



XXII JORNADAS DE EXTENSIÓN AGRÍCOLA

PRODUCCIÓN DE CARNE:
ASPECTOS TÉCNICOS PARA ENFRENTAR
LAS DEMANDAS DE CALIDAD Y
SUTENTABILIDAD EN UN CLIMA CAMBIANTE



Documento preparado por la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Temuco como complemento de la XXII Jornadas de Extensión Agrícola efectuadas en Temuco el día 31 de Agosto de 2011.

Editor: Rodrigo Arias Inostroza, Ing. Agrónomo PhD., MSc.

Comité Organización Jornadas

Rodrigo Arias Inostroza, Ing. Agrónomo PhD., MSc.

Marcelo Toneatti Bastidas, Ing. Agrónomo Dr., MS.

Alejandro Velásquez Briceño, Ing. Agrónomo Dr., MS.

Armin Cuevas Riquelme, Ing. Agrónomo, Téc. Univ. Agrícola

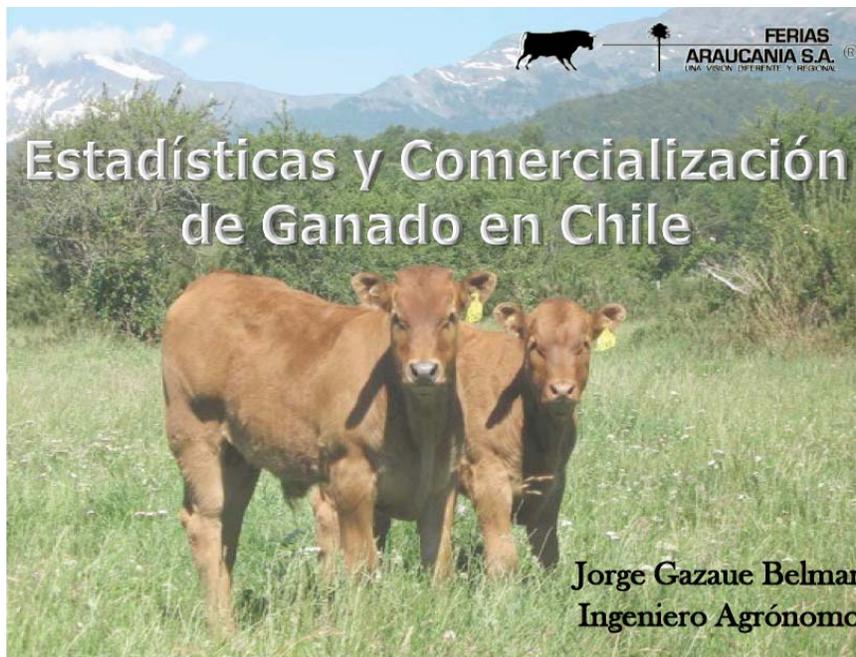
Se agradece el patrocinio de Ferias Araucania S.A. y en particular al Sr. Jorge Gazaue.

Índice

Estadísticas y comercialización de ganado en Chile	4
Predicción del desempeño productivo del ganado bajo condiciones de estrés por barro, lluvia y viento	24
Intensificación de los sistemas ganaderos y la contaminación ambiental, el caso de los gases efecto invernadero y el nitrógeno	29
Implantes promotores del crecimiento en ganado de carne y el riesgo potencial de contaminación ambiental	38
Síntesis de proteína microbiana en el rumen y metodologías para su estimación	45
Manejo nutricional de engordas intensivas para satisfacer las demandas de calidad y sustentabilidad	52
Manejo nutricional para reducir las excreciones de nitrógeno y fósforo del ganado en crecimiento y engorda	76

Estadísticas y comercialización de ganado en Chile

Jorge Gazaue Belmar
Ingeniero Agrónomo, Perito Agrícola
Ferias Araucanía S.A.



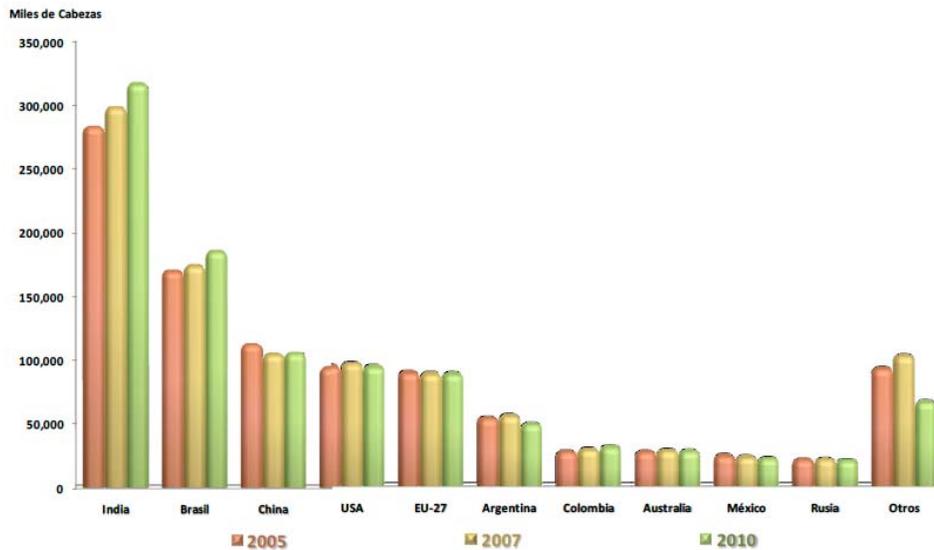


Población Mundial de Bovinos Año 2009



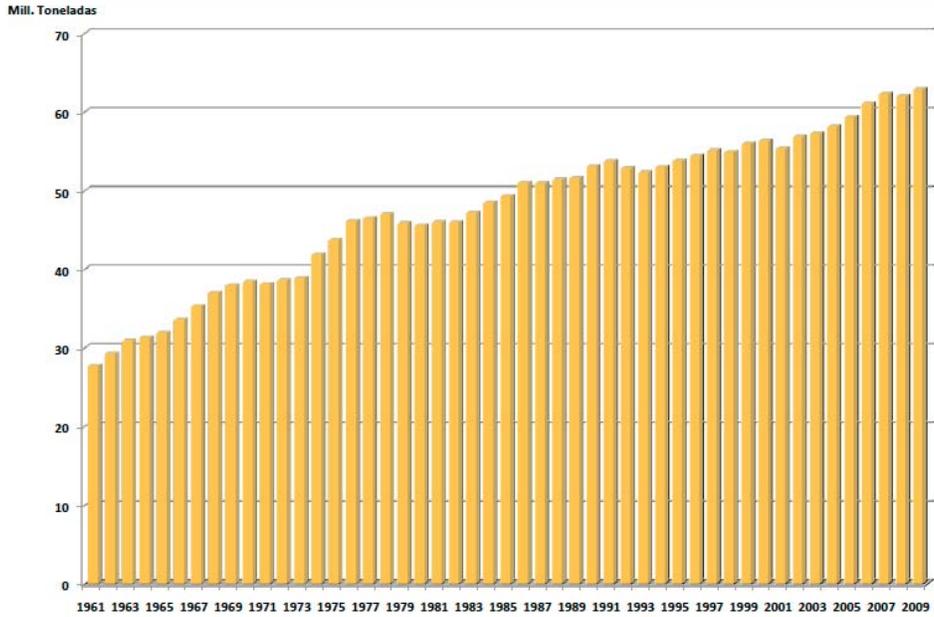
Fuente: FAO

Existencia Mundial de Ganado Bovino



Fuente: USDA

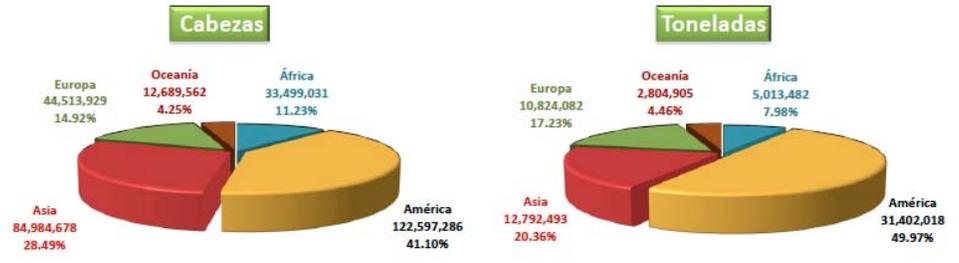
Producción Mundial Carne Bovina



Fuente: FAO

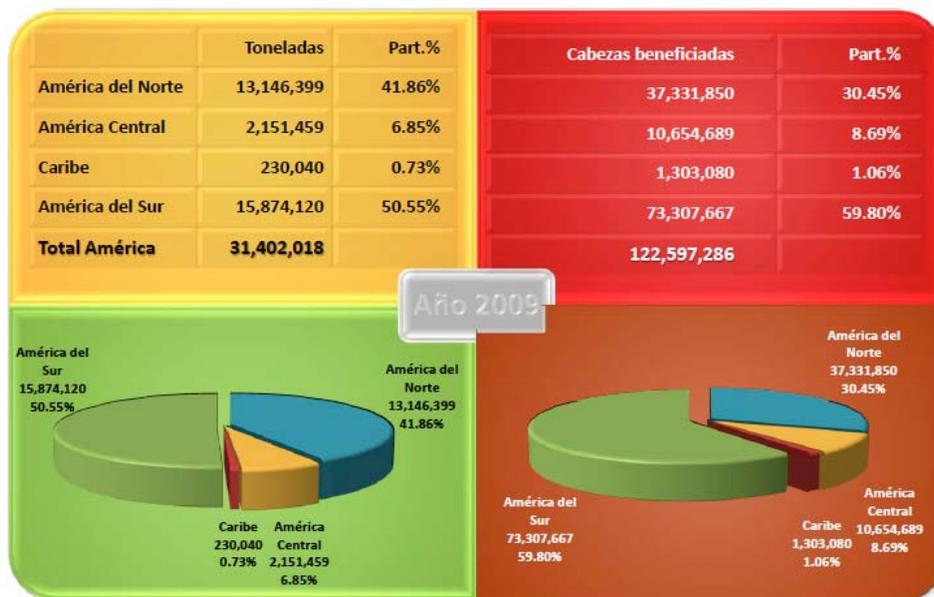
Producción Mundial de Carne Bovina Año 2009

Continente	Cabezas beneficiadas	Part. %	Toneladas	Part. %
África	33,499,031	11.23%	5,013,482	7.98%
América	122,597,286	41.10%	31,402,018	49.97%
Asia	84,984,678	28.49%	12,792,493	20.36%
Europa	44,513,929	14.92%	10,824,082	17.23%
Oceanía	12,689,562	4.25%	2,804,905	4.46%
Total Mundial	298,284,486		62,836,980	



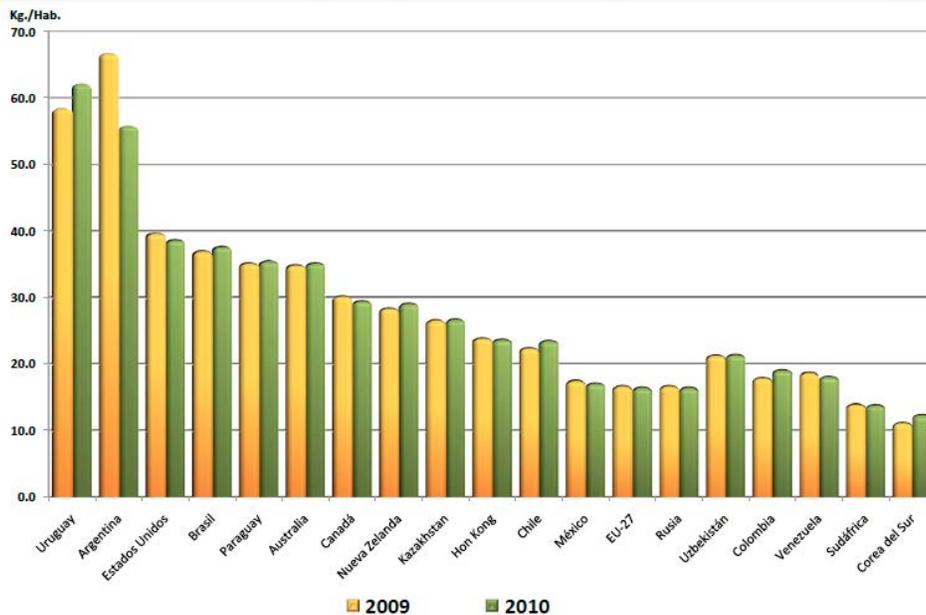
Fuente: FAO

Producción Mundial de Carne Bovina en América

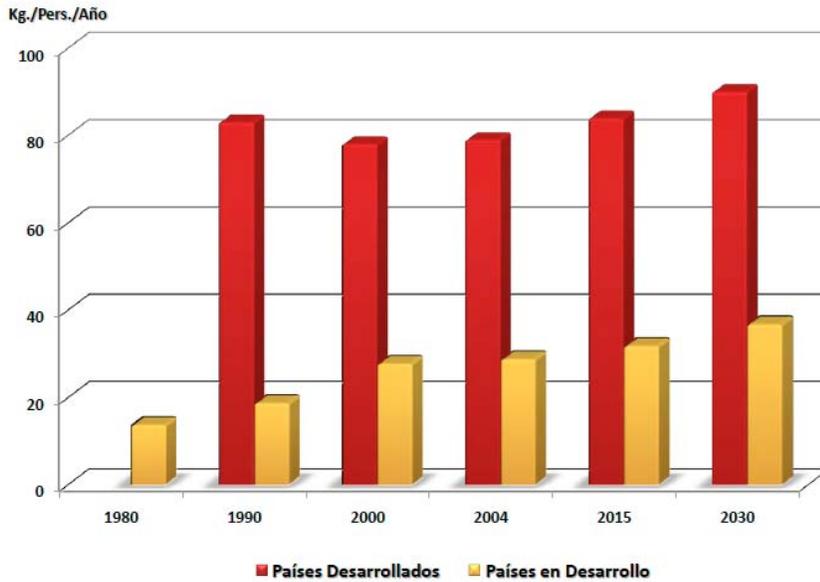


Fuente: FAO

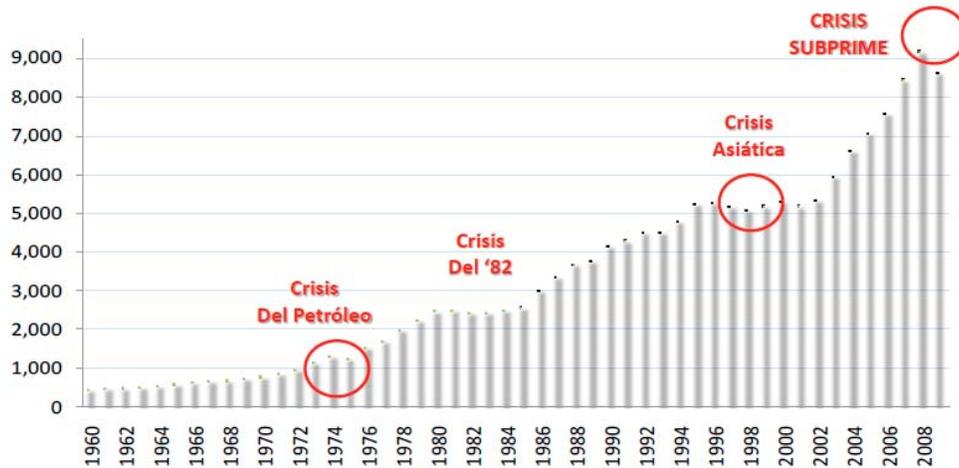
Consumo Mundial Per cápita de Carne Bovina 2009 v/s 2010



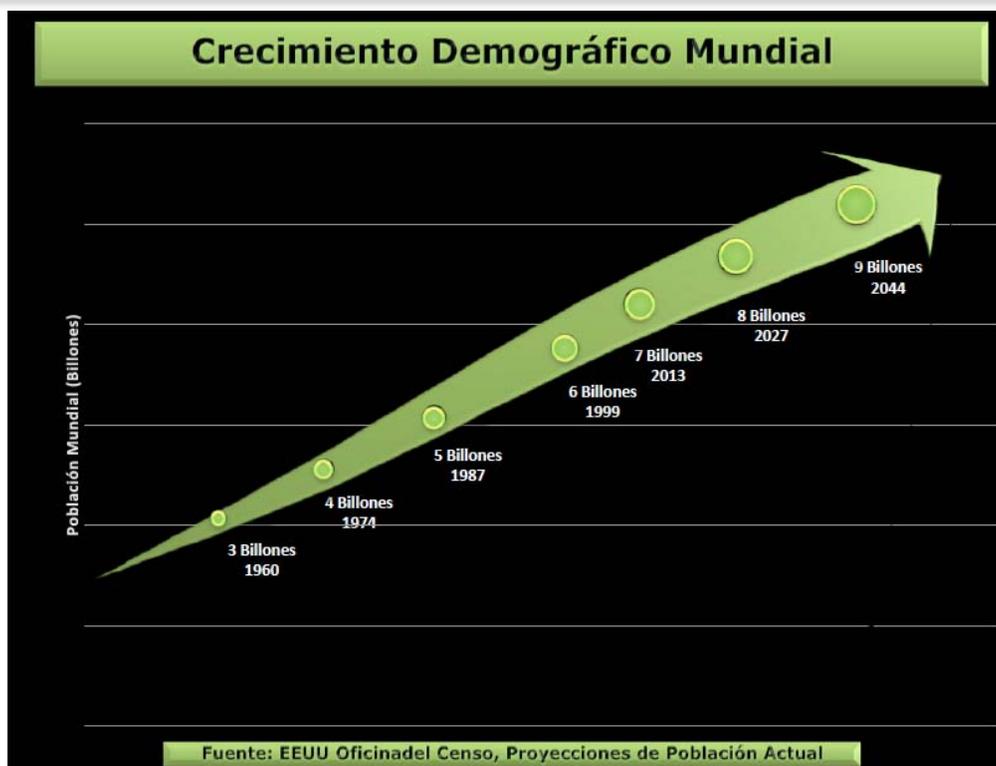
Consumo de Carne 1980-2030



Ingreso: PIB Per cápita Mundial



Fuente: Cuentas Nacionales Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE



Existencia v/s Población e Ingreso

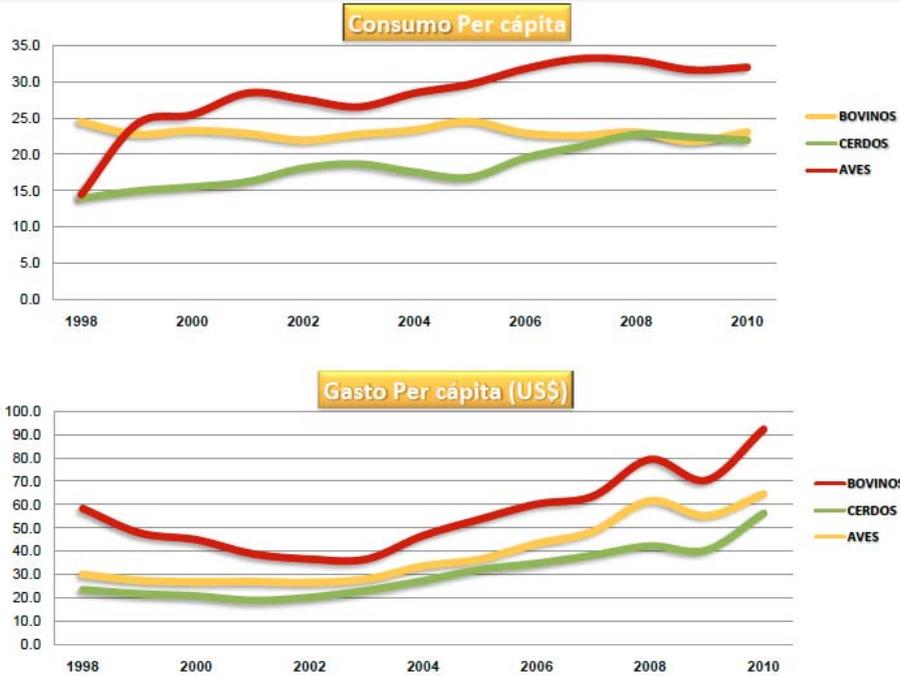
	1995	2000	2005	2006	2007	Variación Anual	Variación del periodo
Existencia Mundial	1,480.1	1,480.1	1,524.5	1,537.9	1,534.3	0.30%	3.66%
Ingreso	5,713	6,115	6,512	5,692	6,671	1.51%	16.77%
Población	5,219	5,293	7,057	7,568	8,436	4.45%	61.64%

La población y los ingresos, crecen más rápido que la oferta

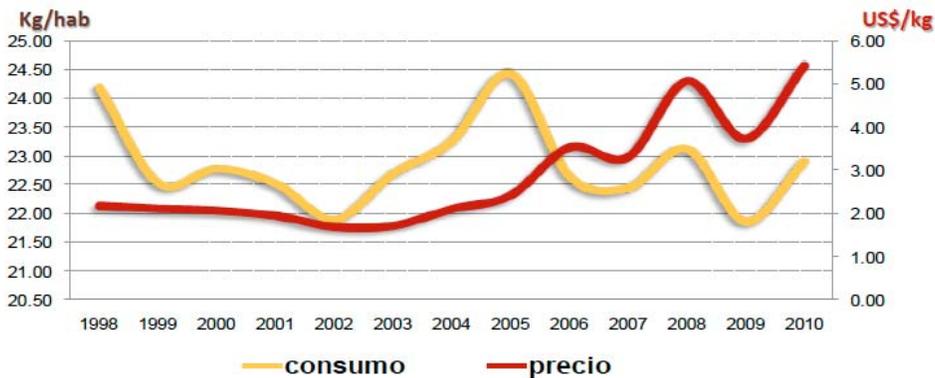
La carne de vacuno es y será un bien escaso

Fuente: USDA

Carnes: Consumo v/s Gasto



Bovinos: Consumo v/s Precio



- Hasta mediados del 2005 la carne está en el piso de 2,0 US\$/kilo
- En el 2008 supera los 5,0 dólares.
- _Hoy está en los 7,0 dólares

FAO: Meta Mundial para los próximos 40 años Producción Mundial de Carnes (Miles de Toneladas)

Periodo	Bovinos	Porcinos	Aves	Ovinos	Otras	Total	Población Mundial
2010	64,874	108,135	94,819	13,054	5,562	286,444	6,825
2050	100,084	147,504	207,222	23,101	8,369	486,280	9,050
Variación	54.30%	36.40%	118.50%	77.00%	50.50%	69.80%	32.60%

1

Para lograr esta meta los bovinos deben pasar de 1.400 millones de cabezas a 2.600 millones. Los ovinos de 1.700 a 2.700 millones; y habría que hacerlo de forma sustentable sin afectar al Medio Ambiente.

