

Tecnología disponible de potencial impacto en la ganadería.

Hugo M. Arelovich (Ing. Agr., MSc., PhD)

Departamento de Agronomía- CERZOS, Universidad Nacional del Sur.

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

Asociación Argentina de Producción Animal (AAPA).

1. Escenario global y regional.

A nivel mundial se incrementa el consumo de los diversos productos de origen animal, y es de esperar que este patrón se mantenga al menos en el mediano plazo. Respecto a la carne bovina algunos países como Estados Unidos producen aproximadamente lo mismo con menor cantidad de cabezas lo que implica incremento en la eficiencia productiva. La exportación global se mantuvo en niveles muy similares en los últimos cinco años. El consumo de carne bovina tendió a decaer levemente copiando la curva de producción internacional (Figura 1). Estos aspectos indicarían que el consumo es expandible y que existiría una demanda no satisfecha a nivel mundial de carne bovina. Avances en la industria de la producción animal, incluyendo bovinos de carne, se ponen de manifiesto en muestras internacionales como EUROTIER que presentan innovación y desarrollo científico y tecnológico. Todos ellos son indicadores de potencial económico y progreso permanente aplicables al crecimiento de la producción y exportación de la carne bovina.

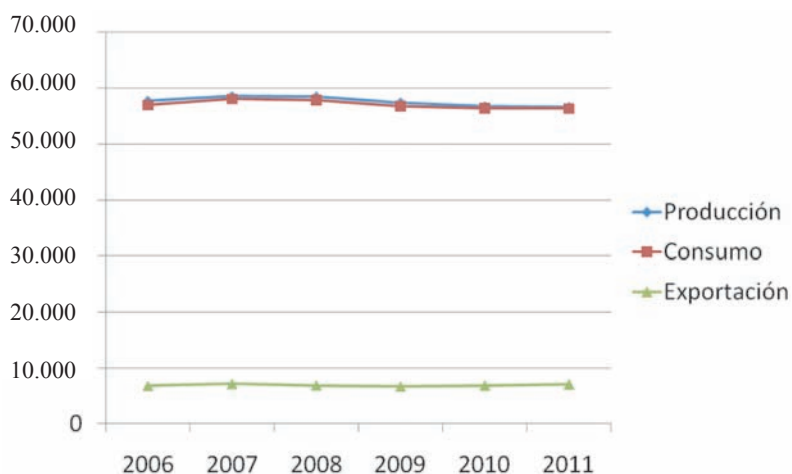


Figura 1. Comercio internacional de carne bovina. Producción, consumo y exportaciones globales de carne bovina en miles de toneladas (Adaptado de FAS-USDA, 2010).

Regionalmente, la ganadería bovina ostentaría un rol de trascendencia en la recuperación y sustentabilidad del suelo en sistemas extensivos de producción, más aun en áreas degradadas. Sin embargo, y adicionalmente a limitantes climáticas severas y poco predecibles, se referencia fundamentalmente los ciclos de bajos precios de la hacienda como las causas del desplazamiento y caída del stock ganadero, que afectaron principalmente al primer eslabón de la cadena: el criador.

Sin embargo, cabe preguntarse si en la región semiárida ha existido históricamente un interés central en la ganadería o esta ha sido un subproducto de otras actividades. Si comparamos la ganadería de cría con la de leche o con diferentes actividades agrícolas podemos decir que ha sido la de menor incorporación tecnológica, aun en períodos de mayor bonanza climática y económica. Este fenómeno paradójicamente crece con mayor marginalidad agroecológica. Es en condiciones marginales donde el uso de herramientas tecnológicas apropiadas podría generar un salto productivo de relevancia. Un real estímulo a la ganadería provendría también de cambios culturales y motivación, relación rentabilidad-desempeño productivo y la generación de un marco socio-económico y político adecuado.

Cada uno de estos aspectos es un componente complejo. De alguna manera debe generarse una «*conciencia activa*» de las características del sistema de producción ganadero, cuyas características son: resultados del ciclo productivo observables a largo plazo (acompañados del consecuente impacto financiero, cambios en el mercado, etc.); y multiplicidad de alternativas y variables con seres vivos que requieren observación, control y atención periódica.

La rentabilidad es afectada por: decisiones políticas, precios relativos, volatilidad mercados, eventos extraordinarios, percepción del consumidor y accionar de los actores de la cadena de valor. Mientras que la respuesta biológica es influenciada por: ambiente, genética, salud, alimentación.

2. Sustentabilidad.

Este es probablemente uno de los mayores desafíos presentes de la ganadería. ¿Puede la producción animal ser sustentable? Esta pregunta puede responderse de muchas maneras y es tan válida para la producción animal como para cualquier otra actividad antrópica que involucre el uso de recursos lábiles y no renovables. Objetivamente podríamos decir que debería ser tan sustentable cómo es posible que lo sea ante un mundo cada vez más poblado y con mayor demanda de todos los recursos disponibles. Es decir que los principios y las soluciones sustentables son de «compromiso» entre beneficios para el hombre y el ambiente, y deben investigarse y actualizarse periódicamente. Obviamente, esto no es lo que ha ocurrido cuando se observa el grado de deterioro del pastizal nativo en la región semiárida e incipientes procesos de desertificación, lo que ha resultado de un uso inapropiado e irracional del recurso natural.

