción de forraje de especies introducidas del género *Bothriochloa*. *XXII Reunión Argentina de Ecología, Córdoba. Libro de resúmenes* p.217.
- Stritzler, N.P., Rabotnikof, C.M., Ferri, C.M., Pagella, J.H. and Jouve, V.V. 1995. Cattle preference for 4 warm-season grasses in La Pampa, Argentina. *Ann. Zootech.* 44 (Suppl.1): 112.
- Veneciano, J.H. 2005. El verano y las lluvias. *Informativo Rural, EEA San Luis, INTA*, 7: 4-5.
- Veneciano, J.H. 2006. Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos: características y productividad. *Información Técnica* 171. EEA San Luis, INTA, 84 pp.
- Veneciano, J.H. y Federigi, M.E. 2005. Las erráticas lluvias de primavera. *Informativo Rural, EEA San Luis, INTA*, 6: 4-5.
- Veneciano, J.H. y Lartigue, E. del C. 1999. El cambio climático global y el futuro de los agroecosistemas extensivos de San Luis: una mirada preliminar. *Revista Oeste Ganadero* 1: 9-13.
- Veneciano, J.H., Terenti, O.A. y Federigi, M.E. 2000. Villa Mercedes (San Luis); *Reseña climática del Siglo XX. Información Técnica* 156. EEA San Luis, INTA, 45 pp.
- Vera, R.R., Irazoqui, H. and Menvielle, E.E. 1973. The nutritive value of weeping lovegrass during the spring season. *J. Br. Grassl. Soc.* 28: 149-152.
- Viglizzo, E.F. and Frank, F.C. 2006. Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quart. Int.* 158: 122-126.
- Viglizzo, E.F., Lértora, F.A., Pordomingo, A.J., Bernardos, J., Roberto, Z.E. and Del Valle, H. 2001. Ecological lessons and applications from one century of low intensity farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 81: 65-81.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G. and Lértora, F. 2003. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the pampas of Argentina. *Environ. Monit. Assessm.* 87: 169-195.
- Wentworth, T.R. 1983. Distribution of C_4 plants along environmental and composition gradients in southeastern Arizona. *Vegetatio* 52: 21-34.
- Westoby, M., Walker, B. and Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *J. Range Manage.* 42: 255-274.