2

Los recursos necesarios para la producción de un bife de vacuno llegará a ser 4 a 5 veces superiores a los de la carne de pollo y cerdo.

3

Por lo que va a dejar de ser "un producto de masas" ya que es muy difícil que la producción crezca al mismo ritmo de la demanda, por lo que el valor de la carne de vacuno debería ir aumentando.



¿Porqué crece la demanda del Mercado Mundial en los últimos años?

1

Aumento Poblacional y mejores ingresos.

2

Cambios de hábitos de consumo de países emergentes.

3

Crecimiento de una **nueva clase media**, con la **incorporación de la mujer en la fuerza de trabajo** (creando un segundo ingreso del hogar)

4

Incorporación de **mayor tecnología** en el manejo de los alimentos (procesos, envases, presentación, inocuidad, origen)

5

Aumento de la **migración campo ciudad** (menor ruralidad)

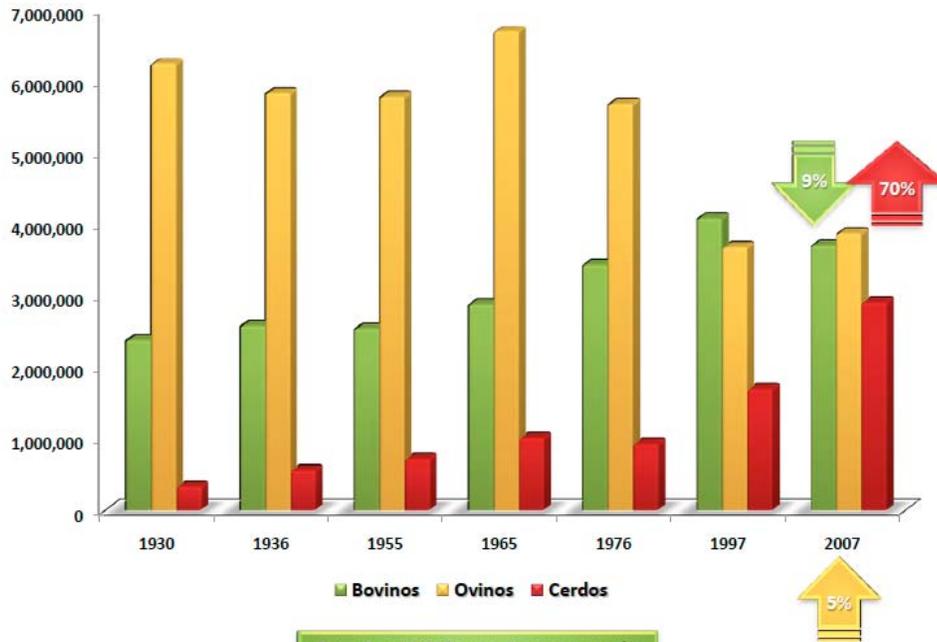
**¿Porqué crece la demanda del Mercado Mundial
en los últimos años?**

Crecimiento de la Población

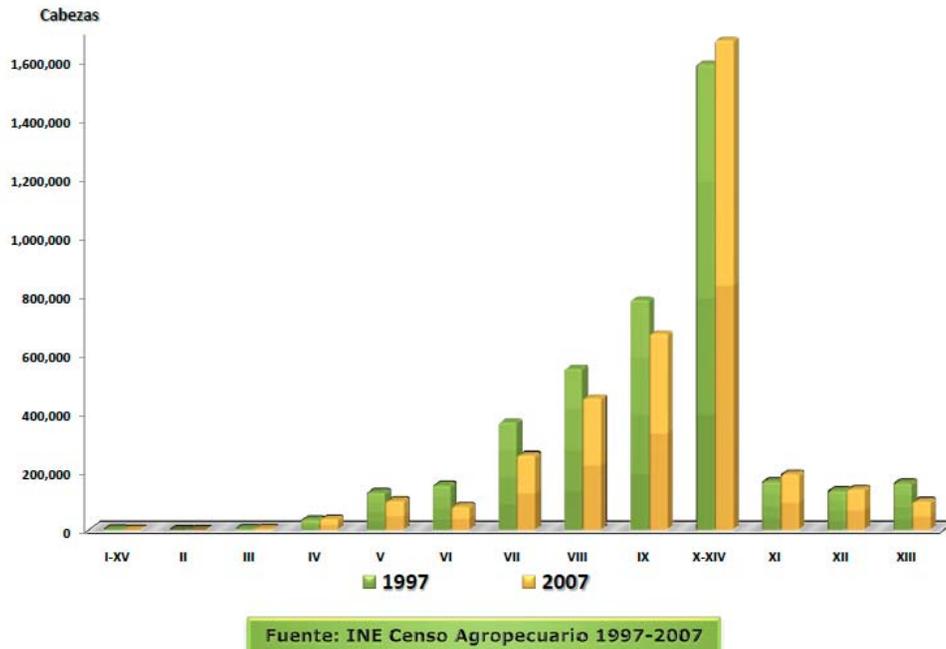
Aumento de los Ingresos



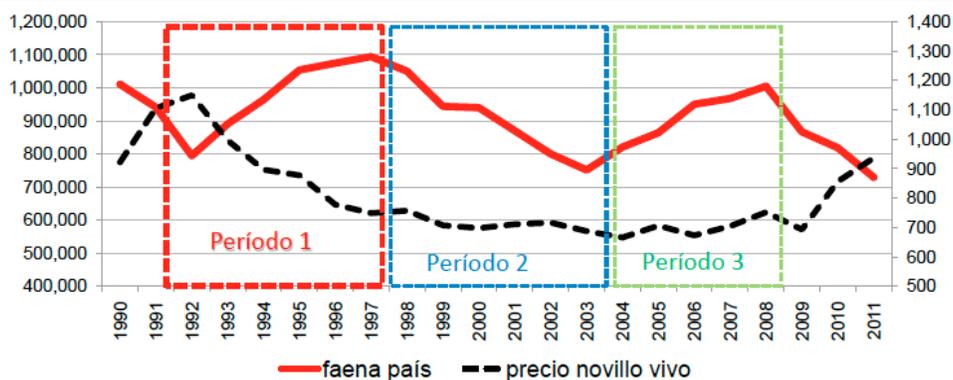
Existencia Nacional de Ganado



Existencia Nacional de Ganado Bovino

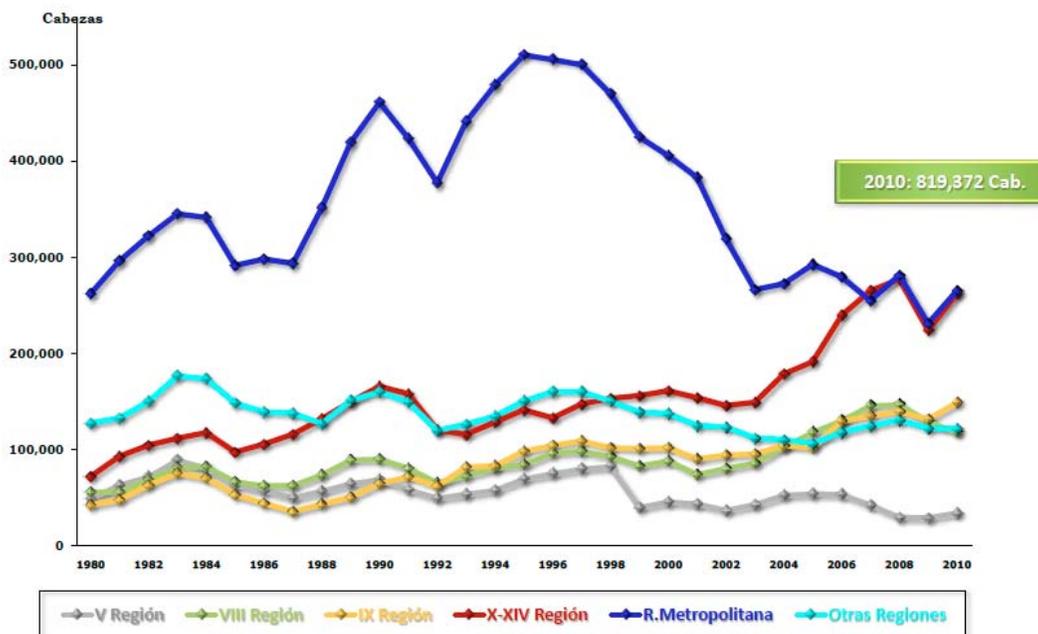


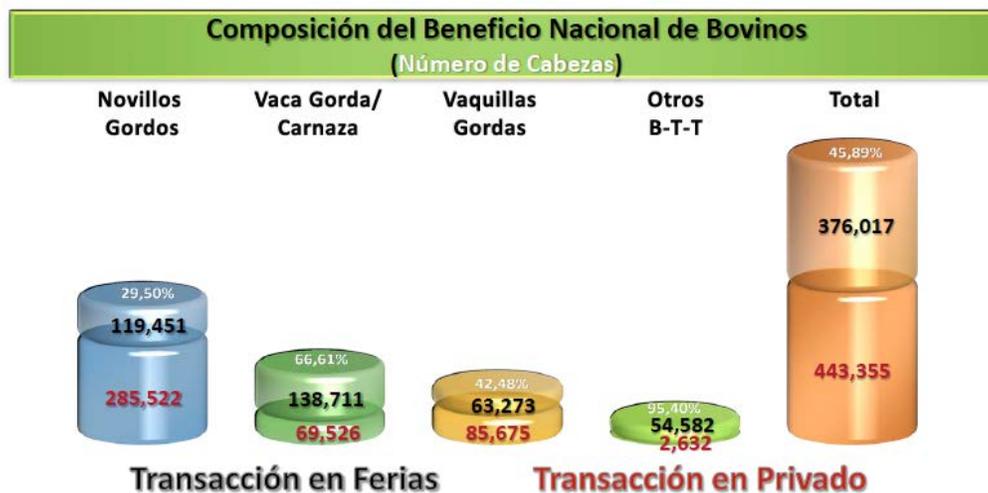
¿Cómo se ha comportado la Oferta Interna?



1. Desde 1990 fase de liquidación de vientres en la medida que aumenta el ingreso de carne importada (1992 a 1997).
2. Desde 1997 a 2003, fase de retención (menor faena), por expectativas que se generaron con la promesa de apertura de la carne chilena al exterior (tipo de cambio alto y precios de los granos bajos)
3. Escasas exportaciones, caída del dólar fuertes importaciones y altos precio del grano, se inicia nueva fase de liquidación. En 2008 se estima que la masa llegó a 3,2 millones de cabezas.

Beneficio Nacional de Bovinos





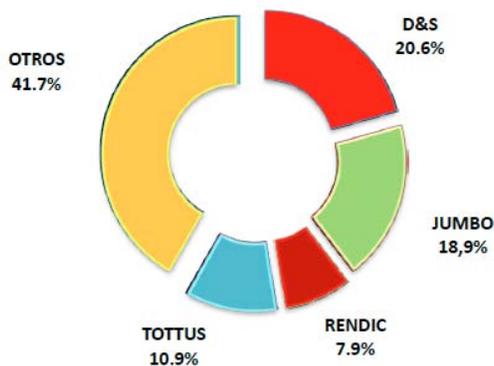
Importaciones



- El consumo actual es 51% de producción nacional y 49% de carne importada.
- La carne importada refrigerada (94,5%) (con origen en el Mercosur).

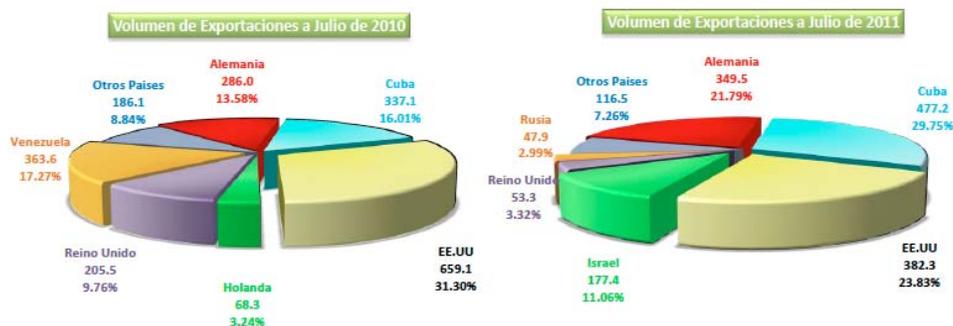
Fuente: ODEPA

Comercialización de las Importaciones



- Las grandes cadenas Importan el 60%.

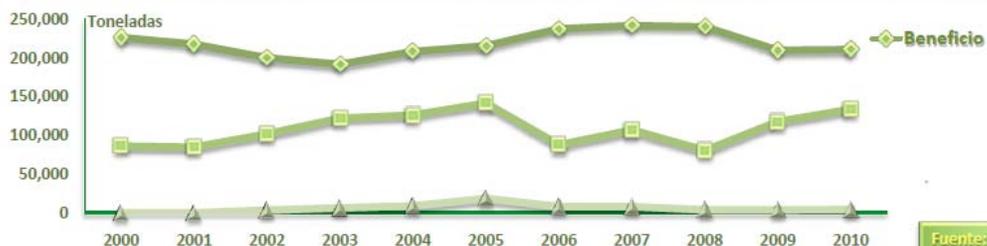
Exportaciones



Fuente: ODEPA

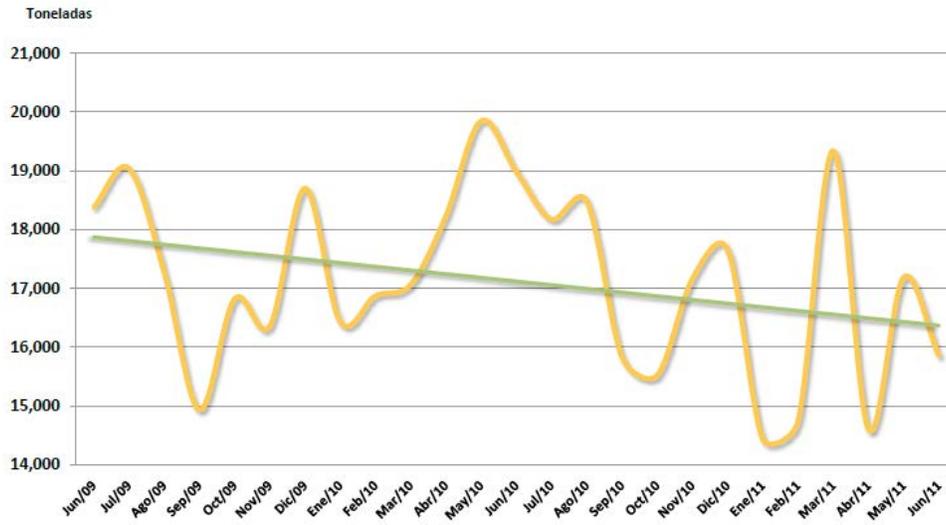
Beneficio, Producción, Importación y Exportación de Bovinos

Año	Beneficio (Cabezas)	Var %	Carne en Vara (Toneladas)	Var %	Importaciones (Toneladas)	Var %	Exportaciones (Toneladas)	Var %
2000	940,374	-0.41%	226,364		86,312	7.96%	108	184.21%
2001	870,282	-7.45%	217,644	-3.85%	84,953	-1.57%	68	-37.04%
2002	800,400	-8.03%	199,957	-8.13%	102,062	20.14%	3,524	5082.35%
2003	751,796	-6.07%	191,784	-4.09%	122,224	20.14%	6,443	82.83%
2004	821,229	9.24%	208,258	8.59%	126,224	2.94%	9,021	40.01%
2005	864,300	5.24%	215,584	3.52%	141,554	12.15%	18,749	107.84%
2006	950,468	9.97%	237,553	10.19%	87,877	-37.92%	8,227	-56.12%
2007	967,979	1.84%	241,677	1.74%	107,025	21.79%	8,073	-1.87%
2008	1,004,773	3.80%	240,257	-0.59%	80,674	-24.62%	4,066	-49.63%
2009	867,220	-13.69%	209,853	-12.65%	117,873	46.11%	4,029	-0.91%
2010	819,372	-5.5%	210,745	0.42%	133,281	13.07%	4,198	4.18%
En-Jun. 10	420,803		107,446,2		57,820		1,521	
En-Jun. 11	365,800	-13.07%	96,175,4	-10.49%	53,282	-7.8%	1,436	-5.6%



Fuente: ODEPA

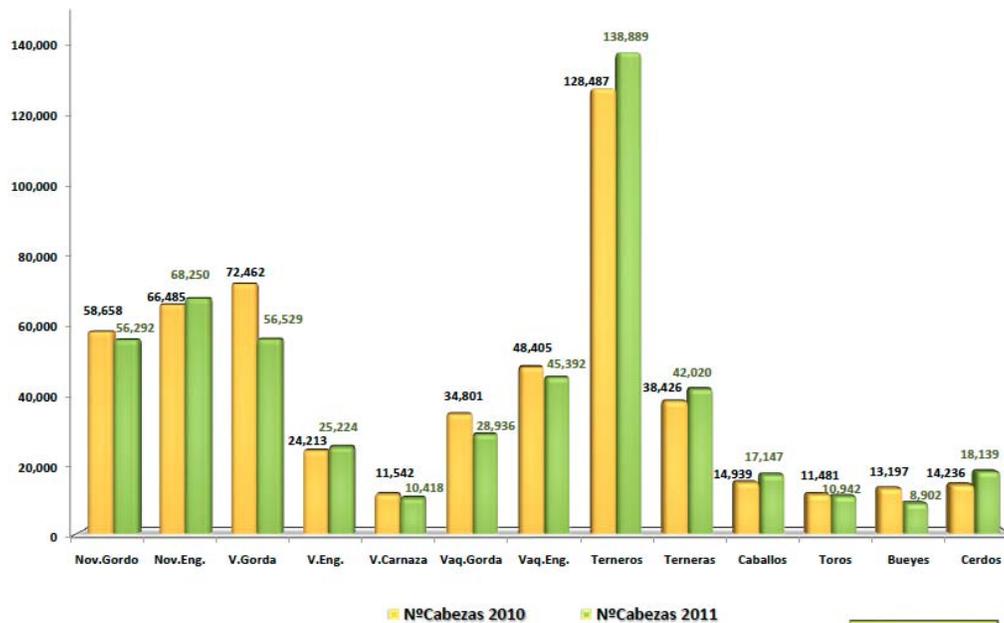
Producción Nacional de Carne Bovina (ton. Vara)



Tendencia Lineal

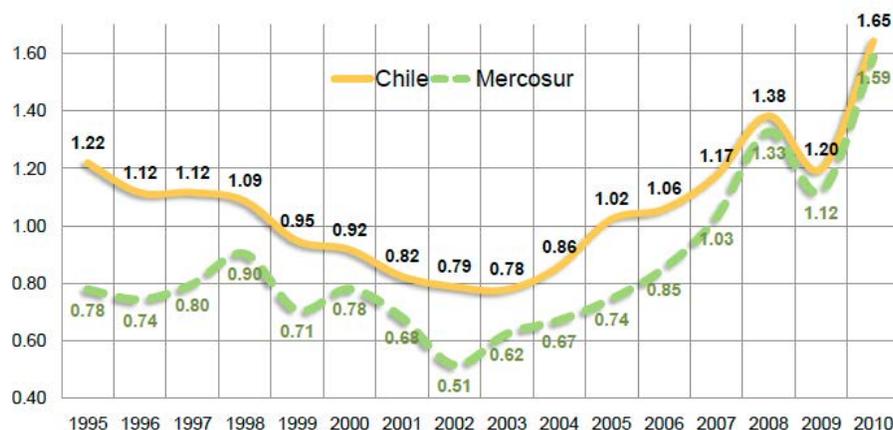
Fuente: INE.