Los objetivos de una producción animal sustentable deben considerar: viabilidad económica y rentabilidad, protección del recurso ambiental y mejora de suelos, disminución de la dependencia de combustibles fósiles, pesticidas y fertilizantes sintéticos, minimizar el impacto en la seguridad, vida silvestre y calidad de agua, promover familias y comunidades de productores estables y prosperas (Galyean, 2010). Otras consideraciones en el concepto de sustentabilidad incluyen uso del agua, polución de agua y aire, bienestar animal, seguridad alimentaria y generación de gases efecto invernadero (CH₄). En sistemas intensivos de producción como la terminación de bovinos en confinamiento también es de impacto la concentración de nutrientes en el suelo y manejo apropiado de los residuos.

3. Adopción tecnológica y especialización

Ya se menciona el fenómeno de la baja adopción tecnológica y la complejidad de los factores intervinientes en la región semiárida. Sin embargo diversas instituciones como INTA, Ministerio de Asuntos Agrarios y Universidad, han generado información que sumada a la disponible como herramientas de aplicación profesional (agronómica y veterinaria), hacen que la brecha entre el conocimiento existente y aplicación de tecnología resulte amplia.

A modo de ejemplo podemos decir que regionalmente existe el conocimiento para:

- Mitigar impacto climático (forrajeras perennes, reservas forrajeras, forrajes baja calidad, estrategias de suplementación, manejo categorías, estrategias supervivencia).
- Intensificar la ganadería (recría-terminación a corral en forma permanente o alternativa), generación de productos diferenciados (carnes orgánicas, alto CLA).
- Desarrollo de infraestructura específica, utilización instrumental y maquinarias apropiadas, irrigación, etc.

La adopción de tecnología en un marco de sustentabilidad, estabilidad relativa del mercado e interés por la producción ganadera, puede transformar la producción de carne en una especialidad aun en establecimientos mixtos, y en una fuente de desarrollo socio-económico.

4. Desarrollo experimental relativo a nutrición de rumiantes

La subalimentación en general y deficiencias nutricionales específicas en particular son las causas más importantes del pobre desempeño productivo y mortalidad de la hacienda en la región semiárida. El grupo de Nutrición Animal de la Universidad del Sur desarrolló trabajos sobre:

- Forrajes de baja calidad. Respuesta digestiva y productiva a su procesamiento físico, químico, y suplementación con diversas fuentes de proteína o N-no proteico.
 - Respuesta metabólica y productiva de bovinos en verdeos invernales.
 - Caracterización nutricional de genotipos de avena.
 - Grano de avena como suplemento de verdeos o sistemas intensivos de producción a corral. En estos casos también se efectuaron evaluaciones de las características de la carne.

4. 1 Forrajes de baja calidad (FBC)

Los forrajes de alto contenido lignocelulósico son los más abundantes en el mundo, en general son también considerados los más económicos. Países industrializados como aquellos en vías de desarrollo han prestado extrema atención al uso eficiente de estos recursos. Los FBC resultan aun de mayor valor en áreas marginales donde existen limitantes de cantidad y calidad de alimento. De hecho, en la región gran parte de las reservas como henos y pastos diferidos son FBC.

Los rumiantes han desarrollado un aparato enzimático de origen bacteriano capaz de degradar los componentes mayoritarios de la pared celular vegetal y transformarlos en cadenas carbonadas y energía útil para la síntesis de proteína bacteriana. Esto ocurre en el retículo-rumen y esa proteína bacteriana se transforma en la principal fuente de aminoácidos absorbibles en el intestino para el animal hospedante. Sin embargo, con los FBC este proceso es lento y lo limita el ATP y N-NH₃ disponible en el rumen que mayoritariamente provienen de la degradación de los mismos componentes de la dieta.

Distintas especies de FBC difieren entre sí en aspectos tales como composición química y palatabilidad. Aun dentro de una misma especie encontramos diferencias en rendimiento y composición por influencia del ambiente y/o la fertilidad del suelo. Si bien no es el objetivo promover el pastoreo de los rastrojos de cereales, porque los mismos contribuyen a la sustentabilidad del suelo. Las «colas de cosechadora» son frecuentemente preservadas como rollos, por lo que es habitual encontrarse en el medio agropecuario con «rollos de cola» de diferentes especies de cereales. La Tabla 1 muestra cambios substanciales en el rendimiento y contenido de N total de paja de trigo sujeta a diferentes regímenes de fertilización ante la misma condición ambiental.

Tabla 1. Composición química de rastrojos de trigo con diferentes programas de fertilización¹ (adaptado de Arelovich, 2009).