Cantidad por Tipo de Animales Transados a Nivel Nacional Acumulado a Julio de 2011 v/s 2010



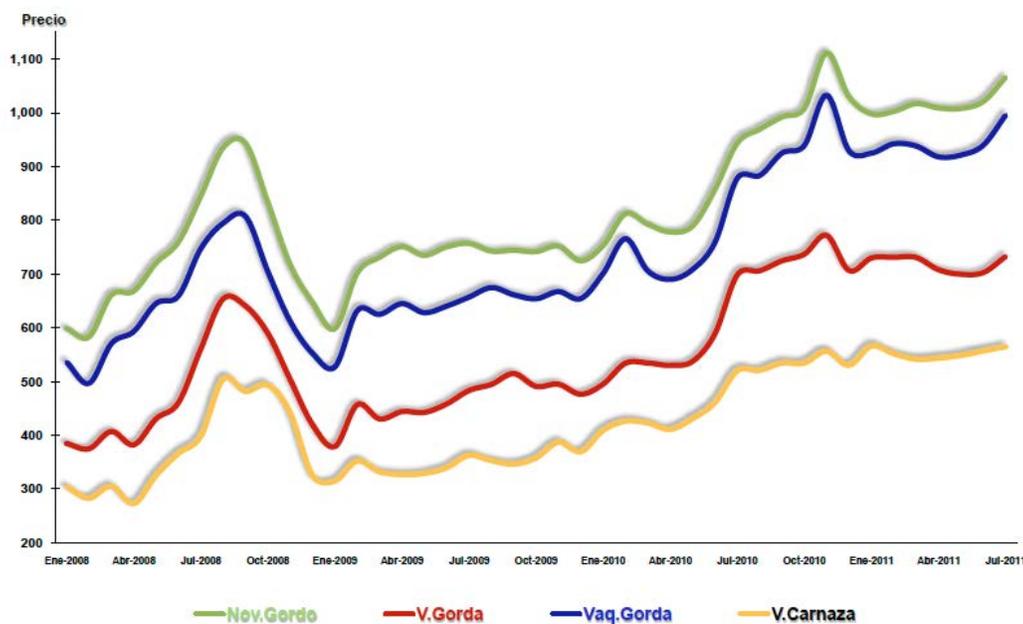
Fuente: Afech A.G.

Evolución del Precio de Chile v/s Mercosur (US\$/Kilo vivo de Novillo)

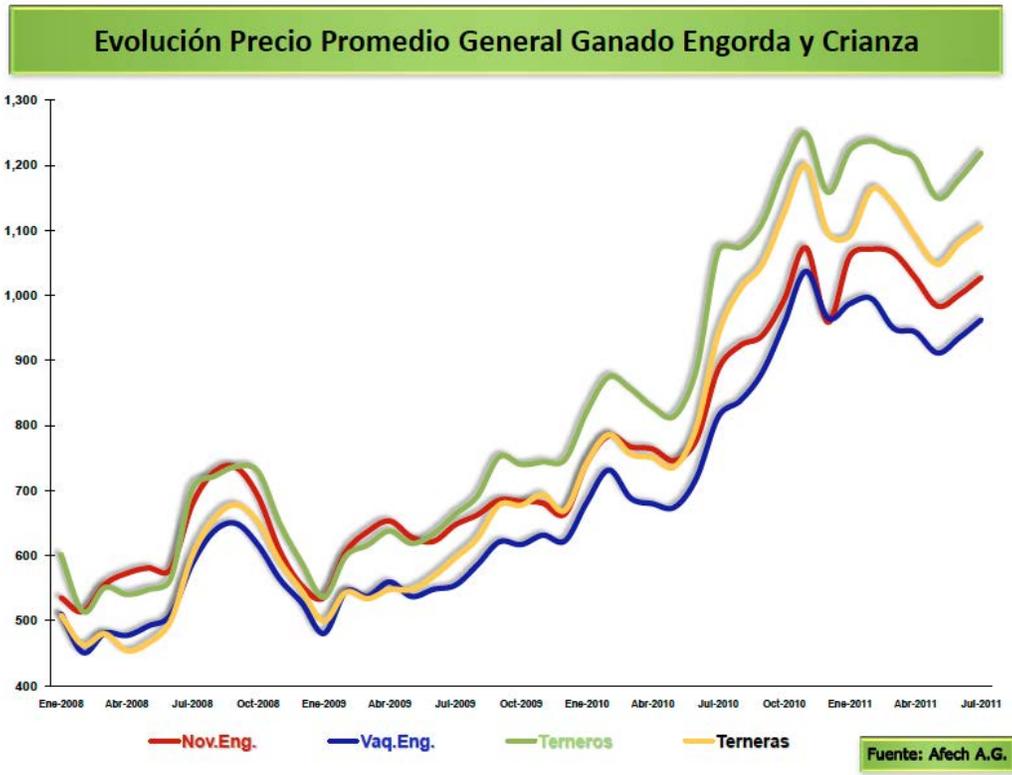


- En el año 1995 la diferencia de precio era de 57% (el 22,5% del consumo era carne importada)
- En el año 2010 la diferencia fue de 3,5% (el 50,1% del consumo era carne importada)

Evolución Precio Promedio General Ganado de Faena



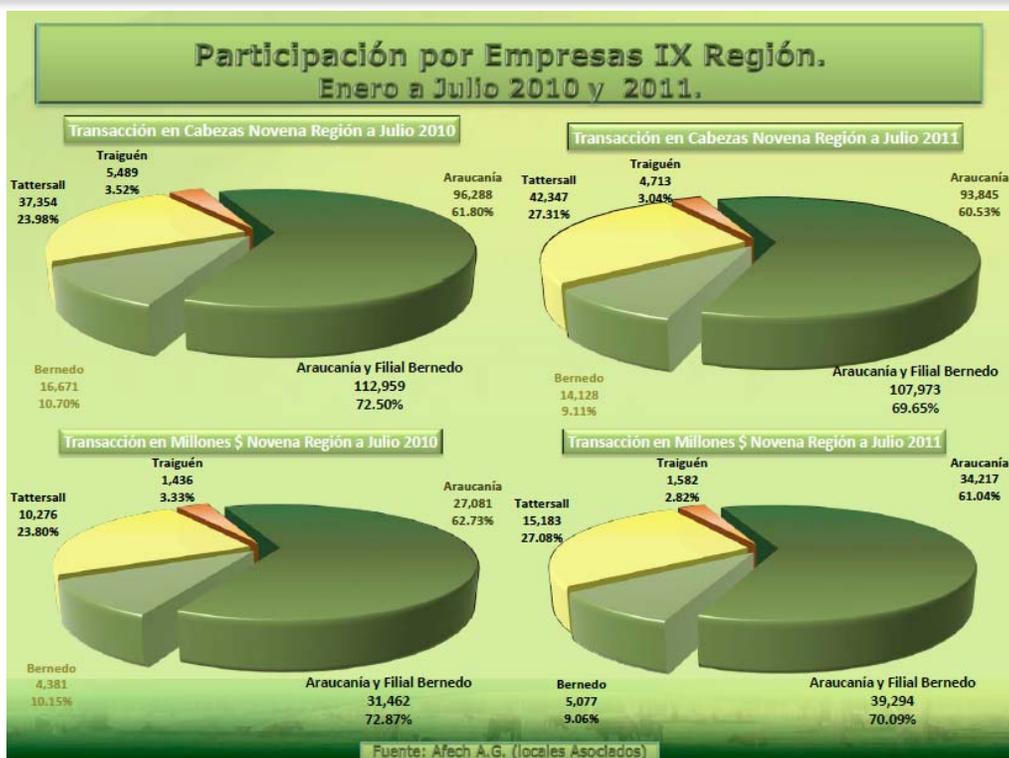
Fuente: Afech A.G.



**Ranking Bovino Locales de Remate Asociados a Afech A.G.
Acumulado Enero a Junio 2011**

Empresa	Local	Transacción (Mill.\$)	Cabezas
Ferías Araucanía S.A.	Temuco	16.678	42.245
Fegosa	Osorno	15.442	48.507
Fegosa	Puerto Montt	12.722	38.218
Tattersall	Freire	10.575	28.428
Ferías Araucanía S.A.	Pitrufquén	9.759	29.054
Fegosa	Paillaco	5.817	21.380
Feria de Los Agricultores	Talca	5.321	14.671
Ferías Bío Bío Ltda.	Los Ángeles	5.112	16.738
Tattersall	Melipilla	4.986	20.541
Tattersall	Osorno	4.929	14.704
Fegosa	Puerto Varas	4.689	15.543
Feria Bernedo S.A.	Temuco	4.513	12.669
Ferías Araucanía S.A.	Victoria	4.296	13.439
Tattersall	Los Ángeles	4.281	11.387
Tattersall	Puerto Varas	3.647	11.611
Tattersall	Curicó	3.600	10.418
Tattersall	Coyhaique	3.473	11.566
Tattersall	Victoria	3.189	10.175
Feria de Los Agricultores	Linares	2.315	7.892
Fegosa	Purranque	2.110	7.906
Tattersall	Bulnes	2.097	6.865
Tattersall	Río Bueno	1.944	7.423
Feria de Los Agricultores	Parral	1.942	6.487
Empresas de la Cruz	Traiguén	1.426	4.296
Tattersall	Linares	1.325	4.448
Regional de Quillota	Quillota	1.014	3.738
Feria de Los Agricultores	San Javier	653	2.330
Feria Bernedo S.A.	Curacautín	137	452





Reflexión Final

Toda persona que trabaje directa o indirectamente en ganadería debe comprender los distintos factores que afectan el precio, con el objetivo tomar buenas decisiones para optimizar y potenciar la **Ganadería Chilena.**



Predicción del desempeño productivo del ganado bajo condiciones de estrés por barro, lluvia y viento

Dr. Terry L. Mader

Animal Scientist, PhD, MS in Animal Science
Haskell Agricultural Laboratory, Concord NE
Universidad de Nebraska

Dr. Rodrigo A. Arias Inostroza

Ing. Agrónomo, PhD, MS in Animal Science
Escuela de Agronomía
Universidad Católica de Temuco

Introducción

El manejo del ganado durante los periodos de clima adverso puede transformarse en un gran desafío. El frío del invierno y el viento, combinados con las precipitaciones, pueden aumentar los requerimientos de mantención del ganado en engorda y disminuir su respuesta productiva. En efecto, a las bajas temperaturas invernales (estrés por frío), que por sí solas puede reducir las utilidades, se debe sumar el efecto negativo del barro. En conjunto ambos factores no solo reducen la respuesta productiva del ganado sino que también disminuyen las utilidades que perciben los productores. El ganado que se encuentra sumido en el lodo tiene una tendencia a comer con menos frecuencia hasta el momento en que la capa de barro en su pelaje reduce su capacidad de aislamiento. En consecuencia, la respuesta productiva del ganado puede verse reducido por múltiples motivos.

Variables meteorológicas y balance energético.

Los animales rumiantes tienen la habilidad de generar una cantidad sustancial de calor mediante la fermentación de los alimentos. Esto puede ser un aspecto negativo durante el periodo estival pero es un gran activo durante el periodo invernal. Sin embargo, algunas condiciones del invierno son tan severas que, a pesar de que el animal puede generar calor para sobrevivir, su productividad se ve comprometida. Las diferencias en productividad son a menudo el resultado de un incremento en los requerimientos energéticos de mantención asociados con la exposición al frío, humedad y/o condiciones ventosas. Para la mayoría del ganado, la eficiencia de conversión de alimento y los requerimientos energéticos de mantención son aproximadamente 15 a 25 % mayores en el invierno respecto del verano, respectivamente. Si el pelaje de los animales está húmedo y con barro, los requerimientos de energía para mantención pueden fácilmente duplicarse, particularmente si los animales no cuentan con protección contra el viento.

Desde el punto de vista del animal las condiciones adversas del clima invernal no se limitan tan solo a temperaturas por debajo de lo normal ya que este suele no ser un mayor problema, especialmente cuando hay poca precipitación o acumulación de nieve. Las condiciones meteorológicas que contribuyen a reducir el desempeño productivo de los animales durante el invierno presentan patrones similares que aquellos que contribuyen a malos desempeños productivos durante el verano. Así entonces, un ambiente de condiciones húmedas y/o el estar mojado pueden contribuir significativamente a estrés por calor o frío. Las tormentas tardías de otoño y tempranas de invierno a menudo contribuyen con el manejo de alimentación del ganado en áreas abiertas debido a días más cortos y al mayor tiempo que toma el secado durante el invierno. Si persisten las condiciones de secado lento y se acumula humedad adicional, entonces las condiciones de mala alimentación serán frecuentes en los meses de primavera. Otras condiciones que afectan negativamente el desempeño productivo del ganado en el invierno son: una velocidad del viento por encima de lo normal; y temperaturas del suelo por debajo de lo normal. Estas condiciones representan un desafío a la capacidad del animal para estabilizar su temperatura corporal con el ambiente a través de las propiedades naturales de aislamiento asociados con el pelaje y la condición corporal.

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

En general, el costo asociado a un completo control del medio ambiente resulta demasiado alto. Sin embargo, existen métodos rentables para ayudar al ganado a adaptarse a las condiciones adversas. Cabe señalar que las condiciones extremas no son tan estresantes para el ganado como si lo son los cambios bruscos en las condiciones meteorológicas, en la que el ganado no han tenido tiempo suficiente para adaptarse. Por lo general, los animales tardan de dos a tres semanas en adaptarse a un cambio de 5°C en la temperatura ambiental. Por ello, las bruscas caídas de temperatura en el otoño y el invierno acompañadas de condiciones de humedad (lluvia o nieve) resultan muy estresantes.

Espacio en los corrales y camas

En la actualidad existe una serie de acciones que se pueden implementar en el invierno para mejorar la comodidad del animal. El uso de residuos de cosecha o aserrín como camas ayudan al ganado a aislarse de la tierra fría durante condiciones extremas de frío. Estos materiales son mejores para las camas que aquellos similares al heno, ya que son menos palatables. En consecuencia habrá menos probabilidad de que el ganado se alimente del material utilizado como cama y más probabilidades de que permanezcan alimentándose de la ración suministrada. Alrededor de 1 a 2 kg de cama por cabeza al día puede lograr una gran mejora en la productividad de los animales. Un resumen de datos de estudios realizados en Colorado y Dakota del Sur muestran que bajo condiciones de alimentación general, las ganancias y la eficiencia de alimentación se puede mejorar casi un 7% mediante el uso de camas (Tabla 1). Curiosamente, las respuestas más importantes se produjeron durante la última parte de la engorda en comparación con principios del período. Esto se deba probablemente a los problemas que a menudo experimentan los animales de mayor peso con la condición húmeda y fangosa, que se presentan junto a las precipitaciones de finales de invierno y principios de primavera en estas localidades. El ganado de menor peso (mas liviano), una vez que está en alimentación, generalmente no se ven tan afectado.

Considerando el precio actual de los alimentos, los costos de alimentación diaria para mantener a una animal que esta parcialmente húmedo (mojado), en el periodo invernal, alcanzan 2 a 3 veces el costo de incluir el material para una cama que mantenga al animal seco. Esto es una alternativa barata, especialmente si los precios del heno, el maíz u otros alimentos son relativamente altos en comparación con el costo del material para elaborar la cama. Además, una vez que el animal está seco, el uso de camas podría disminuir, mientras que si no se utiliza las instalaciones, por lo general, se mantendrán húmedas y así también el animal.

En otros estudios, realizados en Nebraska (Tabla 2), se encontró que si el espacio del corral disponible es amplio entonces los beneficios del uso de camas se diluye. Asimismo se observó que la duplicación del espacio del corral en el invierno minimiza los efectos adversos de barro y/o húmedos condiciones. En el estudio, la cama se aplicó a razón de aproximadamente 1 kg/cabeza/día durante 65 de los 110 días del período de alimentación. En general, no es necesario aplicar la cama todos los días, tan sólo durante los períodos que son muy fríos, o cuando las condiciones meteorológicas tienden a producir superficies lodosas a través de las cuales el ganado tiene que caminar de bien echarse. Algunas predios no pueden darse el lujo de doblar el espacio en los corrales, ni tienen el deseo de utilizar camas para el ganado. No obstante, al menos los animales jóvenes o aquellos que son susceptibles a enfermarse son candidatos para el uso de camas. Los productores deben mantener la ropa de cama. Si se decide a utilizar camas, es necesario limpiar estas áreas de forma periódica. Además de proporcionar al ganado un área seca, tanto grande como sea posible, para permitir a los animales dispersarse y echarse. Cuanto más se concentran los animales en condiciones de humedad menos posibilidades habrá de que se seque la superficie, lo que aumentará los

requerimientos de energía de mantención. Uno de los mayores obstáculos para el desempeño productivo del ganado en los meses no estivales es el barro. En el ganado, el barro disminuye la capacidad del pelo para proporcionar aislamiento y bajo condiciones de congelación y deshielo hace que las superficies sean difíciles para un normal desplazamiento del ganado.

Cortinas de Viento y Cobertizos

En promedio, el ganado alimentado en el invierno con protección contra el viento tiene un rendimiento un poco mejor que el ganado sin protección contra el viento. Además, hay una gran cantidad de datos que muestran que el estrés por frío estimula el consumo de alimento. Sin embargo, la combinación de menos horas de luz al día en el invierno y el frío, pueden traducirse en un comportamiento más agresivo en las zonas de alimentación (comederos). Así, el consumo de alimento no es siempre mayor. En estas condiciones, la protección contra el viento ha resultado ser útil, especialmente para el ganado de mayor peso. Es importante diseñar barreras contra el viento para mantener la nieve fuera de las zonas en las que se mantiene al ganado.

El ganado nuevo que entra en el corral así como el ganado que está aproximadamente de 30 a 45 días del sacrificio es el más susceptible al frío. Ellos necesitan un refugio y/o camas para mantener la salud y el consumo de alimento. Es aceptable cambiar la dieta a una más rica en fibra cuando hay una tormenta, ya que se minimiza el exceso de comida o la acidosis, pero no se debe ser demasiado agresivo al realizar estos cambios de dieta. Cuanto más estable se mantenga el ambiente ruminal, mejor. Aun cuando se genera más calor por unidad de energía digestible en el forraje, hay más energía (calor) en los granos cuando se mide por unidad de peso.

Finalmente, un reciente interés ha sido establecido en sistemas de engorda en confinamiento con suelo sólido, en los que se aplica cama todo el año en los corrales una vez por semana. Estas unidades pueden tener un costo de dos o tres veces por sobre los sistemas tradicionales de engorde y se han mostrado promisorios en el control de la cantidad total de residuos que tienen que ser manejados para un mayor control de las exigencias ambientales. Estas unidades parecen presentar mayores ventajas en zonas en donde el drenaje superficial es pobre, el suelo y las condiciones invernales promueven la acumulación de barro, y en donde el agua residual generada por la precipitación normal constituye un problema de eliminación. En el entorno actual de la alimentación del ganado, es cada vez más importante mantener la comodidad de ganado, no sólo para optimizar la eficiencia, sino también para lograr la confianza y aceptación de los consumidores. Mantener al ganado seco, limpio y cómodo es fundamental para lograr esta meta, ya sea en sistemas de engorda abiertos o en sistemas más sofisticados de mayor inversión en infraestructura.

En resumen, para mejorar el confort de los animales en los corrales de engorda y otras áreas durante el periodo invernal, se puede considerar seguir las siguientes indicaciones: 1) Si es posible, las instalaciones deben estar diseñadas para drenar adecuadamente el agua lejos de las zonas en las que el ganado normalmente se reúne. 2) Empujar la nieve fuera de los corrales (de preferencia después de cada tormenta) o por lo menos hacia los perímetros de las instalaciones. Esto minimizará los efectos del derretimiento gradual y ayudará a un el secado más rápido de las zonas de descanso. 3) Suavizar o derribar las superficies ásperas o congeladas que impidan al ganado el acceso al agua y alimento. 4) Duplique la asignación de espacio de los animales (en la medida de lo posible). El espacio adicional minimiza la acumulación de lodo y permite un mayor acceso a las zonas secas para que los animales se echen. 5) Utilice camas. Hay momentos en que el uso de cama resulta esencial para mantener la comodidad y bienestar animal, sin importar el tipo de explotación ganadera. Esto es especialmente cierto en lugares

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

que no están bien drenados y tienen protección contra el viento que atrapa nieve y se vuelvan en las instalaciones de ganado.

Tabla 1. Efecto del uso de cama (paja de trigo) en corrales de engorda durante el invierno y primavera^a

Ítem	Sin Cama	Con Cama
Ganancia diaria de peso, kg		
día 0 a 67	1,36	1,41
día 68 a 172 ^b	1,36	1,49
día 0 a 172 ^b	1,36	1,46
Consumo diario de MS, kg		
día 0 a 67	6,73	6,63
día 68 a 172	9,35	9,55
día 0 a 172	8,33	8,41
Alimento:Ganancia ^c		
día 0 a 67	4,95	4,70
día 68 a 172 ^b	6,90	6,44
día 0 a 172 ^b	6,14	5,77

^a Análisis conjunto de estudios ejecutados en Colorado y Sur Dakota. La fecha aproximada de sacrificio del ganado fue mediados a fines de Mayo (primavera).

^b Medias de tratamientos son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 2. Efectos del espacio por corral y uso de cama evaluados sobre dos ensayos invernales de 110 días de engorda*

	Ensayo 1		Ensayo 2	
	~65 días	sin cama	sin cama	sin cama
Cama – 1 kg/día				
Superficie– m ² /cabeza	46,5	46,5	46,5	23,2
Ganancia diaria de peso, kg	1,75	1,74	1,78 ^a	1,66 ^b
Consumo diario de MS, kg	10,07	10,16	10,19	10,03
Alimento:Ganancia	5,76	5,85	5,72 ^c	6,08 ^d

* Los ensayos fueron ejecutados simultáneamente con un tipo de ganado similar en cada ensayo.

^{a,b} Medias de tratamientos son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

^{c,d} Medias de tratamientos son estadísticamente diferentes ($P < 0.10$).

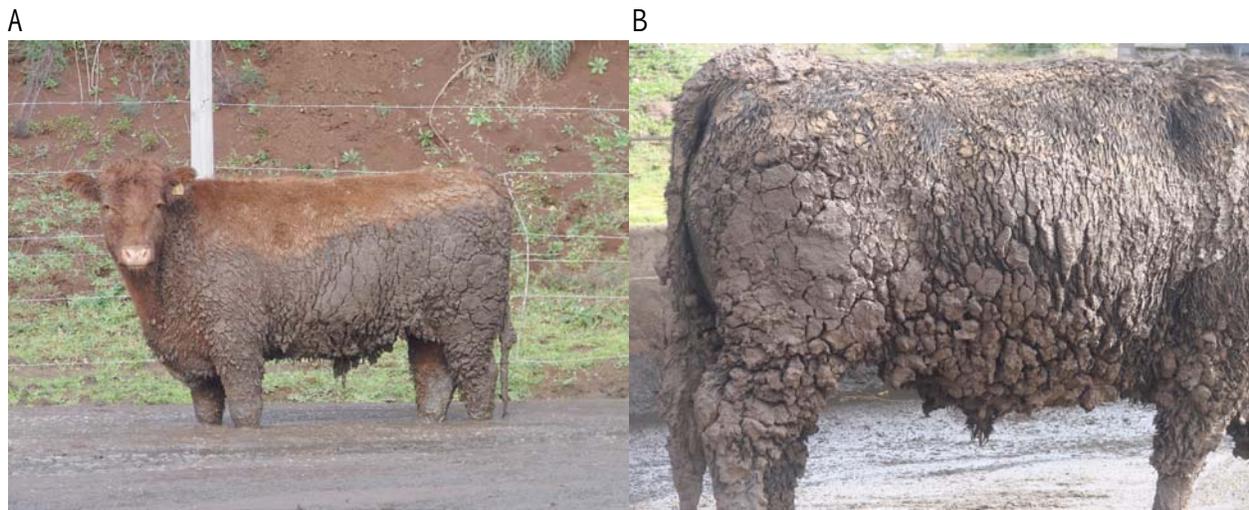


Figura1. Nivel de barro en una engorda a corral en la zona de los Ángeles, Chile. A) La profundidad máxima del barro medida en el corral fue de 43 cm. B) Animal con pelaje totalmente húmedo y barro adherido reduce significativamente su capacidad de aislación (fotos Rodrigo Arias 2011).

Intensificación de los sistemas ganaderos y la contaminación ambiental, el caso de los gases efecto invernadero y el nitrógeno

Rodrigo A. Arias Inostroza
Ing. Agrónomo, PhD., MS, in Animal Science
Escuela Agronomía, Universidad Católica de Temuco

Introducción

Durante los últimos años tanto la comunidad mundial como los gobiernos han incrementando su preocupación por temas medioambientales y del cambio climático. En efecto, hace más de una década la mayoría de los países se adhirió a un tratado internacional denominado “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (<http://unfccc.int/2860.php>), con el fin de estudiar alternativas para reducir el calentamiento global y adoptar medidas de mitigación que disminuyan la velocidad del mismo. Asimismo, las redes sociales y las manifestaciones ciudadanas a nivel global, en torno a estos temas, son cada vez más frecuentes y con mayor adherencia. En este mismo sentido, un Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (<http://www.ipcc.ch>), creado en 1988, ha examinado las investigaciones científicas y ofrecido a los gobiernos resúmenes y asesoramiento sobre los problemas climáticos. Por otra parte, el aumento de la población mundial y las mayores expectativas de vida son elementos relevantes a la hora de explicar el aumento en la demanda de alimentos que se prevé en las próximas décadas. Se estima que cada 11 años la población mundial crece en mil millones de habitantes, lo que antes demoraba 130 años. Sin embargo, no se trata tan sólo de más bocas que alimentar sino también de un mayor poder adquisitivo, en especial en los países desarrollados y en vías de desarrollo.

Ante un escenario como el expuesto anteriormente existe cierta incertidumbre y cuestionamientos lógicos respecto del como la actividad agropecuaria nacional e internacional enfrentará estos desafíos. No debemos olvidar que nos encontramos se debe mejorar la producción pero con una gran presión por el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales. Cabe entonces preguntarse ¿Cómo éste escenario afectará la producción ganadera futura, especialmente la de carne y leche bovina?, o bien ¿Cuales serán las demandas ambientales para la comercialización de los productos pecuarios?.

Intensificación y Confinamiento

El aumento de sistemas productivos altamente intensivos y de confinamiento, durante los últimos 25 años, se explica por la mayor demanda de productos de origen animal, acuñándose el concepto de ganadería industrial. Esta puede ser definida como aquellos sistemas en los que menos del 10% del alimento es producido dentro de la explotación (Livestock and the Environment, 1996). Sin embargo, casi a la par de su origen la intensificación de los sistemas productivos ganaderos ha sido tema de debate debido a los efectos que puede tener en la disponibilidad de alimentos, la utilización de los recursos y la contaminación ambiental. En general, se asocia a estos sistemas intensivos con mayores problemas ambientales. Lo anterior, debido al alto uso de insumos externos (fertilizantes, combustibles, etc.) que generan una pérdida de biodiversidad, degradación del suelo, contaminación de las aguas, aire y suelo. Sin embargo, en muchas ocasiones suele utilizarse los conceptos de «intensificación» y «confinamiento» como sinónimos cuando en la práctica no lo son. En efecto, la intensificación se define como la adopción de un

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

sistema de producción que resulta en una mayor producción (más producto por unidad animal o por superficie), es decir, más kilos de carne por hectárea o mayores rendimientos de la canal o bien más litros leche por vaca/hectárea. Bajo este concepto se puede incluir una serie de herramientas tecnológicas que impactan positivamente la producción (genética, sincronización de celos, inseminación artificial, dietas balanceadas, etc.). Por otra parte, el confinamiento se define como una alta concentración de animales en una superficie reducida por un tiempo determinado. Por lo tanto, los sistemas de confinamiento son una alternativa más de intensificación pero ésta última no necesariamente implica confinamiento. En USA son comunes las engordas a corral y lecherías con altas densidades animales es decir un alto nivel de confinamiento e intensificación, en muchos casos >10.000 cabezas en superficies reducidas (Figuras 1 y 2). Cabe señalar que en Chile gran parte de la ganadería de carne presenta baja intensificación, mientras que la ganadería de leche es más intensificada y tecnolizada. Si bien no existen estadísticas oficiales, se estima que el nivel de confinamiento es más bien bajo, dados los sistemas productivos imperantes, especialmente en la zona centro sur del país.

Indudablemente la ganadería industrial, como hasta ahora la conocemos, genera problemas ambientales y de bienestar animal. Entre los principales problemas ambientales podemos mencionar los residuos que los animales generan, los que se producen en gran cantidad y en reducidas unidades de superficie. En este sentido, se ha planteado que para asegurar la sustentabilidad y reducir la contaminación se debe volver a sistemas menos intensivos (“más naturales”) e incluso hasta se ha propuesto eliminar la proteína de origen animal, pues habría otras fuentes disponibles para satisfacer los requerimientos de las personas. Sin embargo, éstas propuestas son más bien expresiones filosóficas que no tienen sustento. No se debe olvidar que la población mundial aumentará a unos 8.226 millones para el año 2030 y con ello la demanda de proteína y productos de origen animal. Así entonces, la propuesta anterior implicaría una menor producción de alimentos y una mayor demanda por uso de suelo, aumentando con ello la deforestación para incorporar nuevas tierras a la producción, más uso de combustibles, fertilizantes y agroquímicos, resultando además en una mayor emisión de gases efecto invernadero (GEI).

Los sistemas intensivos y particularmente los CAFO (de sus siglas en inglés Operación de Alimentación de Animales Confinados) tienden a asociarse con mayores producciones de residuos (heces y orina) en comparación a los sistemas convencionales o más extensivos, y por lo tanto tienden a ser negativamente evaluados. En efecto, en 1992 la Unión Europea elaboró una Política Común Agrícola (CAP, de sus siglas en inglés) para regular la producción, el comercio y procesamiento de productos agrícolas. Posteriormente, en 1999 se crearon los marcos regulatorios medioambientales (AES, Agri-Environmental Schemes) con la intención de promover métodos que sean compatibles con la protección del medio ambiente. Estas políticas indudablemente tienen un efecto en las exigencias que los países de la Unión Europea imponen a sus productores y en consecuencia a los productos que se importan, especialmente en el ámbito ambiental y de bienestar animal. Es lógico pensar que dada la importancia de estos temas muy probablemente la mayoría de los países adscriba exigencias de esta índole en el mediano a largo plazo. En efecto, en algunos países el etiquetado de los productos animales según el método de producción es obligatorio, con ello los consumidores tienen la posibilidad de apoyar la protección ambiental y bienestar animal. Este es el escenario al que los productores nacionales deben prepararse para comercializar sus productos, por ello resulta vital evaluar los sistemas productivos, ya que según un informe de la CEPAL (2009), Chile se encuentra entre los países de América Latina con mayor vulnerabilidad frente a las nuevas exigencias ambientales. Se debe considerar además, que en Agosto del 2010 el Gobierno de Chile presentó su compromiso de realizar acciones apropiadas de mitigación con el objeto de limitar en un 20% las emisiones de GEI respecto de la proyección del escenario de referencia al

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

2020. Sin duda, esto tendrá un efecto en el sector pecuario toda vez que en Chile el sector agrícola es el tercero en importancia en emisión de GEI detrás del sector energía y procesos industriales. Además, de la producción total de metano del sector agrícola, casi la totalidad (>95%) está asociada a la fermentación entérica (fundamentalmente a la producción de rumiantes).

Otro aspecto que se debe considerar dice relación con el cómo se realiza el análisis de tipo económico y productivo de las explotaciones pecuarias, las que tradicionalmente se han efectuado en términos de unidad de superficie, es decir, \$/ha o kg/ha. Sin embargo, con este nuevo enfoque basado en la sustentabilidad, el análisis debiera reorientarse hacia la unidad de producto obtenido, es decir, GEI/residuos por kilo de carne o por litro de leche. Todo ello en un marco en que se asegure la sustentabilidad económica de la empresa.

Intensificación y Gases Efecto Invernadero

Los GEI se han transformado en un importante tema para la producción animal a nivel mundial, particularmente en la producción de rumiantes, debido a las consecuencias que los estos gases tienen en el cambio climático (Steinfeld et al., 2006). Los principales GEI incluyen dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Entre los GEI, N₂O y CH₄ presentan los mayores potencial de calentamiento de la atmósfera alcanzando 25 y 298 veces más que el CO₂, respectivamente (IPCC, 2007¹). En conjunto estos gases se expresan como equivalentes CO₂ (CO₂ eq). Desde el punto de vista ganadero, el CH₄ es con frecuencia el gas de mayor contribución a nivel de predial (Beauchemin et al, 2010; Veysset et al, 2010), ya que es uno de los productos resultantes de la fermentación ruminal. En este sentido existe numerosa evidencia científica de que el tipo de dieta tiene un efecto sobre la producción de CH₄. Un aumento en el uso de concentrados en la dieta disminuye en gran medida la metanogénesis por unidad de alimento ingerido (Johnson y Johnson, 1995; Martin et al, 2010), lo que se debe principalmente al cambio en la microflora ruminal que resulta en una mayor producción de propionato, mientras que dietas fibrosas producen preferencialmente de acetato, butirato y CH₄.

En un estudio reciente Capper y col (2009) compararon el impacto ambiental causado por un sistema de producción de leche tradicional (año 1944) vs. uno moderno (año 2007). Los sistemas más intensificados muestran un aumento significativo de la producción de leche (58,5%) con un menor número de animales por litro de leche producida (~78% menos animales). Esto implica menos producción de GEI por litro de leche (3,66 vs 1,35 kg CO₂ eq/kg leche), así como menos estiércol por litro de leche producido, y una menor superficie de suelo. No obstante, cuando las comparaciones se hacen a nivel de individuo, es decir, por cabeza los valores de GEI y residuos son mayores en los sistemas más intensivos. En otro estudio, realizado en Irlanda por Casey y Holden (2005), se señala que en la medida en que se intensifica un sistema (es decir, > carga animal, > fertilización N y uso medio de concentrados) se reduce la cantidad de GEI por litro de leche, mientras que aumenta la cantidad de GEI por hectárea. Similares respuestas han sido observadas en sistemas de producción de carne por Harper y colaboradores (1999), quienes reportaron menores producciones de GEI en sistemas más intensivos respecto de sistemas convencionales (0,23 vs. 0,07 kg CH₄/animal para dietas 100% praderas vs. dietas con 80% de granos respectivamente). McGinn y col (2011) reportaron valores similares de producción de CH₄ (0,141 kg/animal) para animales en condiciones de pastoreo en Australia. A la fecha, no existen en Chile estudios que evalúen la producción de GEI en función de la dieta, lo que representa un desafío para los investigadores nacionales. Sin embargo, el mayor desafío para reducir los GEI

¹ IPCC = de sus siglas en Inglés Panel Intergubernamental para el cambio climático

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

no se encuentra necesariamente en la engorda, las que dependiendo del precio del mercado pueden incorporar más granos o alimentos de mayor digestibilidad en la dieta, reduciendo así la producción de GEI. Es en la crianza donde se presentan los mayores desafíos, pues cerca del 80% de las emisiones GEI del sector bovino de carne provienen de este sector productivo, según estudios recientes realizados en Canadá.

Otro aspecto a considerar en el caso de los sistemas intensivos y especialmente en los de animales confinados es el manejo de los residuos, ya que éste es un potencial agente de contaminación ambiental y de riesgo para la salud humana. Los residuos líquidos y sólidos son generalmente almacenados en pozos o en pilas de compostaje para posteriormente ser aplicados a praderas o campos para reciclar los nutrientes que se encuentran en ellos (fundamentalmente N, P y K) y mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Un estudio realizado por Hao y colaboradores (2001) señala que la emisión de GEI durante el proceso de compostaje reduce el valor agronómico del compost. Los autores elaboraron un estudio en que compararon el impacto de dos métodos de compostaje (pasivo y activo (6 volteos)) sobre la producción de GEI, determinando que el método activo de compostaje produjo 127% 7 29% más CO₂ y CH₄ que el método pasivo, respectivamente. Asimismo, las pérdidas de N en la forma de N₂O fueron 0,11 y 0,19 kg N Mg⁻¹ estiércol para el método pasivo y activo, respectivamente. Es esperable que las regulaciones en el manejo del estiércol cobren cada vez mayor relevancia. Otro tema de estudio, relativamente nuevo a nivel internacional, es el destino y transporte de bioaerosoles asociados al manejo de estiércoles en sistemas de producción intensivos y CAFO. Estos bioaerosoles son pequeñas partículas de origen biológico que se mueven en el aire, que en éste caso pueden transportar agentes potencialmente dañino para los seres humanos (endotoxinas, virus, bacterias, etc). Un detallado análisis de éste tema fue recientemente presentado por Dungan (2010). Adicionalmente, las pilas de compostaje, pozos y material aplicado en praderas también generan GEI (óxido nitroso, metano) y amoníaco (Figura 3). Actualmente se están realizando diversos estudios para determinar cual es el manejo que genera menores cantidades de GEI, a modo de ejemplo se puede señalar que la aplicación subterránea resulta en menos producción de GEI que el desparramar los residuos líquidos. Asimismo, se debiese evitar el movimiento de las pilas de compostaje pues esto aumenta la producción de GEI.

Intensificación y emisiones de N

El nitrógeno (N) constituye un importante elemento en la producción animal porque forma parte de los aminoácidos que constituyen la proteína de tejidos de origen animal, leche, huevos y lana (Elizondo, 2002; Francis et al., 2007; Van der Hoek, 1998). Además, constituye un importante factor en la producción de forraje, el que a su vez proporciona más del 70% de la ingesta de proteínas mundial por los animales (Van der Hoek, 1998). Un exceso de N en la dieta se traduce en un riesgo de contaminación del medio ambiente y mayores pérdidas económicas para el agricultor (Dumont and Salazar, 2001). Las heces y orina eliminados por los animales pueden causar impactos negativos en la calidad del agua, emisión de olores, moscas y compuestos nitrogenados tales como NH₄⁺, NO₃⁻ y NO₃⁻ hacia la atmósfera o aguas subterráneas y también emisiones de metano (Van Horn et al., 1996). Lo anterior resulta en problemas de eutrofización por N y fósforo, acidificación por amoníaco, óxido de nitrógeno y compuestos de azufre (Sánchez 2006). En 1991 la Unión Europea presentó las normas sobre nitratos, la cual tiene por objeto prevenir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por nitratos procedentes de fuentes agrícolas. Estas normas establecen medidas obligatorias que implican un límite en la cantidad de estiércol (orina y heces) que se pueden aplicar por unidad de superficie cada año. Este límite tiene consecuencias muy importantes en la determinación de la carga animal en las explotaciones ganaderas. Por lo tanto, existe un creciente interés en el

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

desarrollo de métodos para predecir la excreción de N y de medidas de mitigación para reducir la producción de N en las heces y la orina en la producción animal (Yan et al., 2007).

A nivel global existen diversos esfuerzos por desarrollar estrategias de alimentación que permitan mejorar la utilización de N por parte de los animales, disminuyendo las pérdidas y mitigando los impactos ambientales. Una reducción del exceso de N en la dieta disminuye el contenido de N en las heces y orina, por lo que la elaboración de dietas que se ajusten a los requerimientos de los animales ayuda a prevenir la excesiva excreción de N y otros nutrientes (Galyean, 2000; Klopfenstein et al., 2002). En la zona centro-sur de Chile, la combinación de condiciones edafoclimáticas y del manejo de las praderas, permite una gran producción de materia seca con muy buenas características nutricionales. Sin embargo, en muchas ocasiones la proteína cruda (PC) alcanzan valores por sobre el 30%, valor muy superior al que necesita una vaca de alta producción o un animal en engorda, causando un problema de desbalance nutricional y de contaminación ambiental.

En Chile existen pocos estudios respecto de la eficiencia de uso de nitrógeno en el ganado de carne. No obstante, las consideraciones medioambientales están recibiendo cada vez más atención en las agendas políticas, sociales y económicas de diversos países del mundo. Por ello, se espera que las exigencias en la producción de alimentos de origen animal de alta calidad reduzcan al mínimo los efectos negativos sobre el medioambiente y en lo posible aumenten la eficiencia productiva. El deterioro del medio ambiente es ocasionado en parte por las excreciones generadas por los animales que incluyen gases orina y heces, lo que en conjunto contribuyen al efecto invernadero y la contaminación del suelo y especialmente de las aguas subterráneas (Ibarra et al., 2006). A modo de ejemplo, De Klein y col (2009), indican que la principal fuente de N_2O en los sistemas de pastoreo son las excretas depositadas por animales en pastoreo o aplicada a la tierra como abono, recogidos en la sala de ordeño, o el sistema de alojamiento invernal. Según Erickson y col (1999), cada animal excreta alrededor de 2,2 kg/animal/d. Si se considera que la masa ganadera en Chile alcanza a 3,7 millones de cabezas, se liberan diariamente cerca de 10.340 ton de estiércol o el equivalente a 55,94 ton/d de N. Lo anterior no sólo genera pérdidas económicas, sino que también un deterioro ambiental (Alfaro and Salazar, 2005).