Ítem	Control	Fert1	Fert2	Fert3	Fert4
Rendimiento, kg MS /ha	379 ^a	1081 ^b	923 ^b	1178 ^b	1159 ^b
Composición, %					
MS	92,3	92,5	92,5	92,0	92,7
FDN	66,2	68,0	67,3	65,6	65,1
FDA	39,6	41,4	40,9	39,9	39,8
Lignina	4,4	5,3	4,8	5,0	5,0
PB	3,3 ^{ab}	3,7 ^{ab}	4,3 ^{bc}	5,5 ^c	7,1 ^d

Control: no fertilizado; **Fert1=** Urea (100 kg/ha)+ super fosfato triple(100 kg/ha) + CaSO₄ (60 kg/ha); **Fert2:** Fert1 + Urea (200 kg/ha); **Fert3:** Fert2 + KCl (100 kg/ha); **Fert4:** Fert3 + Urea líquida + Nitrofoska foliar (90 l/ha+ 2l/ha).

^{a,b,c,d} Medias en la misma columna con diferente superíndice difieren (p < 0,05).

En el caso del tratamiento **Fert4** el nivel de PB es al menos teóricamente muy cercano al requerimiento promedio de una vaca de cría, y el volumen de rastrojo puede ser suficiente para cobertura del suelo y generar material para preservar como heno.

Por otra parte, diversas técnicas fueron evaluadas y destinadas a mejorar la eficiencia de utilización de FBC. Así podemos mencionar tratamientos del material en forma física, química y microbiológica. Estos tratamientos en general mejoran la accesibilidad de los microorganismos ruminales en el proceso de digestión de FBC. Los tratamientos físicos consisten en la disminución del tamaño de partícula del FBC mediante molido, picado, pelletizado, y existen experiencias con radiación. Los tratamientos químicos hidrolizantes mediante aplicación de álcalis han sido los más estudiados y utilizados en la práctica. El esquema que muestra la Figura 2 intenta ilustrar la ruptura de enlaces químicos principalmente con la lignina que ocurre con la aplicación de NH₃-anhidro.

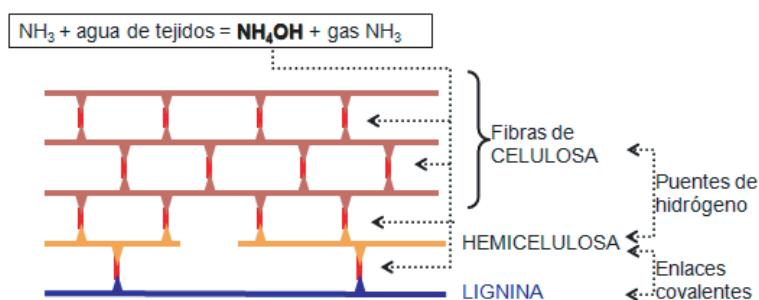


Figura 2. Esquema del efecto hidrolizante del álcali sobre los enlaces químicos entre lignina y polisacáridos estructurales.

La utilización de soluciones diluidas de OHNa o NH₃-anhidro gaseoso han sido los tratamientos químicos más estudiados y posteriormente aplicados a la práctica en una diversidad de situaciones de producción y en distintos países. En general, los animales que ingieren FBC tratados con agentes alcalinos incrementan el consumo voluntario, la tasa de digestión de la fracción fibrosa y la respuesta productiva. Recientemente realizamos una serie de estudios sobre amonificación a partir de la aplicación de urea diluida en agua, utilizando paja de trigo como modelo de FBC (Tabla 2).

Tabla 2. Composición de paja de trigo amonificada a partir de urea (adaptado de Bravo *et al.*, 2009).

Tratamientos	MS	PB	%		
			FDN	FDA	DIVMS
Control	89,97 ^a	2,73 ^a	76,88	49,11	34,93 ^a
Amonificación-urea	67,57 ^b	8,81 ^b	74,46	50,60	49,85 ^b

^{a,b} Medias en la misma columna con diferente superíndice difieren ($p < 0,05$).

Las ventajas de la urea respecto de NH₃-anhidro gaseoso son: la urea es fácil de obtener, la preparación y aplicación no implica riesgos, los efectos son similares. El NH₃ generado a partir de urea también afecta enlaces químicos entre componentes de la pared celular, dejando N residual utilizable como N-no proteico por el rumiante. Si bien los valores de la FDN y FDA no fueron afectados se incrementa substancialmente el contenido de PB y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

El material amonificado fue utilizado en un experimento con ovinos que mostraron un substancial incremento en el consumo y ganancia de peso, compatible con resultados reportados en la literatura para FBC tratados con NH₃-anhidro gaseoso (Tabla 3), no observándose un aumento significativo de los niveles de urea en plasma sanguíneo.

Tabla 3. Respuesta productiva y metabolitos sanguíneos en ovinos que recibieron paja de trigo con o sin amonificación (adaptado de Bravo *et al.*, 2009).