Implicancias

En Europa y en USA la intensificación en la producción pecuaria es una realidad que ha permitido satisfacer la creciente demanda de alimentos. Sin embargo, estos sistemas han causado un impacto negativo en el ambiente a través de los años producto de la falta de políticas y normas regulatorias. Hoy en día éstas políticas y estándares son una realidad en muchos países (no aún en Chile). Su implementación permitiría mantener o aumentar los niveles productivos sin perjudicar los recursos naturales y al mismo tiempo reducir los GEI. En el futuro debiéramos contar con tecnologías de intensificación que mejoren la eficiencia productiva, elemento clave en el negocio pecuario ya que determina la utilidad final que el productor logra. Estas tecnologías son una necesidad ya que en todos los escenarios evaluados por diversos organismos internacionales se proyecta que la producción bovina, y de rumiantes en general, se intensificará reduciendo la superficies pastoreadas, aumentando el uso de cultivos o granos para mejorar la conversión (kg alimento por kg de carne/leche producida) y con ello mejorar la eficiencia productiva de los animales. En este contexto, hace unos años se está trabajando en la búsqueda de animales de alta eficiencia en base a mediciones del consumo residual de alimento (RFI = Residual Feed Intake), la idea es seleccionar aquellos animales que presenten mayor eficiencia en desmedro de aquellos que consumiendo igual o más alimento producen menos.

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

Es evidente que todos los sistemas de producción pecuaria tienen un impacto ambiental, la idea entonces es que éste sea mínimo pero que al mismo tiempo maximice la cantidad de productos obtenidos para mejorar la rentabilidad económica del negocio y satisfacer la creciente demanda de alimentos. Basados en las proyecciones de cambio de temperaturas y precipitaciones para el territorio nacional, es posible especular que en el mediano y largo plazo existirá una mayor competencia por el uso del suelo en la zona centro-sur del país, especialmente en el valle central. En consecuencia, los sistemas ganaderos serán forzados a moverse a sectores marginales que en general tienen menor potencial productivo o bien deberán mejorar la eficiencia mediante la intensificación, tal y como ocurrió en la zona central con el boom de la fruta años atrás. En ambos casos el manejo animal (bienestar), nutricional y de los residuos cobrará mayor relevancia toda vez que serán exigibles a la hora de comercializar los productos.

Finalmente como dijo Einstein “si se busca resultados distintos, no hay que hacer siempre lo mismo”. Por ello los productores deben estar atentos y tomar las decisiones correctas acordes a la realidad, social, económica y productiva.

Literatura citada

- Alfaro, M., and F. Salazar. 2005. Ganadería y contaminación difusa, implicancias para el sur de Chile. *Agricultura Técnica* 65: 330-340.
- Beauchemin, K.A., H.H. Janzen, S.M. Little, T.A. McAllister, and S.M. McGinn. 2010. Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. *Agricultural Systems* 103:371–379.
- Capper, J.L., R.A. Cady and D.E. Bauman. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *J Anim Sci* 87:2160-2167.
- Casey J. y N. Holden. 2005. The Relationship between Greenhouse Gas Emissions and the Intensity of Milk Production in Ireland. *J Environ Qual* 34:429-436.
- CEPAL. 2009. Cambio Climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Reseña. 161 p.
- De Klein, C. A. M., C. Pinares-Patino, and G. C. Waghorn. 2009. Greenhouse gas emissions. In: R. W. McDowell (ed.) *Environmental impacts of pasture-based farming*. p 1-32. CAB International.
- Dumont, J., and F. Salazar. 2001. Manejo y utilización de purines en planteles ganaderos. In: L. Opazo, A. Torres, y E. Siebald. (ed.) *Hacia un nuevo estilo productivo*. p 29-33. Centro Nacional de Investigaciones INIA. Serie Actas N° 9, Remehue., Osorno, Chile.
- Dungan, R.S. 2010. Board-Invited Review: Fate and transport of bioaerosols associated with livestock operations and manures. *J Anim Sci* 88:3693-3706.
- Elizondo, J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del nrc para ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana* 13: 41-44.
- Erickson, G. E., T. J. Klopfenstein, T. Milton, and D. Herold. 1999. Effects of matching protein requirements on performance and waste management in the feedlot Nebraska Beef Report No. MP71. p 60-63. University of Nebraska, Lincoln Nebraska.
- Francis, C. A., J. M. Beman, and M. M. M. Kuypers. 2007. Mini-review new processes and players in the nitrogen cycle: The microbial ecology of anaerobic and archaeal ammonia oxidation. *The ISME Journal* 1: 19-27.
- Galyean, M. L. 2000. Environmental stewardship in the future: Nutrient management issues and options for beef cattle feeding operations. *J. Anim Sci.* 79: 1-c-9.
-

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

- Harper, L.A., O.T. Denmead, J.R. Freney, and F.M. Byers. 1999. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. *J Anim Sci* 77:1392-1401.
- Hao, X., Chi Chang, F.J. Larney, and G.R. Travis. 2001. Greenhouse Gas Emissions during Cattle Feedlot Manure Composting *J Environ Qual* 30:376-386.
- Ibarra, D., L. Latrille, and F. Wittwer. 2006. Incremento en la proteína no degradable en el rumen de vacas lecheras 2. Efectos sobre utilización y excreción de nitrógeno. *Arch Med Vet* 38 219-225.
- Klopfenstein, T. J. et al. 2002. Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution Council for Agricultural Science and Technology (CAST) No. Number 21. p 16.
- McGinn, S.M., D. Turner, N. Tomkins, E. Charmley, G. Bishop-Hurley, and D. Chen. 2011. Methane Emissions from Grazing Cattle Using Point-Source Dispersion. *J Environ Qual* 40:22-27.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, and C. de Haan. 2006. *Livestock's Long Shadow – Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Van der Hoek, K. W. 1998. Nitrogen efficiency in global animal production. *Environmental Pollution* 102: 127-132.
- Van Horn, H. H., G. L. Newton, and W. E. Kunkle. 1996. Ruminant nutrition from an environmental perspective: Factors affecting whole-farm nutrient balance. *J. Anim Sci.* 74: 3082-3102.
- Veysset, P., M. Lherm, and D. Babin. 2010. Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: Model-based analysis and forecasts. *Agric. Syst.* 103:41–50.
- Yan, T., J. P. Frost, T. W. J. Keady, R. E. Agnew, and C. S. Mayne. 2007. Prediction of nitrogen excretion in feces and urine of beef cattle offered diets containing grass silage. *J. Anim Sci.* 85: 1982-1989.



Figura 1. Sistemas de engorda a corral (Feedlot 18.000 animales), Ainsworth Nebraska-USA (foto Rodrigo Arias)



Figura 2. Lechería en confinamiento (10.000 vacas en ordeña), Dry Creek Idaho-USA (foto Rodrigo Arias).

Producción de Carne: Aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad

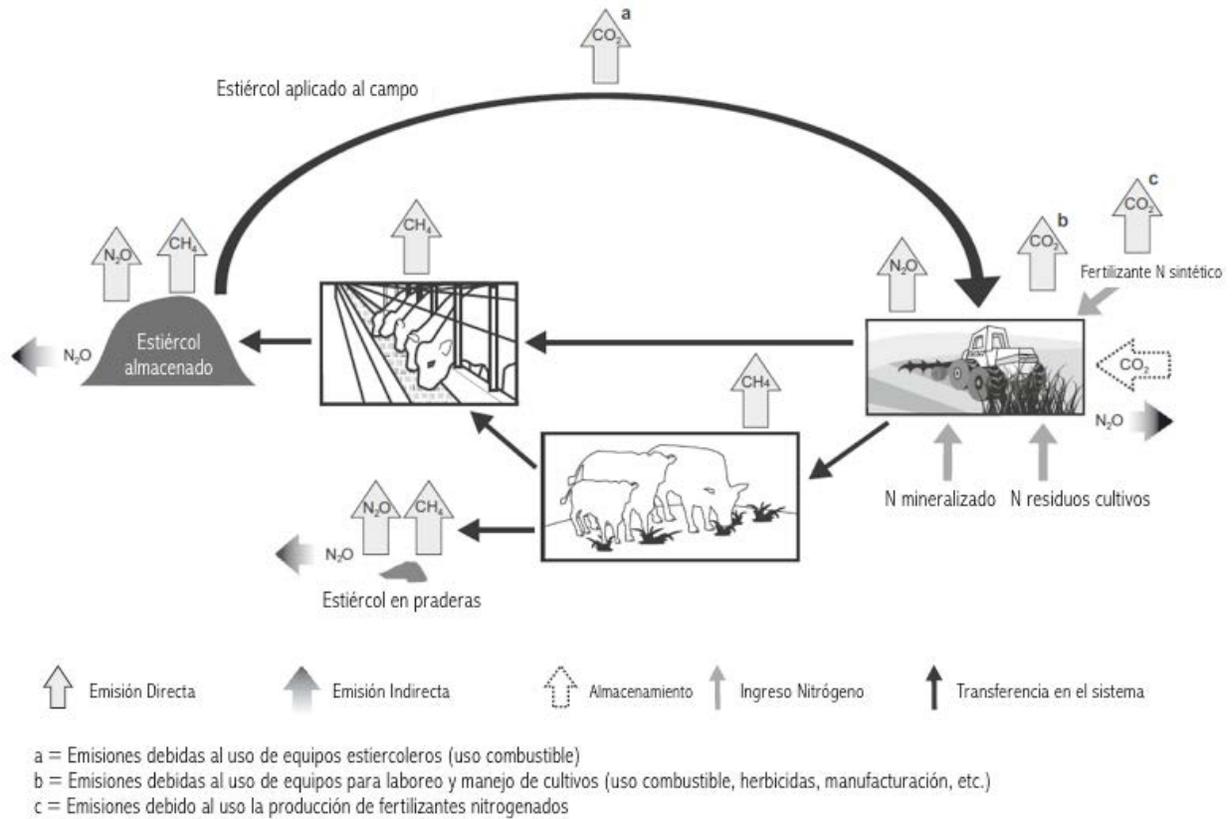


Figura 3. Ciclo de vida de GEI en un sistema de producción de carne (adaptado de Beauchemin y col., 2010)

Implantes promotores del crecimiento en ganado de carne y el riesgo potencial de contaminación ambiental

Dr. Terry L. Mader

Animal Scientist, PhD MS in Animal Science
Haskell Agricultural Laboratory, Concord, NE
University of Nebraska

Dr. Rodrigo A. Arias Inostroza

Ing. Agrónomo, PhD MS in Animal Science
Escuela de Agronomía
Universidad Católica de Temuco

Introducción

La utilización de implantes promotores del crecimiento y aditivos alimenticios es una práctica extensiva en la industria ganadera actual, cuyo principal objetivo es reducir los costos totales de producción. Si bien ambos tienden a mejorar el desempeño productivo del ganado, los implantes mejoran tanto la eficiencia alimenticia como la ganancia diaria de peso, mientras que los aditivos, en general, tienden a influir en la micro flora del tracto digestivo y el medio ambiente, lo que a su vez, promueve una mejor salud animal lo que finalmente se traduce en una mejora de la eficiencia de conversión alimenticia. En general, cuando estos productos son utilizados de forma adecuada, tienen efectos similares tanto en ganado de carne como en ganado de leche utilizado para la producción de carne.

Los implantes promotores del crecimiento han sido utilizados masivamente en producción de carne por más de 30 años. Sin embargo, desde entonces se han registrado importantes y significativos cambios en los tipos de implantes y en las estrategias de uso. Con anterioridad a 1987 los implantes disponibles utilizaban agentes estrogénicos, los cuales mejoran el uso de los nutrientes para mejorar el crecimiento. Esos productos incrementan la eficiencia del alimento en un 5 a 10% y la ganancia diaria de peso de un 5 a 15%. A partir de 1987 se aprueba la utilización de los agentes androgénicos, específicamente el acetato de trembolona (TBA, de sus siglas en Inglés), que estimula el crecimiento muscular. Este compuesto tiene un efecto aditivo al existente ejercido por los implantes estrogénicos y adiciona un 2 a 3 % más en conversión alimenticia y de un 3 a 5% en ganancias diarias de peso. El retorno de la inversión es variable, pero sólo en contadas situaciones el retorno de los implantes es menor a 5 veces la inversión original. Si bien los implantes tienden a ser más efectivos en engordas a corral, su uso también ha sido efectivo bajo otras situaciones productivas. Los implantes promotores de crecimiento aprobados en Estados Unidos son extremadamente seguros, no solo para el ganado sino también para los productores que manipulan los productos y para los consumidores que ingieren la carne de animales implantados. En los Estados Unidos no existen tiempos de espera (carencias) para ninguno de los implantes disponibles que han sido aprobados.

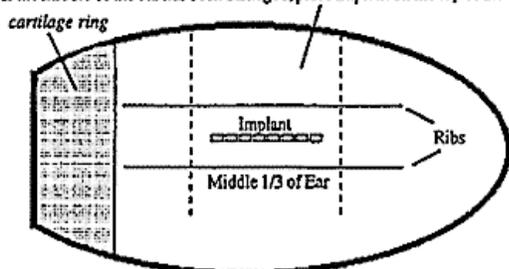
Mecanismos de acción y administración

El ganado debe tener un adecuado plano nutricional antes de que los implantes puedan influenciar positivamente su desempeño productivo. La mayor respuesta a los implantes tiende a ser observada en ganado mayor cerca del periodo de máxima deposición de tejido muscular (magro). Generalmente, esto corresponde a ganado por sobre el año de vida que consume altos niveles de alimento de alta densidad energética. Los estrógenos tienden a realzar el consumo de alimento, pero mejoran tanto la eficiencia de conversión como las ganancias diarias de peso. El acetato de trembolona, casi no tiene efecto sobre el consumo de alimento, presenta

un mecanismo de acción ligeramente distinto al de los estrógenos y tiende a complementar y realzar la respuesta estrogénica. Johnson y colaboradores (1996) indicaron que los implantes estrogénicos aumentan los niveles circulantes de somatotropina (ST) y del factor de crecimiento insulínico tipo-1 (IGF-1). Ambas sustancias aumentan la utilización de los nutrientes y la eficiencia de la deposición de tejidos. La IGF-1 es un péptido mitogénico que estimula la proliferación celular y la diferenciación en músculos y otros tejidos, dependiendo de la concentración de ST. Los compuestos androgénicos, como el TBA, estimulan los receptores andrógenos de la membrana que incrementan la producción celular de proteína, mientras que simultáneamente reducen la producción de hormona adrenocorticotropica (ACTH). Debido a que ACTH incrementa el catabolismo de la proteína, la reducción de ACTH reduce la tasa de catabolismo de la proteína. Así entonces, los andrógenos corresponden a este tipo de compuestos que ayudan a reducir la tasa de renovación de proteína (turnover). La combinación E + TBA mejora la respuesta productiva del ganado, generando una sinergia que supera la respuesta individual que cada hormona logra en forma independiente. Esto explicaría los aumentos en la respuesta productiva y en la tasa de retención de proteína asociada con el uso de implantes que combinan ambas hormonas.

Una vez que el implante ha sido administrado al animal ocurre una rápida liberación de hormonas al torrente sanguíneo. El nivel de promotores del crecimiento que se liberan desde el implante comienza a descender después de algunos pocos días, pero permanece por sobre niveles mínimos necesarios para estimular un

If the middle of the ear has been damaged, place implant on the top of the ear.



If the tip of the ear is missing, place implant in the outer 1/2 of the remaining ear.

crecimiento efectivo por meses. El periodo de tiempo por el cual los promotores del crecimiento permanecen sobre estos niveles efectivos dependerá del diseño farmacéutico del implante y la calidad de la técnica de implantación. La administración de un segundo implante (re-implante) es usualmente programado para coincidir con la declinación del nivel de hormonas promotoras de crecimiento circulando en la sangre. Un nivel de hormonas demasiado alto, o que excede el umbral superior para un rendimiento productivo óptimo, pareciera realzar efectos negativos de arrastre de implantes anteriores, que pueden manifestarse como efectos secundarios en lugar de efectos sobre el rendimiento productivo. Cabe señalar que implantes dañados y compuestos estrogénicos en los alimentos también causan efectos secundarios, tales como actividad de bulling, prolapsos y desarrollo de la ubre. Debido a que los promotores del implante interactúan con las hormonas naturales producidas por el animal, no se recomienda su uso en la cría del ganado y en terneros de menos de 45 días de edad. La correcta administración del implante es en el tercio medio de la parte posterior de la oreja (ver figura). Todos los implantes deben ser ubicados en esta área. Si una parte de la oreja se ha perdido, a causa de congelación o por lesión (mordidas), el implante debería ser localizado en el tercio inferior de la oreja. Sin embargo, el implante debe ser colocado siempre fuera del anillo del cartilago en la base de la oreja. Los implantes no deben ser localizados en lugares distintos a la oreja.

Fallas en la técnica de implantación pueden resultar en serias causas de preocupación económica debido a la presunta pérdida de rendimiento productivo asociada a ella. Entre los problemas a considerar se incluyen los abscesos, expulsión de implantes, integración del implante al cartilago, pellets triturados, pellets perdidos y pellets aglomerados. Una correcta identificación de estos defectos, en algunos casos, pueden ser difícil de determinar. Por lo general, los abscesos son de consistencia pastosa. Si el absceso se rompe, el implante será expulsado dejando un anillo muy pequeño de tejido cicatricial. En algunas ocasiones, en el lugar del implante se acumula líquido que no está asociado con una infección y no parece estar asociado con la técnica de implantación. Se debe sospechar de una integración al cartilago cuando el implante se siente firmemente unido a los tejidos más profundos de la oreja o

cuando no puede sentir el borde áspero del implante. El sentido común sugiere que se debe esperar un mejor rendimiento en ganado implantado que no presente este tipo de fallas. Además, cuando se utilizan correctamente, los implantes promotores del crecimiento aprobados para su uso en los Estados Unidos son extremadamente seguros para los productores y los consumidores que consumen la carne producida a partir de ganado implantado.

Respuesta productiva esperada

Actualmente, los implantes se han convertido en productos de diversos diseños, con variadas dosis y combinaciones de agentes estrogénicos y/o androgénicos. Una óptima respuesta requiere que los productos utilizados se ajusten a los objetivos de producción (Tabla 1). En general, los implantes producen 5 a 10 kg adicionales de peso al destete cuando se suministran aproximadamente a los dos meses de edad. En un resumen de ensayos, Selk (1997) reportó un incremento en la ganancia diaria promedio de peso de aproximadamente 0,05 kg/d para terneros machos que recibieron implantes de zeranol o estradiol-progesterona. La respuesta en ganancia de peso en terneras fueron ligeramente mayores. La re-implantación de los machos durante el periodo de lactancia no presenta respuestas tan significativas como la respuesta inicial del implante y no siempre ha demostrado ser beneficioso.

En programas de recría en las que el ganado recibe dietas con niveles moderados de energía, se pueden esperar aumentos en el promedio de ganancia diaria de un 15 a 20% debido a la implantación en novillos, mientras que la respuesta en vaquillas será ligeramente menor. La utilización de compuestos androgénicos y estrogénicos aprobados proveerá otro 3 a 5 % de mejora en la ganancia de peso. Para programas invernales o bien de bajas ganancias diarias de peso (por ejemplo, < 0,5 kg/d), no se justifica su uso. El uso de implantes proveerá de la mayores beneficios cuando el ganado esta en altos planes de nutrición. Kuhl (1997) ha reportado datos adicionales sobre la respuesta de implantes en ganado en crecimiento.

En programas de engorda, las consideraciones sobre el uso de implantes son más importantes. En esta etapa productiva lo más relevante es la reducción del costo de ganancia. Sin embargo, se debe considerar la influencia que el uso de implantes puede tener sobre la calidad de las canales. En un resumen de 37 experimentos (Tabla 2), Duckett y colaboradores (1996) reportaron que en comparación con ganado sin implantes, el ganado implantado tuvo un 18% más de ganancia diaria de peso, 6% más de consumo y 8% mejor conversión (kg alimento/kg peso ganado), pero con una reducción de un 14,5% (74 vs. 59,5) de canales siendo categorizadas como Choice según la escala del USDA. La respuesta a los implantes en el periodo de engorda no solo varía con el producto utilizado sino también con el género del animal. Las respuesta de las vaquillas a los implantes tiende a ser más variable que en novillos, con un mayor potencial para expresar efectos secundarios negativos.