Ítem	Control	Amonificación-urea	p =
Consumo MS, g/d	402	490	0,01
Ganancia de peso, g/d	24	52	0,05
Plasma sanguíneo			
glucosa, mg/l	517	527	0,87
urea, mg/l	355	410	0,34
proteína, g/l	60,5	62,1	0,44

Además de los tratamientos químicos, el suministro adicional de proteína a FBC estimula el consumo voluntario. Sin embargo, la magnitud de este efecto dependerá también de la oferta de forraje, tipo de suplemento y nivel de suplementación. En general, a partir del 7 % de PB por cada punto porcentual en que disminuye el contenido de proteína debe esperarse una declinación en el consumo de MS aproximadamente 10 g/kg de peso metabólico. Si el FBC es ofrecido *ad libitum* es importante que el animal consuma todo lo posible porque se maximiza la obtención de nutrientes de la fuente más económica. La suplementación proteica no solo provee un nutriente crítico para el animal sino que aumenta la disponibilidad de N para que los microorganismos fibrolíticos del rumen mantengan o incrementen su actividad. Aun en casos en que el efecto sobre el consumo no es perceptible, la eficiencia de utilización del FBC aumentará, tal como se muestra en la Tabla 4 para un experimento en el cual terneros ingieren como dieta basal pasto llorón diferido.

Tabla 4. Suplementación de pasto llorón diferido (adaptado de Arelovich *et al.*, 1992).

Item	A	AG	AGU1	AGU2
Consumo suplemento, g/d				
-MS total	820	820	681	542
-Proteína	88	190	191	194
Pasto llorón, g/d	2874 ^a	3501 ^b	3498 ^b	3323 ^b
Ganancia de peso, g/d	-219 ^a	516 ^b	297 ^c	99 ^d
NH ₃ rumen, mg/dl	0,7 ^a	11,7 ^b	17,1 ^c	20,8 ^c

Suplementos: A: grano de avena, AG: avena + harina de girasol, AGU1 y AGU2: + urea

^{a,b,c,d} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren ($p < 0,05$).

Los suplementos descritos contrastan con una situación típica de producción, la suplementación con grano de FBC. Es apreciable la diferencia entre los tratamientos que contienen solo grano versus aquellos que además incluyen una fuente suplementaria de proteína. Como en este caso donde los niveles de PB en la dieta basal son muy bajos, un grano puede impactar negativamente en el consumo de la dieta basal y la respuesta productiva. En este tipo de dietas, con suplementos que aportan fundamentalmente carbohidratos solubles (A), los microorganismos fibrolíticos del rumen compiten desfavorablemente con los amilolíticos por el limitado N-NH₃ disponible para su crecimiento. Es por eso que los suplementos AG, AGU1 y AGU2 muestran un incremento del N-NH₃ que promueve una utilización más eficiente de la dieta. Si bien es de utilidad, la substitución de proteína natural por N-no proteico no puede esperarse de suplementos con niveles altos de urea un efecto comparable debido a su rápida degradación a NH₃ en el rumen. Este efecto también es observable en los resultados del experimento reportado en la Tabla 4. A partir de 1995 se condujeron una serie de ensayos con micro elementos

minerales para evaluar su efecto sobre la degradación de urea (Rodríguez, 1995; Rodríguez *et al.*, 1995; Arelovich *et al.*, 2000; Arelovich *et al.*; 2008). Se encontró que el Zn a concentraciones mayores que las requeridas, pero por debajo de niveles de tolerancia era capaz de disminuir la tasa de ureólisis ruminal. Sin embargo este efecto parece estar asociado al tipo de dieta e influenciado por la fuente de Zn utilizada.

Con el crecimiento de la soja en el mercado comenzaron a aparecer inquietudes tanto de la industria como de productores sobre su utilización en bovinos, incluyendo partidas de granos quebrados o pequeños de bajo valor comercial. Las Tablas 5 y 6 muestran resultados de grano de soja entero sin desactivar utilizados como suplemento de FBC.

Tabla 5. Suplementación de paja de trigo con grano entero de soja (adaptado de Torre *et al.*, 2003).^{1, 2}

Ítem	Control	Soja
Consumo MS, g/d	4,93 ^a	7,40 ^b
Amoníaco ruminal, mg/dl	1,45 ^a	10,0 ^b
AGL en sangre, mEq/l	0,63 ^a	0,35 ^b

¹ Novillos con cánula ruminal. ² Suplemento: 1400 g MS/animal/d. **Dieta:** Paja de trigo (PB=3,35 %, FDN= 79,83 %), **Suplemento:** grano de soja entero (PB= 36,1 % y FDN=22,3 %).

^{a,b} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren ($p < 0,05$).

Tabla 6. Suplementación de sorgo granífero diferido (adaptado de Lagrange, 2009). ^{1, 2}

Ítem	Control	Harina de girasol	Grano de soja
Peso inicial, kg	222	228	223
Ganancia de peso, g/d	298 ^a	625 ^b	698 ^b
Consumo suplemento kg MS/d	0	1,35	1,26
Consumo PB suplemento g/d	0	429	456

¹ Novillos. ² Suplementos: ofrecidos para establecer nivel isoproteico.

^{a,b} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren ($p < 0,05$).

Cuando el grano de soja entero es suministrado a nivel de 0,3 a 0,5 % del peso vivo, parece innecesaria su desactivación. Estos niveles de suministro de proteína son compatibles con los requerimientos de una vaca de cría en gestación que consumen recursos forrajeros pobres en proteína. La menor concentración de ácidos grasos libres en sangre (AGL) indica una menor participación de las reservas corporales destinadas a combustible metabólico y en consecuencia mantenimiento o menor pérdida de peso.