El mayor desafío en la selección del implante radica en considerar los efectos de la administración de un implante anterior y en el diseño de una estrategia de implantes que permitan lograr los objetivos específicos de producción y de la demanda del mercado. Los novillos y vaquillas que son finalizados en sistemas de feedlots pueden llegar a recibir fácilmente cuatro y posiblemente seis o más implantes² a través de su vida, utilizando varias estrategias de implante. El conocimiento de los productos y su correcta utilización en el desarrollo de estrategias y en el diseño de sistemas de implantes está cobrando cada día mayor importancia. Mader y colaboradores (1994) compararon los regímenes de vida de implantes basados en estudios (Mader y colaboradores, 1985 y Mader 1994) que demostraron que la respuesta pos destete a programas de implante/reimplante fueron mejorados cuando se utilizaron implantes de baja potencia (productos con baja dosis de estrogénicos principalmente) fueron

² Nota: esto es válido para los Estados Unidos.

seguidos por implantes de potencia moderada o alta como alternativa de reimplante. La utilización de TBA, como parte de un programa terminal para mejorar la respuesta a un implante estrogénico, es altamente recomendable. Los programas de implantes para el ciclo de vida del animal deben ser diseñados para obtener la máxima respuesta de crecimiento con una mínima expresión de efectos secundarios en animales vivos y con limitados efectos adversos en la calidad y características de la canal. El uso estratégico de implantes iniciales de baja a moderada potencia seguido por implantes de alta potencia administrado unos 100 días antes del sacrificio debería ser adecuados para alcanzar las metas antes establecidas. Además, para maximizar los beneficios, es importante mantener un nivel del agente anabólico por sobre el umbral mínimo. El periodo de tiempo que un implante libera agentes promotores de crecimiento por sobre este umbral (payout period) varía entre implantes y debe ser considerado a la hora de seleccionar los implantes. Las estimaciones de la efectividad de cada implante se basan en las conclusiones de diversos científicos a partir de ensayos de campo publicados así como por lo declarado por las compañías basado en investigaciones propias que incluyen muestras de sangre y explantes. Dichas estimaciones son valiosas para recomendar un tiempo óptimo para reimplantar y **no** siempre son adecuados para comparar implantes. La vida útil efectiva es solo un de los factores que afecta los resultados de un programa de implante. La estrategia de implante debe estar basada en una fecha objetivo predeterminada, como un punto final de engorda para el ganado que será sacrificado, que coincida con la dosis de implante o potencia para la edad del animal, peso y/o producción deseada.

Consideraciones medioambientales

La preocupación por la concentración de hormonas en los residuos animales producidos (heces y orina) a partir de sistemas de alimentación intensivos (CAFOs) han atraído la atención de la agencia regulatoria de la Unión Europea, la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA) y grupos de la industria ganadera. Las hormonas reproductivas, tales como testosterona, estrógeno y progesterona están recibiendo la mayoría del interés, aunque compuestos sintéticos con similares actividades biológicas, son también de interés. Los estrógenos, en particular, bajo altas concentraciones han demostrado alterar características reproductivas en algunos peces y otras especies acuáticas. Sin embargo, nuevas y más exigentes directrices para los sistemas de gestión de los residuos para los CAFO probablemente resulten en que las escorrentías de los residuos líquidos de los feedlots sean de menor preocupación que en el pasado, a pesar de las escorrentías procedentes de zonas en las que se ha aplicado de residuos líquido de animales tienen un mayor potencial de contaminar arroyos u otros cuerpos de agua.

Las hormonas reproductivas son abundantes en la naturaleza y se encuentran en mohos, plantas, semillas, así como en los animales, incluyendo los peces. Ellas son esenciales para la función de propagación de casi todos los organismos. Además, cantidades significativas de hormonas naturales y sintéticas son utilizadas para control de natalidad y en terapias de menopausia en humanos. En general, el uso de hormonas sintéticas en animales constituye una pequeña parte del uso total a nivel de hormonas que producen las industrias farmacéuticas.

Se han encontrado estrógenos en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se han reportado niveles relativamente altos de estrógenos también en lagunas de acumulación de residuos líquidos de sistemas de producción intensiva de aves de corral y unidades porcinas, mientras que en lagunas de lecherías y engordas se observan menores niveles de estrógenos. Así, la ocurrencia y los potenciales efectos de esos compuestos de residuos urbanos y de residuos del ganado, provenientes de sistemas de producción intensiva, es un área de interés para los consumidores, ecologistas, agentes del gobierno, científicos y personeros de la industria ganadera nacional. El destino medioambiental de las hormonas no es un tema conocido. Esos compuestos se descomponen naturalmente, pero las tasas varían con el tipo de compuesto y con las condiciones medioambientales. Los estrógenos son excretados ya sea en su forma libre como estrógenos o bien ligado a otros

compuestos a los que se les denomina conjugados. Las formas conjugadas son biológicamente menos activas, pero pueden convertirse a la forma de estrógeno libre en el medioambiente. La extensión en la que el estrógeno ligado se activa después de la excreción aún no se ha determinado totalmente. Además, esos compuestos no siempre son excretados en la forma original en la que fueron producidos. En consecuencia, existen diversos metabolitos de esos compuestos en los desechos animales y humanos que pueden ser no ser potencialmente problemáticos.

Debido a los intereses en estas sustancias, numerosos estudios se han llevado a cabo para determinar las cantidades de hormonas producidas naturalmente y de forma sintética en los residuos animales, así como las diferentes formas en que estos compuestos pueden ser encontrados. Actualmente se está evaluando los efectos de acumulación de estiércol versus compostaje en las tasas de descomposición y en el potencial de escorrentía. Esos estudios son diseñados para proveer respuestas objetivas a preguntas concernientes al destino tanto de hormonas de origen sintético como naturalmente producidas derivadas de los CAFOs. Se han desarrollado técnicas para detectar niveles en orden de partes por trillón (1 g en 1 millón de toneladas métricas). Debido a que esas sustancias son tan comunes en la naturaleza, la pregunta no es si ellas serán encontradas, sino más bien que concentraciones y en que forma (biológicamente activa o inactiva) serán estas encontradas.

¿Cómo los niveles de hormonas naturales se comparan a los niveles de compuestos sintéticos? Además ¿qué tipo de variación (rango) es posible encontrar en los residuos? ¿Son esos compuestos más propensos a filtrarse a través del suelo o bien son más prevalentes en la escorrentía de suelos fertilizados con estos residuos (estiércol o purines)?

Encuestas y datos de laboratorio, además de datos de estudios de simulación, en los cuales todo un cuerpo de agua fueron enriquecidos con estrógenos, han demostrado que medioambientes acuáticos contaminados con aun bajos niveles de esos compuestos pueden potencialmente resultar en cambios permanentes en organismos acuáticos, especialmente organismos de niveles más bajos en la cadena trófica, tales como renacuajos y pecerillos. Sin embargo, no existen datos que muestren ningún cambio significativo de largo plazo y/o permanentes en las especies acuáticas o el medioambiente debido a compuestos hormonales producidos naturalmente o por el hombre. Con buenas prácticas de manejo y las actuales directrices de control de desechos hoy vigentes, la probabilidad de residuos procedentes de instalaciones ganaderas que contribuyen a los cambios ecológicos en el medio acuático es menos probable hoy o en el futuro de lo que hubiera sido 10 o 20 años atrás.

Resumen

La utilización de implantes y aditivos alimenticios constituyen métodos efectivos para mejorar el desempeño productivo del ganado y al mismo tiempo reducir los costos de producción. Los implantes mejoran la deposición de proteína mientras que disminuyen la acumulación de grasa. Los programas de implante diseñados adecuadamente deben considerar la edad, sexo, peso y raza del animal, así como también los objetivos de mercado. La consistencia de las respuestas de los programas de implante en el largo plazo dependen no solo del producto utilizado, sino también del tiempo y secuencia. La carne y los productos provenientes de ganado implantado con promotores del crecimiento son seguros y comparables con los productos de animales no implantados. Finalmente, el uso de compuestos promotores del crecimiento ha sido un tema que ha restringido el ingreso de carnes a ciertos mercados extranjeros a pesar de que no es posible encontrar niveles significativos de hormonas sintéticas en los productos comestibles. Las hormonas (sintéticas) presentes en los residuos animales puede ser otra razón para justificar la prohibición de productos cárneos. Es muy poco probable que esas actitudes vayan a cambiar aun cuando muy bajos niveles de esos compuestos son encontrados en estudios que caracterizan el destino de las hormonas en los desechos animales.

Tabla 1. Implantes promotores del crecimiento disponibles en los Estados Unidos^{a,b}

Nombre	(mg/implante)			Ganado objetivo	Ventana aproximada de reimplante, días
	Estrógeno ^c	Progesterona	Andrógeno ^d		
Ralgro [®]	36 mg Z			Recría/Engorda > 45 días edad	--
Synovex-C ^{® e}	10 mg E ₂ B	100 mg		Terneros entre 45 días y destete	--
Revalor-G [®]	8 mg E ₂ - 17β		40 mg TBA	Novillos recría a pradera	70 – 100
Magnum [®]	72 mg Z			Animales destetados para engorda	70 – 110
Compudose [®]	24 mg E ₂ - 17β			Terneros, novillos, vaquillas para engorda	140 – 170
Encore [®]	44 mg E ₂ - 17β			Terneros, novillos, vaquillas para engorda	300
Synovex-S ^{® e}	20 mg E ₂ B	200 mg		Animales destetados para engorda	70 – 110
Synovex-Choice ^{® e}	10 mg E ₂ B		100 mg TBA	Animales destetados para engorda	70 – 110
Synovex-H ^{® e}	20 mg E ₂ B		200 mg testosterona	Animales destetados, vaquillas para engorda	70 – 110
Revalor-S ^{® e}	24 mg E ₂ - 17β		120 mg TBA	Novillos engorda	80 – 110
Finaplix-S ^{® e}			140 mg TBA	Novillos engorda	70 – 100
Revalor-H [®]	14 mg E ₂ - 17β		140 mg TBA	Vaquillas engorda	80 – 110
Finaplix-H ^{® e}			200 mg TBA	Vaquillas engorda	70 – 100
Synovex Plus [®]	20 mg E ₂		200 mg TBA	Ganado engorda	--
Revalor-200 [®]	20 mg E ₂ - 17β		200 mg TBA	Novillos engorda	--
Revalor-XS [®]	40 mg E ₂ - 17β		200 mg TBA	Novillos engorda	160 - 240

^aAdaptado de Griffin and Mader (1997).

^bCompudose y Encore son marcas registradas de Elanco; Ralgro y Magnum son marcas registradas de Schering-Mallinckrodt Veterinary, Inc.; Synovex-C, -S, -H, y Plus son marcas registradas de Fort Dodge Animal Health; Finaplix-S, -H, -G, así como Revalor-S, -H, y -200 son marcas registradas de Intervet Co.

^cZeranol (Z) contiene aproximadamente 30-35% de actividad estrogénica de Estradiol-17β (E₂ - 17β); E₂ benzoato (E₂B) es aproximadamente 70-75% de actividad estrogénica de E₂ - 17β.

^dTBA = Acetato de Trenbolona.

^eLos componentes de los implantes tienen composición similar y/o bio-equivalencia.

Tabla 2. Valores promedios para indicadores de interés en novillos implantados y no implantados^a.

	Sin Implante (promedio)	Implantado (promedio)	Cambio debido al implante
Desempeño productivo			
Ganancia de peso diaria, kg/d	1,26	1,49	0,23**
Consumo de alimento, kg/d	8,72	9,24	0,52**
Eficiencia, kg alimento:kg ganancia	6,96	6,40	-0,56*
Características de la canal			
Rendimiento de la canal, %	62,00	61,94	-0,06
Peso canal, kg	308,00	324,90	16,90**
Area ojo del lomo, cm ²	76,10	78,98	2,88*
Grasa dorsal, cm	1,20	1,23	0,03
Grasa perirenal y corazón, %	2,20	2,07	-0,13
Categoría Choice, %	74,00	59,50	-14,50
Yield Grade	2,80	2,77	-0,03
Terneza			
Warner-Bratzler Shear Force, kg	3,59	3,86	0,27

^a Duckett et al., 1996.

* Change by implanting was unequal to zero ($P < 0.05$).

** Change by implanting was unequal to zero ($P < 0.01$).

Literatura Citada

- Duckett, S., D. Wagner, F. Owens. 1996. Effects of estrogenic and androgenic implants on performance, carcass traits, and meat tenderness in feedlot steers: a review. *The Prof. Anim. Sci.* 12:205.
- Johnson, B. J., P. T. Anderson, J. C. Meiske, and W. R. Dayton. 1996. Effect of a combined trenbolone acetate and estradiol implant on feedlot performance, carcass characteristics, and carcass composition of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 74:363-371.
- Kuhl, G. 1997. Stocker cattle responses to implants. *In* F. N. Owens (Ed.) *Symp.: Impact of implants on performance and carcass values of beef cattle.* Oklahoma State Univ., Stillwater. p 51.
- Mader, T. L., D. C. Clanton, J. K. Ward, D. E. Pankaskie, and G. H. Deutscher. 1985. Effect of pre-and post-weaning zeranol implant on steer calf performance. *J. Anim. Sci.* 61:546.
- Mader, T. L., J. M. Dahlquist, M. H. Sindt, R. A. Stock, and T. J. Klopfenstein. 1994. Effect of sequential implanting with Synovex on steer and heifer performance. *J. Anim. Sci.* 72:1095-1100.
- Mader, T. L. 1994. Effect of implant sequence and dose on feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 72:277-282.
- Selk, G. 1997. Implants for suckling steer and heifer calves and potential replacement heifers. *In* F. N. Owens (Ed.) *Symp.: Impact of implants on performance and carcass value of beef cattle.* Oklahoma State Univ., Stillwater. p. 40.

Síntesis de proteína microbiana en el rumen y metodologías para su estimación

Alejandro Velásquez Briceño
Ing. Agrónomo, Dr., MSc.
Escuela Agronomía, Universidad Católica de Temuco

Introducción

La síntesis de proteína microbiana en el rumen es un fenómeno estrechamente asociado con la biodisponibilidad de aminoácidos para el animal. Esta proteína microbiana, luego de ser digerida postruminalmente por el sistema gastrointestinal, aporta sus aminoácidos al metabolismo del rumiante tras su absorción intestinal. Esta fracción microbiana de proteína, forma parte del concepto "Proteína Metabolizable", la cual será explicada a continuación.

La Proteína Metabolizable (PM) es un concepto asociado a la real disponibilidad de aminoácidos para el animal (Figura 1). Corresponde a la proteína proveniente de los alimentos de la dieta y que ha sobrepasado el rumen, para luego ser digerida y aportar así sus aminoácidos para la absorción intestinal (PMd), más la proteína de los microorganismos del rumen, que tras su digestión postruminal, aportan sus aminoácidos para ser absorbidos por los enterocitos (PMm). El primer componente se conoce como proteína sobrepasante (bypass). Esta fracción nitrogenada (proteínas y polipéptidos de cadena corta) logran salir del rumen sin haber sido degradadas por los consorcios microbiales, llegando al intestino delgado intactas (salvo aquellas que han sufrido hidrólisis ácida y enzimática en el abomaso), para luego ser degradadas por el pool de enzimas endógenas del animal (secretadas por el intestino delgado y por el páncreas). Por otro lado, cuando los microorganismos y/o sus proteínas escapan del rumen, éstas aportan sus aminoácidos tras su digestión una vez llegadas al intestino delgado. Las bacterias y protozoos pueden escapar del rumen en forma libre o adheridas a partículas de alimento, normalmente estas últimas no mayor a 1.2 mm (tamaño crítico de escape).

Si no es limitante la disponibilidad de amonio en el rumen, la producción de PMm estará relacionada estrechamente con la energía disponible. Por esto, la síntesis de PMm es menor cuando se suministran raciones con baja digestibilidad. Esto generaría una menor eficiencia en la síntesis de PMm por una baja entrega de energía fermentable ruminal. Por ejemplo, con raciones entre 50 y 65% de digestibilidad, se ha observado eficiencias en la producción de PMm de 7,82 y 11,4%, respectivamente. Varios otros factores pueden incidir en la eficiencia y magnitud de la síntesis de PMm, entre éstos, se destaca la inducción provocada por moléculas de amonio, aminoácidos y/o péptidos preformados presentes en el medio intra y extra celular. También, se ve afectada según el tipo y proporción de carbohidratos (estructural/no estructural) involucrados en la fermentación ruminal, por el consumo de alimento, tasa de degradación (kd) y tasa de pasaje (kp).

Cabe señalar, que a nivel de abomaso (estómago glandular del rumiante) se produce un cierto grado de digestión ácida (HCl) y enzimática (pepsina) sobre microorganismos o proteínas libres sobrepasantes, generando péptidos de alto peso molecular y oligopéptidos de variados tamaños, trasladándose posteriormente al intestino delgado para su digestión final.

La PM originada a partir de la PMm y la PMd, una vez absorbida, cumple las funciones de mantención, crecimiento y producción (Carne-Leche) del animal. La PMm puede aportar entre el 50 y 100% de los

requerimientos de PM en un rumiante. Luego, la eficiencia en la síntesis de PMm en el rumen es un factor crítico si se pretende cubrir los requerimientos proteicos en forma económica; por lo tanto, la predicción de la productividad de PMm es un componente importante en el sistema PM para formular raciones. Desde el punto de vista nutricional, la proteína microbiana suele ser de alto Valor Biológico, rica en aminoácidos esenciales para el rumiante, y normalmente presenta una digestibilidad superior al 80 %. En la tabla 1 se pueden apreciar la composición aminoacídica de diferentes alimentos y de la proteína microbiana.

En la actualidad, la Proteína Metabolizable ha alcanzado cierto reconocimiento e importancia, dado que al formular raciones en base a este requerimiento, se realiza una proyección más cercana o más exacta de la real entrega de aminoácidos para el animal.

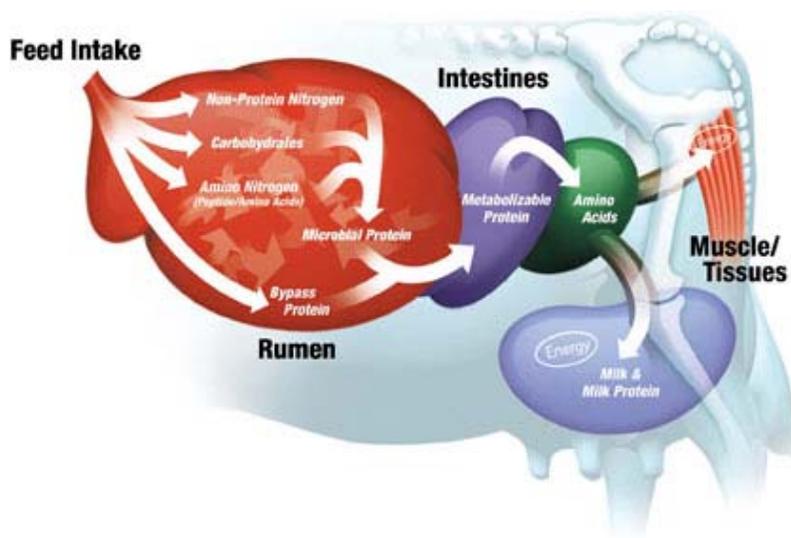


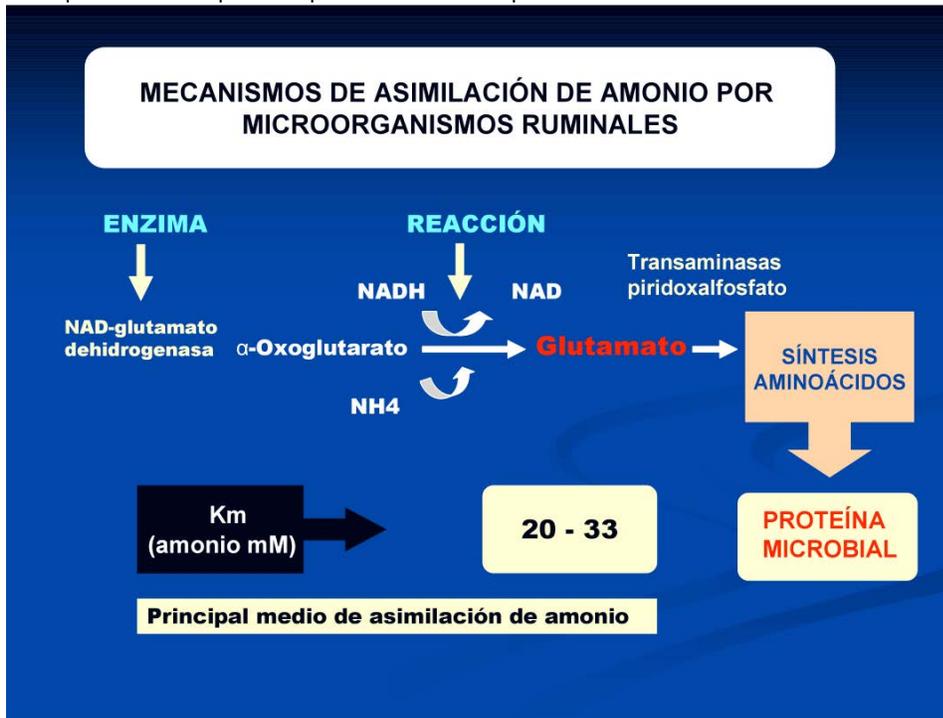
Figura 1. Anatomía y componentes de la Proteína Metabolizable en un rumiante (Adaptado a partir de CNCPS, 1992).