La comparación con la harina de girasol muestra un efecto similar en la respuesta productiva, sin embargo y debido al mayor contenido de energía y proteína del grano de soja puede afectar la eficiencia de conversión. Ambas opciones de suplementación deben considerarse seriamente en la región, por su inocuidad, disponibilidad y beneficios en la eficiencia de uso de FBC.

También pueden utilizarse como suplementos de FBC: henos de leguminosas, verdes u otras pasturas con alto contenido de proteína. En el mercado pueden obtenerse harinas proteicas, subproductos molinería (afrechillo, maltería, gluten), soja entera y urea. Los alimentos industriales («balanceados») deberían desempeñar un rol muy importante en la provisión de suplementos elaborados para FBC, al menos en la región.

4. 2 Aplicabilidad a bovinos de cría

Entendemos que la utilización eficiente de FBC mediante tratamientos y/o suplementación tiene implicancias en la sustentabilidad, en la producción y en la economía regional. Respecto al contenido virtual de agua en la carne, Schwartz (2010) indica que la producción de carne basada en pasturas, residuos de cosecha y subproductos de cultivos procesados incurren en muy limitados costos de agua. En consecuencia la utilización eficiente de FBC mediante las técnicas descritas estaría favoreciendo una de las consideraciones respecto de la sustentabilidad del sistema, el ahorro de agua por cada kg de carne generado.

Si se pretende intensificar la ganadería, mantener el consumo interno y crecer en la exportación, debe considerarse una mejora en la eficiencia reproductiva basada en prácticas de alimentación confiables para el rodeo de cría en áreas agroecológicas definidas como marginales. Este es el eslabón crítico que garantizaría el suministro de terneros y reposición de vaquillonas para sostener el resto de la cadena productiva.

En el índice de condición corporal de 1 a 9 (NRC, 2000) cuando las vacas caen por debajo de 5 al momento del servicio, la pérdida reproductiva es grande. La utilización de aproximadamente 2 kg de harina de soja o algodón al inicio de la parición hasta el servicio ha permitido sostener el índice de condición corporal y superar tasas de concepción del 90 % aun en vaquillonas (Wettemann, 1987). Puede esperarse efectos similares al menos para harina de girasol y grano de soja.

La Tabla 7 plantea el costo y beneficio económico potencial para un rodeo de 100 vacas que evolucionan en sus índices reproductivos con la adición de 1 o 2 kg de harina de girasol a una dieta de FB. Para los valores de noviembre de 2010, era necesario obtener 2,24 \$ por kg de carne adicional para equilibrar el costo de suplementación, lo cual era altamente favorable dado que el kg de carne de ternero se pagaba entre 7 y 8 \$/kg vivo. Este ejercicio realizado a través del tiempo resultó casi siempre favorable desde el punto de vista de la rentabilidad.

Tabla 7. Cálculo teórico del costo de suplementación y respuesta productiva para un rodeo de 100 vacas ¹.

Ítem	-----Harina de girasol g/d-----		
	0	1000	2000
Peso destete estimado, kg	155	173	187
Total carne, kg ¹	9.3	13.84	16.83
Producción adicional, kg	0	4.540	7.530
Costo suplementación 130 d, \$	0	8.450	16.900
Punto de indiferencia, \$/kg de carne	-	1,86	2,24

¹% de destete 70, 80 y 90 % respectivamente (costo pellets de girasol en noviembre 2010 = \$ 650/Tm)

Obviamente los precios relativos van a variar en el tiempo y es necesario contar con opciones alternativas como las diversas opciones discutidas previamente. Adicionalmente, la Tabla 8 presenta una alternativa de bajo costo y fácil suministro: un suplemento al que se le adiciona la cantidad de CINa necesario hasta establecer un consumo pre-definido. Es decir que la sal actúa como regulador del consumo. Aunque los niveles de proteína son marginales respecto de los requerimientos, vacas de cría disminuyeron el ritmo de pérdida de peso y la tasa de concepción se incrementó substancialmente por encima del promedio regional.

Tabla 8. Suplemento de consumo auto-regulable al servicio en vacas y tasa de concepción (adaptado de Laborde *et al.*, 2006).

Ítem	Control	SCR
Variación peso vivo, g/d	-398	-247
Tasa de Concepción, %	62,5 ^a	76,0 ^b

¹ Suplemento consumo regulable (SCR): harina de girasol, urea, melazas y CINa (PB= 32,5 %).

Consumo 360 g/d.

^{a,b} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren (p < 0,05).

Esta opción difiere substancialmente de los bloques proteicos de origen comercial. La sal común se adiciona progresivamente hasta alcanzar el nivel de consumo deseado. Esto permite un ajuste a los niveles de conductividad eléctrica del agua de bebida, y suministro de una cantidad de proteína diaria relativamente importante y de fuentes diferentes.