Tabla 1. Perfil aminoacídico (EAA) de proteínas de microorganismos del rumen y algunos alimentos (%).

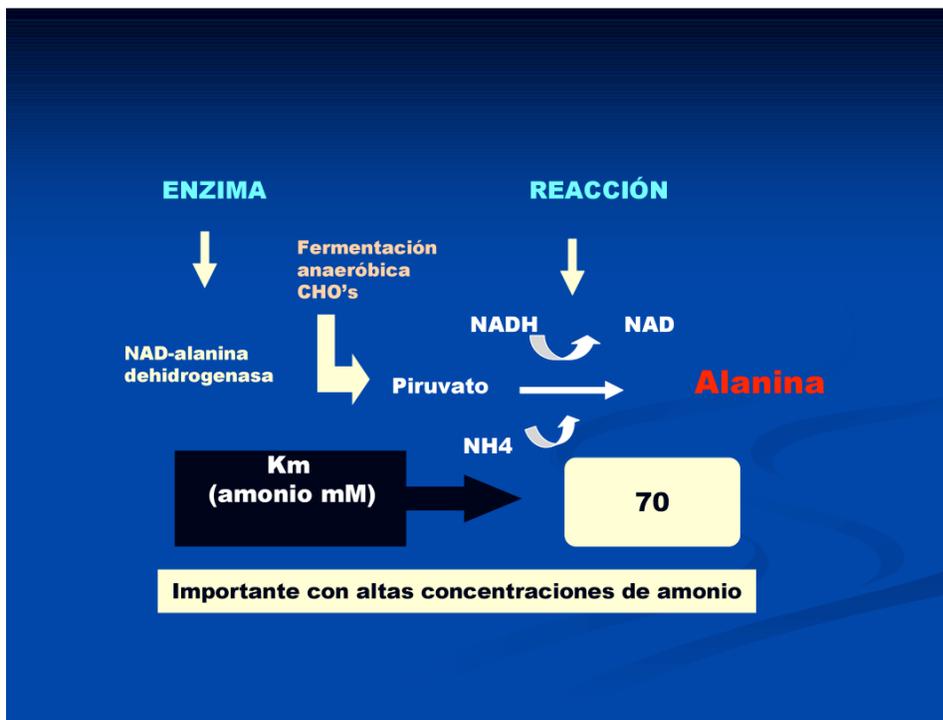
Aminoácido	Legumin. fresca	Ensilaje alfalfa	Soya afrecho	Harina Pescado	Microbios
Fenilalanina	4.9	5.4	5.5	4.0	5.1
Triptófano	—	—	1.5	4.3	1.1
Histidina	4.4	2.7	2.9	4.2	2.1
Arginina	8.8	1.1	8.1	6.0	5.1
Treonina	4.7	7.2	4.3	4.3	5.7
Valina	6.2	7.1	5.3	5.7	5.9
Metionina	1.4	1.4	1.6	2.8	2.5
Isoleucina	4.8	6.6	5.4	4.2	6.0
Lisina	7.5	3.7	6.9	7.7	8.8
Leucina	8.8	9.0	8.5	7.5	8.0

(Wallace and Chesson,1995; Pichard *et al.*, 1999)

Principales vías bioquímicas para la síntesis de proteína microbial en el rumen



(Asplund, 1994)

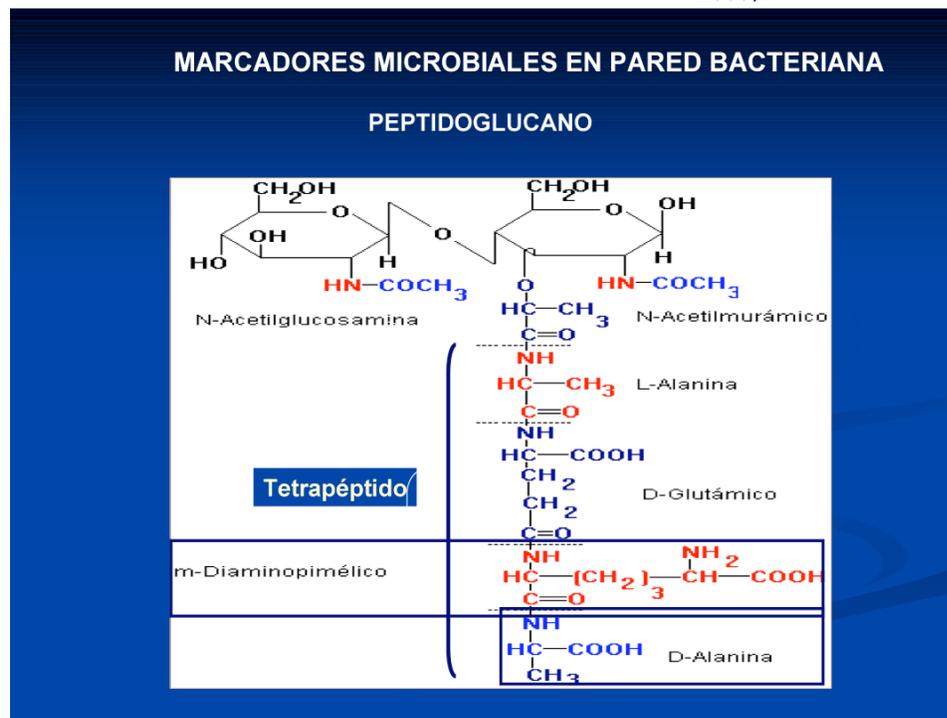


(Asplund, 1994)

Metodologías para estimar la síntesis de proteína microbial en el rumen

MARCADORES INTERNOS PARA ESTIMAR SÍNTESIS DE PROTEÍNA MICROBIAL		
MARCADOR MICROBIAL	MICROORGANISMO	LIMITACIONES
➤ Ácido 2,6-Diaminopimérico (DAPA)	Bacterias	Variación N:DAPA
➤ D-Alanina	Bacterias	Variación N:D-Alanina
➤ Acido aminoetilfosónico (AEPA)	Protozoos	Variación N:AEPA Presente en bacterias y alimento
➤ Ácidos nucleicos-purinas	Bacterias y protozoos	Variación N: ARN en microbios
➤ Derivados de purinas	Bacterias y protozoos	Extensión de limitaciones de Ac. Nucleicos; Contaminación con purinas no microbiales

(D'Mello, 2000)



(D'Mello, 2000)

MARCADORES EXTERNOS PARA ESTIMAR LA SÍNTESIS DE PROTEÍNA MICROBIANA		
MARCADOR ISÓTOPO	MICROORGANISMO	LIMITACIONES
➤ ¹⁵ N *	Bacterias y protozoos	Los grupos de bacterias no son igualmente enriquecidos
➤ ³⁵ S *	Bacterias y protozoos	No todos los aminoácidos azufrados se originan de sulfatos o sulfitos
➤ ³² P *	Bacterias y protozoos	La composición celular cambia durante el crecimiento microbiano (fosfolípidos)
➤ L-(4,5- ³ H ⁺) Leucina **	Bacterias y protozoos	Diferentes tasas de incorporación en proteína microbial

* Medido por espectrómetro de masas ** Medido por Contador de Centelleo Líquido

(D'Mello, 2000)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Asplund, J.M. (1994). Principles of protein nutrition of ruminants. CRC. Animal Science Research Center. 5: 71-111.
- CABRITA A. J. ; R. J. DEWHURST; J. M. ABREU and A. J. FONSECA. (2006). Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review. *Anim. Res.* 55: 1-24
- Chen, X.B., Chen, Y.K., Franklin, M.F., Orskov, E.R. and Brown, D.S. (1992). The effect of food intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 1534–1542.
- Chen, X.B., Hovell, F.D.de.B., Orskov, E.R., Brown, D.S. (1990a). Excretion of purine derivatives by ruminants: endogenous excretion, differences between cattle and sheep, *Br. J. Nutr.* 63: 121–129.
- Chen, X.B., Hovell, F.D.de.B., Orskov, E.R. and Brown, D.S. (1990). Excretion of purine derivatives by ruminants: effects of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. *Br. J. Nutr.* 63: 131–142.
- Chen, X.B., Mathieson, J., Hovell, F.D.de.B. and Reeds, P.J. (1990). Measurement of purine derivatives in urine using automated methods. *J. Sci. Food Agric.* 53: 23–33.
- Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) (1992). In Sniffen, C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox and J.B. Russell (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70:3562-3577.

Dann, H.M., C.S. Ballard, R.J. Grant, K.W. Cotanch, M.P. Carter a, M. Suekawa. (2006) Effects of glutamate on microbial efficiency and metabolism in continuous culture of ruminal contents and on performance of mid-lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 130: 204-224.

De Boever, J.L., N. Iantcheva, B.G. Cottyn, S. De Campeneere, L.O. Fiems and Ch.V. Boucque (1998). Microbial protein synthesis in growing-finishing bulls estimated from the urinary excretion of purine derivatives. *Anim. Feed Sci. Technol.* 75:93-109.

D'Mello, J.P.F. (2000). *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Biotechnology Department The Scottish Agricultural College. Edinburg UK.. 12: 255-277.

Jaurena G., J.M. Moorby and D.R. Davies (2005). Efficiency of microbial protein synthesis on red clover and ryegrass silages supplemented with barley by rumen simulation technique (RUSITEC). *Animal Feed Science and Technology*. 118:79-91

NRC (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. National Academic Press, National Research Council. Washington DC. Pg. 405.

Ørskov, E.R. (1992). *Protein Nutrition in Ruminants*. 2° E. Academic Press. The Rowett Research Institute Aberdeen. p. 171.

Pavan, E and F. Santini (2002). Use of Sunflower meal or fish meal as protein supplement for high quality fresh forage diets: ruminal fermentation, microbial protein synthesis and Sites of digestion. *Animal Feed Science and Technology*. 101:61-72

Wallace, R.J. And A. Chesson. (1995). *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. VCH. 7:115-141.

Pichard, G.; F.BAS; M. Theodorou; A. Hargreaves; J. Scarpa; A. Bianco and M.A. Bruni. (1999). Analytical and nutritional assessment of alfalfa silage Fermentation. *Biotechnology in the Feed Industry*. 5:245-262

Manejo nutricional de engordas intensivas para satisfacer las demandas de calidad y sustentabilidad

Galen E. Erickson

Animal Scientist, PhD MS in Animal Science

Department of Animal Science

University of Nebraska, Lincoln 68583-0908

Environmental Regulations & Challenges of the U.S. Beef Industry



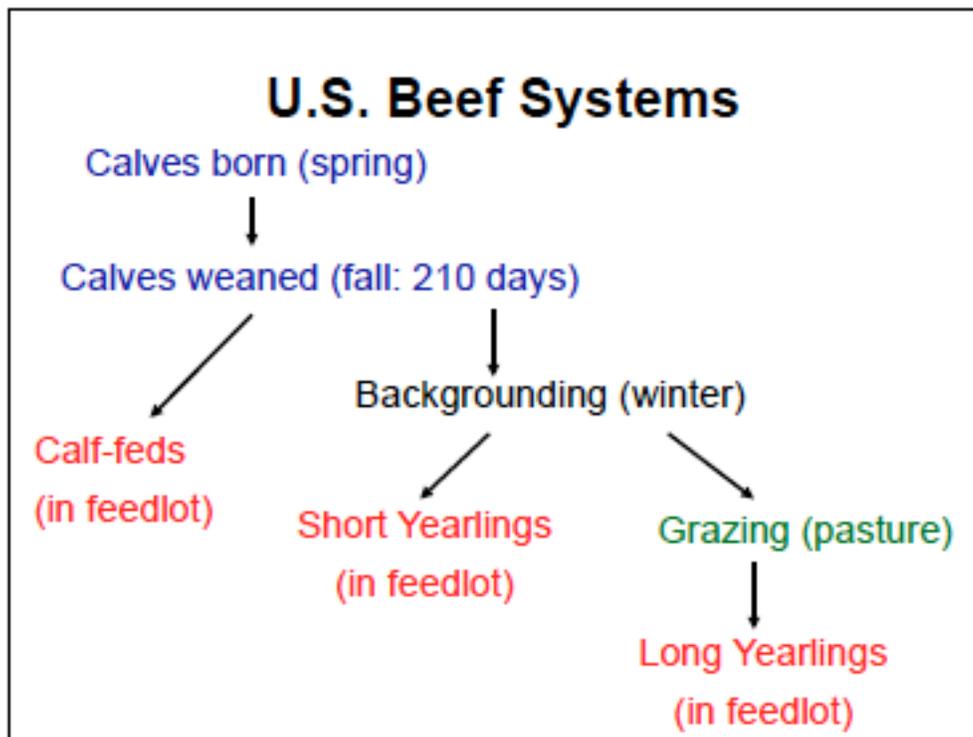
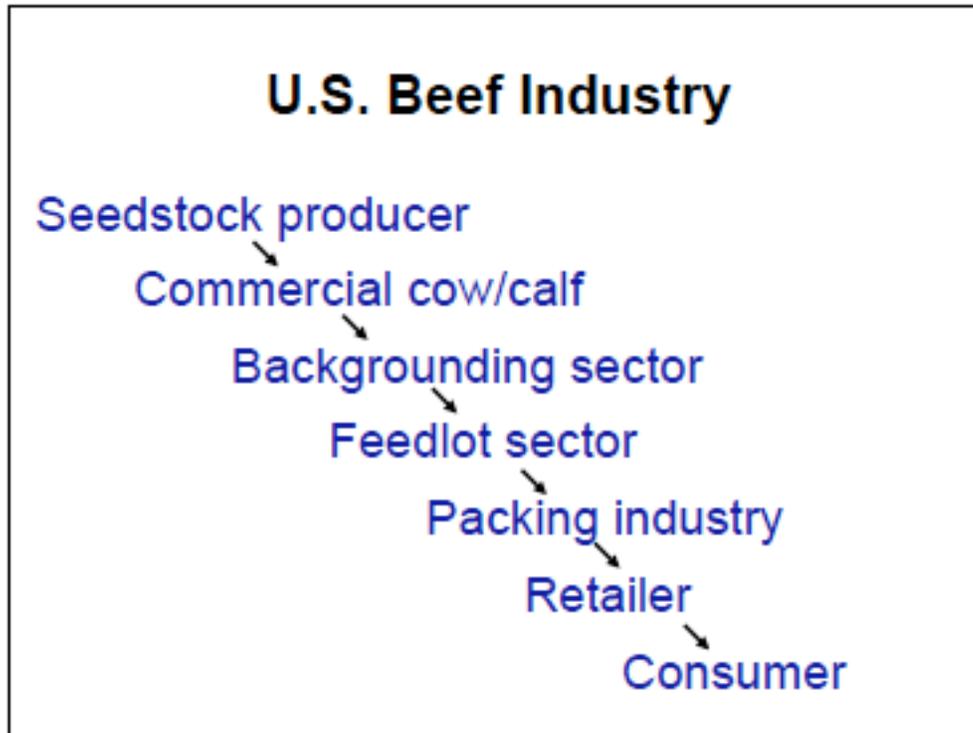
UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln

Galen Erickson

Challenges

- Cattle Supply
 - # animals vs beef produced
 - Drought, aging producers, risk
- Feedlot Capacity
 - 25 to 35% over built (bunk space)
 - Geographic shifts
- Energy expensive (protein cheap)
 - Corn price
- Concentration
 - Bigger or Smaller on cow-calf (>300 or <30)
 - Bigger or Smaller on feedlot (>3,000 or <1,000)



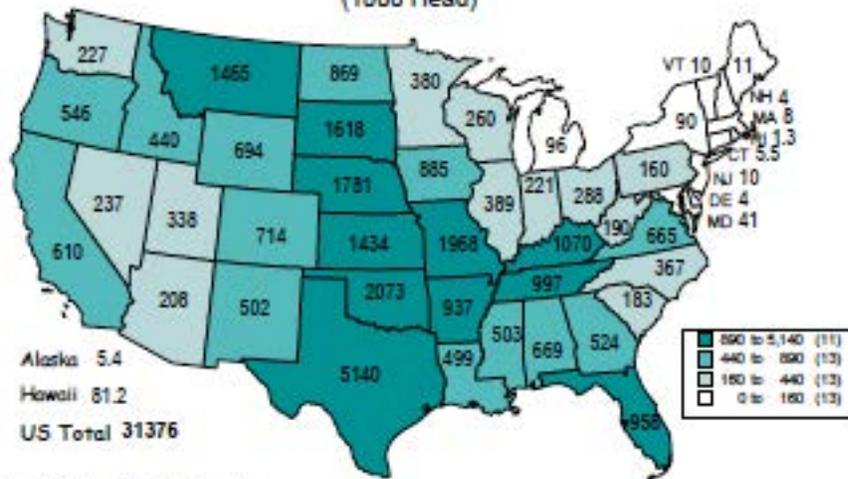


Top 10 Beef Cow States - 2010



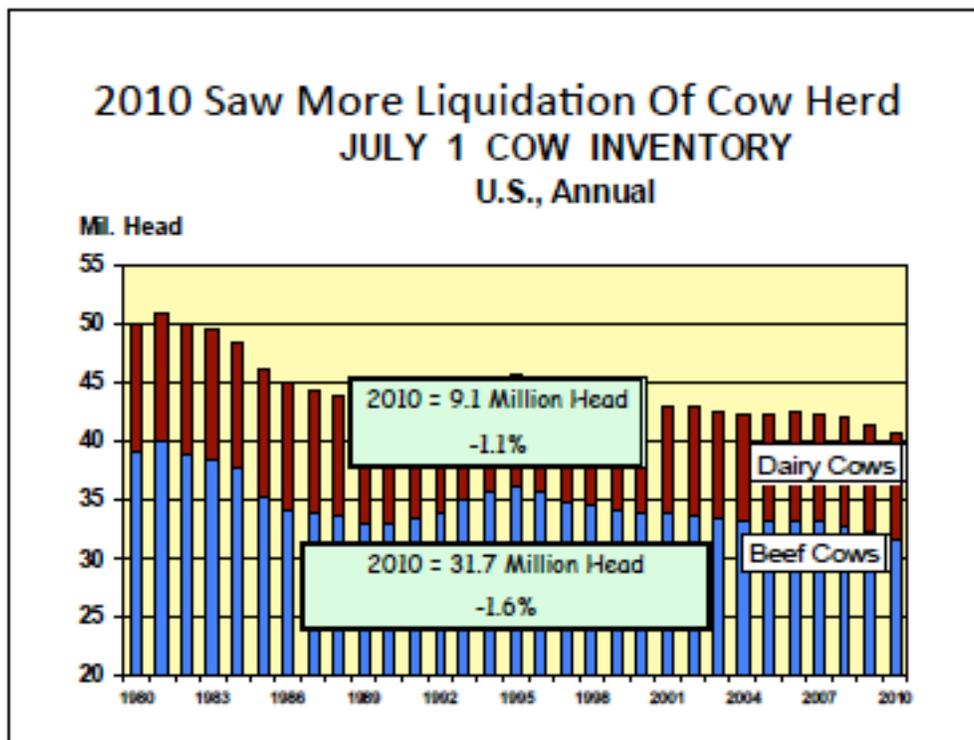
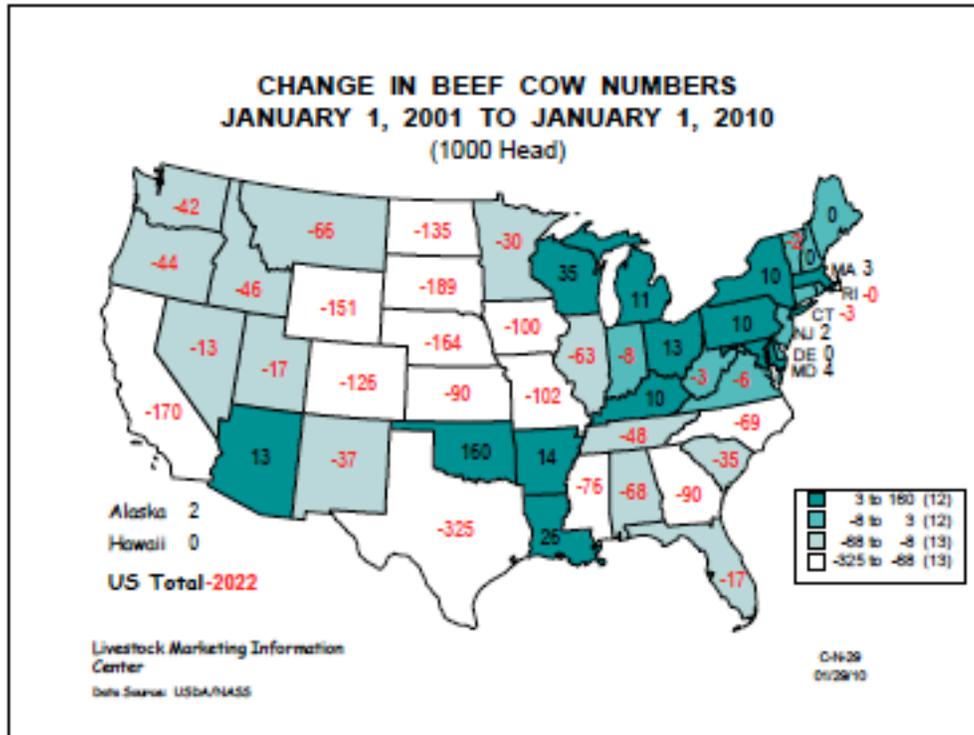
1. Texas - 5.140 Million
 2. Oklahoma - 2.073 M
 3. Missouri - 1.968 M
 4. Nebraska - 1.781 M
 5. S. Dakota - 1.618 M
 6. Montana - 1.465 M
 7. Kansas - 1.434 M
 8. Kentucky - 1.070 M
 9. Tennessee - 0.997 M
 10. Florida - 0.958 M
- Top 10 = 18.505 M
US = 31.376 million