4. 3 Evaluación de estrategias de uso de verdes invernales

Ante ciertas incógnitas que plantean el uso de verdes de invierno, se estudiaron aspectos relativos a la disponibilidad forrajera y composición del forraje y la influencia de diferentes suplementos en experimentos de crecimiento-terminación de bovinos de carne.

Si bien es esperable una influencia significativa del ambiente, puede ensayarse una descripción general de los verdes de avena utilizados en los ensayos de pastoreo en años distintos. Los rendimientos acumulados mes por mes fueron muy variables de 2.500 en seco a 4.500 kg de MS en área irrigada. El contenido de MS hallado fue más cercano a 20 % en los meses de mayo y junio únicamente, pero raramente inferior a 20 % bajo riego o en seco indistintamente. Con estos valores de MS, no deberíamos esperar una incidencia negativa sobre el consumo voluntario. Valores de FDN por debajo de 40 % fueron observados únicamente en mayo.

El contenido de proteína fue muy variable. Bajo riego se observaron valores de PB superiores al 20 % hasta agosto como mínimo, cayendo a 10 % en noviembre. Sin embargo es destacable que en seco, en sitios experimentales diferentes, se determinó un máximo de 16 % de PB en mayo disminuyendo rápidamente a 12 % o menos a partir de junio. Cuando se espera que un verdeo contenga altos niveles de N, estos valores de proteína pueden ser ciertamente limitantes para animales en crecimiento. Obviamente el contenido de N es dependiente de la fertilidad del suelo, y el N disponible en general en los suelos de la región es muy bajo. También es de considerar que una alta relación K/Ca+Mg como indicadora de potencial deficiencia condicionada de Mg solo se observó muy temprano en la estación de pastoreo. La respuesta de bovinos a diferentes programas de suplementación y acceso al pastoreo sobre estos verdes se resume en algunos parámetros productivos mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Ensayos de pastoreo de avena con diferentes estrategias de suplementación (adaptado de Arelovich *et al.*, 2003, Arelovich *et al.*, 2004, Marinissen, 2007).

EXPERIMENTO I ¹	Control	Heno sorgo	Heno Pastura
Peso inicial, kg	156	163	159
Ganancia de peso, g/día	454 ^a	558 ^b	594 ^b
Consumo de heno, g/día	-	785	684
EXPERIMENTO II ²	Control	Maíz Molido	Heno Alfalfa
Peso inicial, kg	190	193	197
Ganancia de peso, g/día	718 ^a	872 ^b	781 ^a
Suplemento, kg /día	-	1,57	1,06
EXPERIMENTO III ³	Control	Grano Avena	
Peso inicial, kg	207	208	
Ganancia de peso, g/día	844 ^a	1128 ^b	
Eficiencia de conversión	7,35	6,24	
EXPERIMENTO IV ⁴	Control	Maíz	Maíz + Harina de gluten
Peso inicial, kg	209	201	205
Ganancia de peso, g/día	670 ^a	759 ^b	921 ^c

¹ Vaquillonas Aberdeen Angus. Henos en comederos con encierre nocturno. Restricción al pastoreo de 5:00 pm a 0:90 am.

² Vaquillonas Aberdeen Angus, suplementación sin restricción al pastoreo.

³ Novillitos Aberdeen Angus. Suplementación sin restricción al pastoreo. Suplemento: grano de avena entero 0,50% del peso vivo medio en comederos individuales.

⁴ Vaquillonas Aberdeen Angus. Suplementación sin restricción al pastoreo. Suplementos molidos y pelletizados 2kg/d (base "tal cual"). Maíz + harina de gluten de maíz (75:25).

^{a,b,c} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren (p < 0,05).

La restricción al pastoreo por encierre nocturno estimula el consumo de heno independientemente de la calidad del mismo. En consecuencia si el heno no es de una calidad similar al verdeo puede esperarse una disminución en la tasa de crecimiento. La suplementación con concentrados energéticos incrementa la ganancia de peso, y la inclusión de una fuente de proteína de baja degradabilidad puede mejorar substancialmente la respuesta productiva, sobre todo si el verdeo tiene un contenido de proteína inferior al esperado.

4. 4 Grano de avena como alternativa al maíz.

Debido a su elevado contenido en Mcal (NRC, 2000) y palatabilidad el grano de maíz ha sido tradicionalmente el concentrado energético de elección y estándar de comparación en suplementación y raciones de terminación en confinamiento para bovinos de carne. La región semiárida es marginal para el maíz como cultivo y adicionalmente, existe una elevada demanda del mismo para exportación. La avena es un cultivo de gran versatilidad, fácil de lograr, ampliamente difundido y con gran cantidad de cultivares generados regionalmente. La avena ha sido tradicionalmente sembrada con múltiples objetivos: pastoreo, heno y grano. Asimismo, el grano es utilizado como semilla, suplemento animal e industria alimentaria humana. El alto contenido de aceite respecto de otros granos estándares y su perfil lipídico ha sido recientemente evaluado en 18 genotipos por Martínez *et al.* (2010), hallándose una variación importante entre cultivares pero con un efecto marcado del medioambiente.

Dada la disponibilidad de grano de avena y del potencial impacto de su composición sobre características de la carne y la productividad animal, hemos realizado algunos estudios destinados a evaluar los efectos sobre ambos parámetros, con el grano de avena como suplemento o reemplazando al maíz en dietas para bovinos alimentados a corral.

La Tabla 10 resume dos experiencias con grano molido pelletizado en primer lugar y con grano entero en segundo lugar. El grano procesado el maíz superó a la avena en ganancia de peso. Sin embargo cuando el grano es entero, lo que resulta ventajoso por el ahorro de energía y costo de procesado ambos granos parecen tener el mismo rendimiento en cuanto a productividad animal y para niveles de inclusión en la dieta de 60 % promedio. Las eficiencias de conversión son muy similares al maíz en ambos casos.

Podemos observar que los animales a pastoreo en avena, que recibieron 0,5 % de su peso vivo medio en grano de avena entero, no disminuyeron significativamente el contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) y mantuvieron una relación Omega 6 / Omega 3 por debajo de 4 (Tabla 11). Estos aspectos deseables no es esperable que ocurran con otros granos; se incrementó la productividad (Tabla 9) sosteniendo una composición más saludable de la carne al menos para el peso de faena de este experimento y los cortes estudiados.

La alimentación con maíz muestra una deposición diferencial de la grasa, incrementando el espesor de grasa dorsal a mayor ritmo que la avena (Tabla 11). Sin embargo, la avena parece contribuir a una mayor tasa de desarrollo del área de ojo de bife. Para el mercado actual el animal terminado, o más cerca de terminación por el aspecto exterior, sería el alimentado con maíz, sin embargo, no habría diferencias de peso y parecerían tener mayor rendimiento en tejido muscular los animales alimentados con avena. Estos son experimentos preliminares y más investigación es necesaria para definir el impacto del grano de avena en la composición de la carne con distintas estrategias de alimentación.

Tabla 10. Contraste de respuesta productiva entre grano de avena y maíz en bovinos de carne alimentados a corral (adaptado de Marcenac *et al.*, 2009, Bravo *et al.*, 2010).

	Base avena	Base maíz	Diferencia, %
Dieta pelletizada			
Consumo MS kg/d	7,11	7,90	10
Eficiencia de conversión, kg/kg	5,81	5,64	-3
Ganancia de peso, g/d	1225	1412	13
Costo, \$/kg ganancia	3,26	3,33	2,1
RTM², base grano entero			
Consumo MS kg/día	6,39	6,58	2,88
Eficiencia de conversión, kg/kg	5,48	5,64	2,83
Ganancia de peso, g/día	1180	1190	0,84
Costo, \$/kg ganancia ¹	3,51	3,58	1,95

¹Costos establecidos al momento de realización de la experiencia.

²Ración total mezclada.

Tabla 11. Características de la carne con grano de avena como suplemento a pastoreo y en contraste con maíz en dietas para bovinos de carne alimentados a corral (adaptado de Marinissen 2007, Forgue *et al.*, 2010).

Pastoreo, 120 días	Control	Grano avena	
CLA (cis9, trans 11), mg/100 g	0,45	0,38	
Omega 6 / Omega 3	2,96a	3,65b	
Corral, 60 días	Base avena	Base maíz	Diferencia, %
Δ Área de ojo de bife, cm ² /día	0,15	0,09	-40
Δ Espesor grasa dorsal, mm ² /día	0,01	0,03	66

5. Reflexiones finales

Se observa una demanda internacional sostenida de todas las carnes. Existe un grado de inversión superlativo a nivel global por parte de empresas privadas en el desarrollo de nuevas tecnologías y productos destinados a la producción de carne bovina. Estos son probables indicadores de potencial crecimiento para el sector, explotable con la carne producida en el país.

Ante la demanda de incorporación tecnológica por parte del sector ganadero en la región semiárida y en un marco de sustentabilidad, se ha generado información de aplicación regional que creemos valiosa. Dicha información puede aplicarse a aspectos tales como: situaciones de cría potenciando la eficiencia de uso de FBC, y potencial de recría-engorde con granos alternativos. Puede aspirarse a una alta eficiencia producción, e influir sobre composición de la carne (productos diferenciados, alimentos funcionales, nutracéuticos, etc.). La planificación a largo plazo de los sistemas ganaderos regionales incorporando herramientas de nutrición bovina adecuadas permitiría la amortiguación de coyunturas económico-financieras. Esto último contribuirá a la sustentabilidad y crecimiento de la producción bovina regional.

Bibliografía

- Arelovich, H.M., Laborde, H.E., Villalba, J.J., Amela, M.I. and Torrea, M.B. 1992. Effects of nitrogen and energy supplementation on the utilization of low quality weeping lovegrass by calves. *Agricultura Mediterranea*, 122(2):123-129.
- Arelovich, HM, F. N. Owens, G. W. Horn , and J. A. Vizcarra. 2000. Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *J. Anim. Sci.* 78:2972–2979.
- Arelovich, HM, Arzadún, MJ, Laborde HE and Vasquez, MG. 2003. Performance of beef cattle grazing oats supplemented with energy, escape protein or high quality hay. *Animal Feed Sci and Tech.* 105:29-42
- Arelovich, HM, Laborde HE, Arzadún, MJ and Vasquez, MG. 2004. Influence of hay quality and pasture location on performance of beef cattle grazing oats. *Spanish J. Agric. Res.*, 2 (1), 53-61.
- Arelovich, HM. 2009. Tratamiento químico de materiales de alto contenido de fibra para alimentación de rumiantes mediante amonificación con urea. Informe I. Profertil -Universidad Nacional del Sur. Departamento de Agronomía-CERZOS, 16pp.
- Arelovich, H. M., H. E. Laborde, M. I. Amela, M. B. Torrea and M. F. Martínez. 2008. Effects of dietary addition of zinc and (or) monensin on performance, rumen fermentation and digesta kinetics in beef cattle. *Spanish J Agric Res* 6(3), 362-372.
- Bravo R.D., Arelovich, H.M., Storm, A.C., Martínez, M.F. y Amela, M.I. 2008. Evaluación de métodos de amonificación mediante hidrólisis de urea sobre el valor nutritivo de paja de trigo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 28(3): 179-191.

- Bravo, R.D., Arelovich, H.M., Perez Moreno, A.J., Martínez, M.F., Sabbatini, M., Semper, E.A., Forgue, P.L. y Torquati, S. 2010. Respuesta animal real y predictiva a dietas de grano entero de avena o maíz en novillos estabulados. 33° Congreso Argentino de Producción Animal, **Rev. Arg. Prod. Anim.** 30 (Sup 1): 483-484.
- Galyean, M. L. (2010). Building sustainable beef production: addressing environmental and management challenges in intensive production systems. *Rev. Arg. Prod. Anim*, 30(2), 229–241.
- Forgue, P.L., Arelovich, H.M., Bravo, R.D., Torquati, S., Perez Moreno, A.J., Martínez, M.F., Sabbatini, M. F. y Semper, E.A. 2010. Características de la carne y patrones sanguíneos en novillitos que reciben dietas a base de grano entero de avena o maíz. 33° Congreso Argentino de Producción Animal, *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (Sup 1): 485:486.
- Laborde, HE, Elgart, L., Arelovich, HM, Brededan, RE y Oyola, J. 2006. Cambio en el peso vivo durante el servicio de vacas de cría lactantes inducido por el consumo auto-regulable de un suplemento proteico-mineral. Actas de las IV Jornadas Interdisciplinarias del SO Bonaerense. EdiUNS, B. Blanca, 2006. ISBN 978-987-23429-1-3. pp. 161 -166.
- Lagrange, S. 2009. Efecto de la suplementación proteica sobre la tasa de crecimiento y parámetros digestivos en novillos a pastoreo sobre sorgo granífero diferido. Tesis de Magister. Dto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur.
- Marcenac, J.A., Arelovich, H.M., Martinez, M.F., Amela, M.I. and Bravo, R.D. 2009. Oats grain as an alternative to corn in beef cattle diets. ADSA, CSAS, ASAS 2009 Joint Annual Meeting. Montreal, Quebec, Canada. July 12-16, 2009 *J. Anim. Sci.* Vol. 87, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 92, E-Suppl. 1 p 340.
- Marinissen, J. 2007. Suplementación con grano de avena de terneros a pastoreo sobre un verdeo invernal. Parámetros productivos y calidad de carne. Tesis de Magister. Dto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur.
- Martinez, M.F., Arelovich, H.M., Wehrhahne, L.N., 2010. Grain yield, nutrient content and lipid profile of oat genotypes grown in a semiarid environment. *Field Crops Res.* 116 : 92–100.
- NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition: Update 2000 Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. Committee on Animal Nutrition, National Research Council National Academy Press, Washington, DC.
- Rodriguez, B.T. 1995. Factores de la dieta que afectan la actividad ureásica ruminal en ovinos alimentados con forrajes de baja calidad. Tesis de Magister. Dto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

- Rodriguez, B, H Arelovich, J Villalba and H Laborde. 1995. Dietary supplementation with zinc and manganese improves the efficiency of nitrogen utilization by lambs. *J. Anim. Sci.* 37:1233 (Abst.)
- Schwartz, H. J. (2010). Water footprint of beef production - critical review of current approaches. *Rev. Argentina de Prod. Anim*, 30 (2), 225–228.
- Torre, R., Laborde, H.E., Arelovich, H.M. y Torrea, M.B. (2003). Empleo del grano de soja entero como suplemento proteico de forrajes de baja calidad. XXVI Congreso Argentino de Producción Animal, AAPA, *Rev. Arg. Prod. Anim*, 23 (Sup1): 90.
- USDA-FAS. 2010. Livestock and Poultry: World markets and Trade. http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock_poultryfull101510.pdf
- Wetteman, RP, KS Lusby, JC Garmendia, MW Richards, GE Selk , RJ Rasby. 1987. Nutrition, body condition and reproductive performance of first calf heifers. *J. Anim. Sci.*, 63 (Sup1): 61.