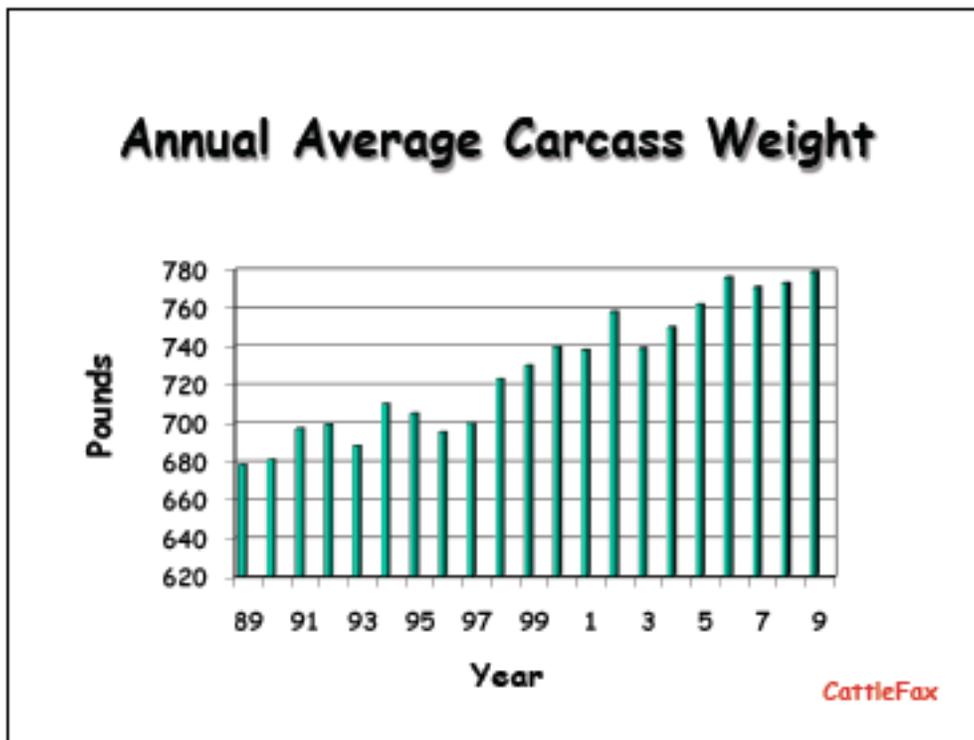
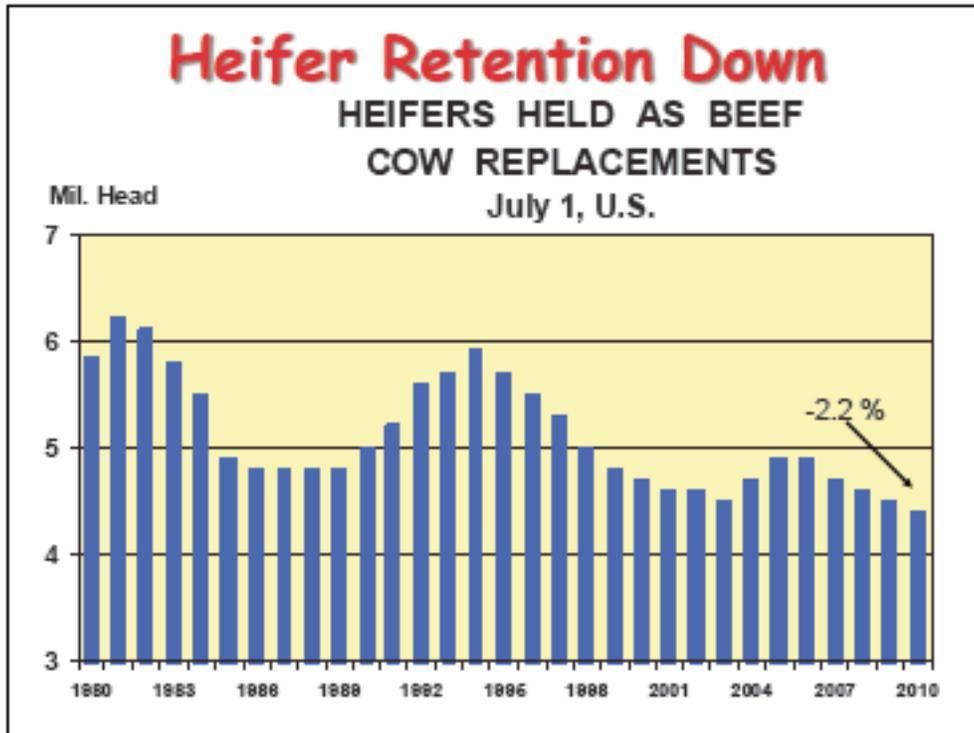
BEEF COWS THAT HAVE CALVED JANUARY 1, 2010 (1000 Head)

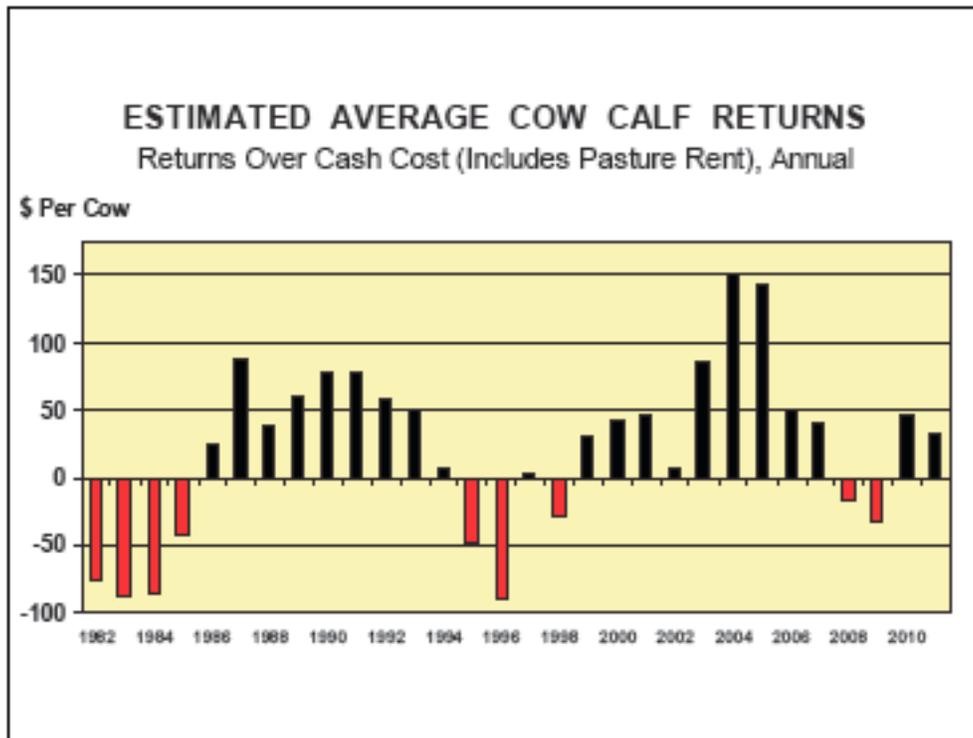
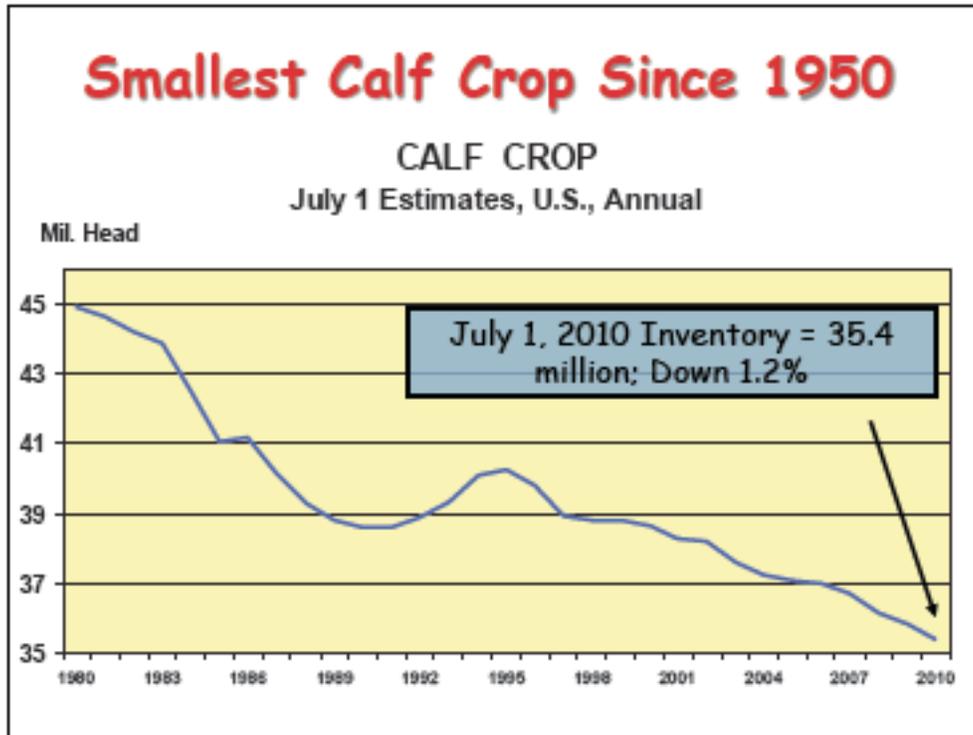


Livestock Marketing Information
Center
Data Source: USDA/NASS

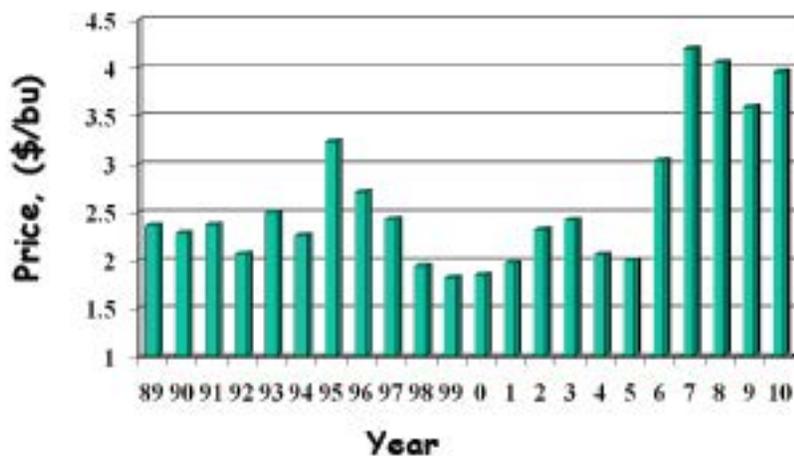
C-44-10
01/29/10







U.S. Average Corn Price

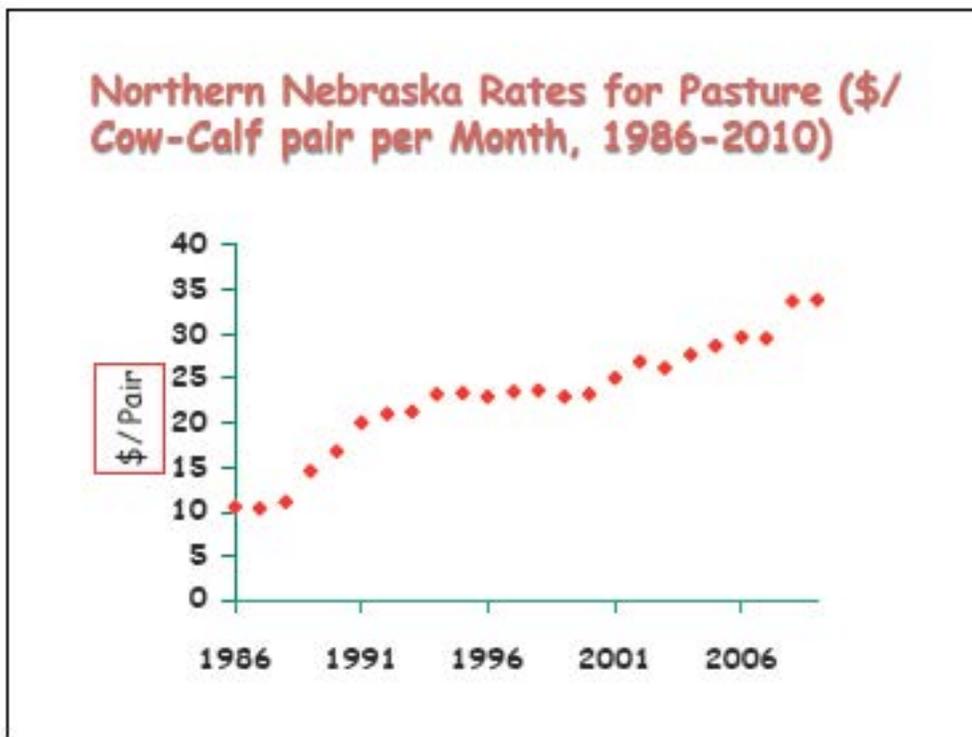


Calving Time In Nebraska

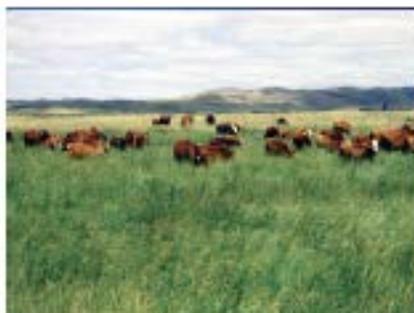


- 83% cows calve in the spring
 - Feb, Mar, April, May
- 17% calve some other time
 - Summer
 - Fall

Survey data by Dr. Dick Clark



Summer Feed Costs



- **6 months of grass**
 - $6 \times \$30.00/(\text{pair}) = \$180.00/\text{cow}$
- **6 months mineral/salt**
 - $180 \text{ da} \times \$0.05 = \$9.00/\text{cow}$
- **Deliver mineral/salt**
 - $\$6.00/\text{cow}$
- **Total summer feed costs**
 - Total summer costs = $\$195/\text{cow}$
 - $\$1.07/1200 \text{ cow}/\text{day}$

UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln

Winter Feed Costs



- 106 days stalk grazing
 - $106 \text{ da} \times \$0.45/\text{da} = \$47.70/\text{COW}$
- 77 days of alfalfa/hay
 - Hay @ \$80/ton
 - $2310 \text{ lb}/\text{hd} \times \$0.04/\text{lb} = \$92.40/\text{cow}$
- Mineral/salt
 - $183 \text{ da} \times \$0.05 = \$9.15/\text{cow}$
- Deliver costs
 - $\$15/\text{ton} \times 1.16/\text{t} = \$17.40/\text{cow}$
- Total winter feed costs
 - $\$166.65/\text{cow}$
 - $\$0.91/1200 \text{ lb cow}/\text{day}$

Feed inputs for March and June Calving Cows

	March	June
Hay fed, lb	3947	227
Supp. fed, lb	96	154

Feedlot industry

Open-dirt feedlots

Nebraska unique, compared to other major cattle feeding areas

Nebraska

corn production

industry across entire state

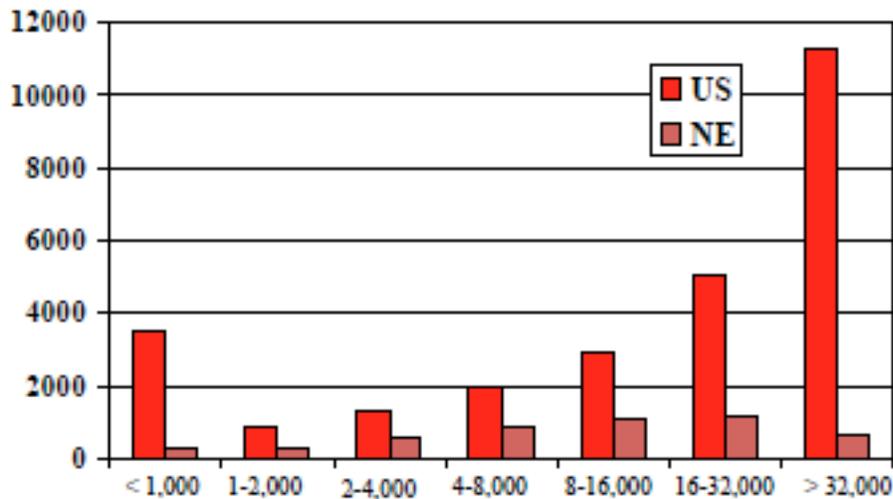
calf supply from Northern states

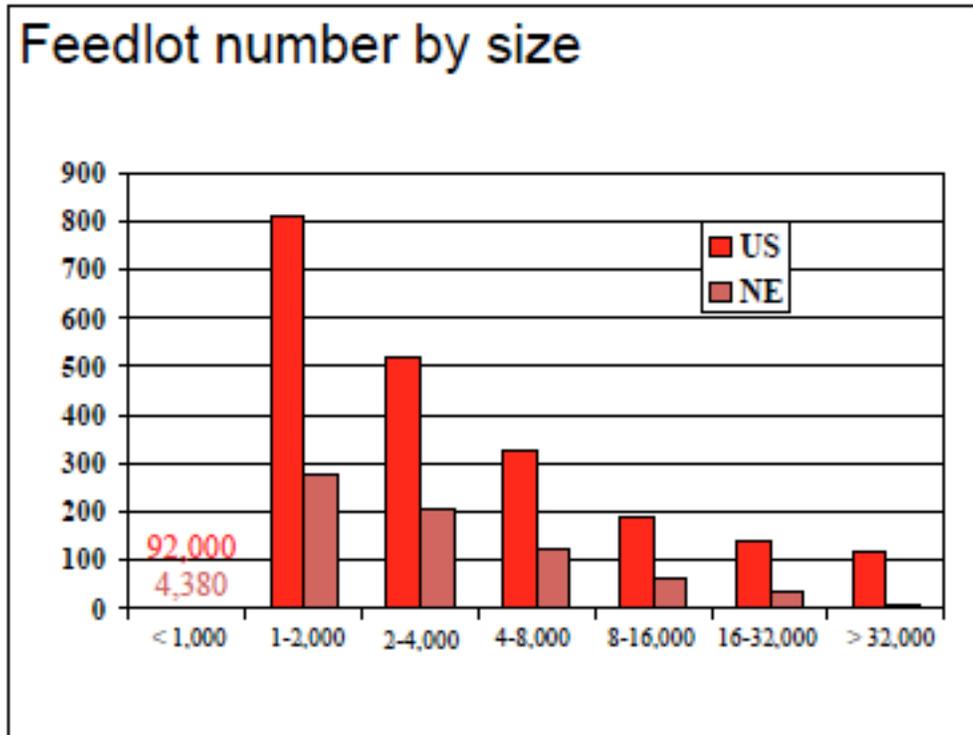
byproducts

water

Marketings by size

1,000 head





Feedlot Diets

Corn/Milo	50-85
High-moisture	
Dry-rolled	
Steam-flaked	
Whole	
Roughage (alfalfa, silage, stalks)	0-10
Byproducts (distillers/gluten feed)	15-40
Molasses/Liquid	0-5
Supplement	3-8
dry-pellet	
liquid	

Average dietary concentration of nutrients

(adapted from Galyean and Gleghorn, 2001)

Nutrient	Average concentration	Minimum concentration	Maximum concentration
CP, % of DM	13.31	12.50	14.00
P, % of DM	0.31	0.25	0.50
Ca, % of DM	0.70	0.60	0.90
K, % of DM	0.74	0.60	1.00
Mg, % of DM	0.21	0.15	0.30
S, % of DM	0.19	0.10	0.34
Na, % of DM	0.138	0.098	0.197
Cu, mg/kg	14.8	6.0	20.0
Zn, mg/kg	74	50	150
Se, mg/kg	0.21	0.10	0.30

Average dietary concentration of nutrients

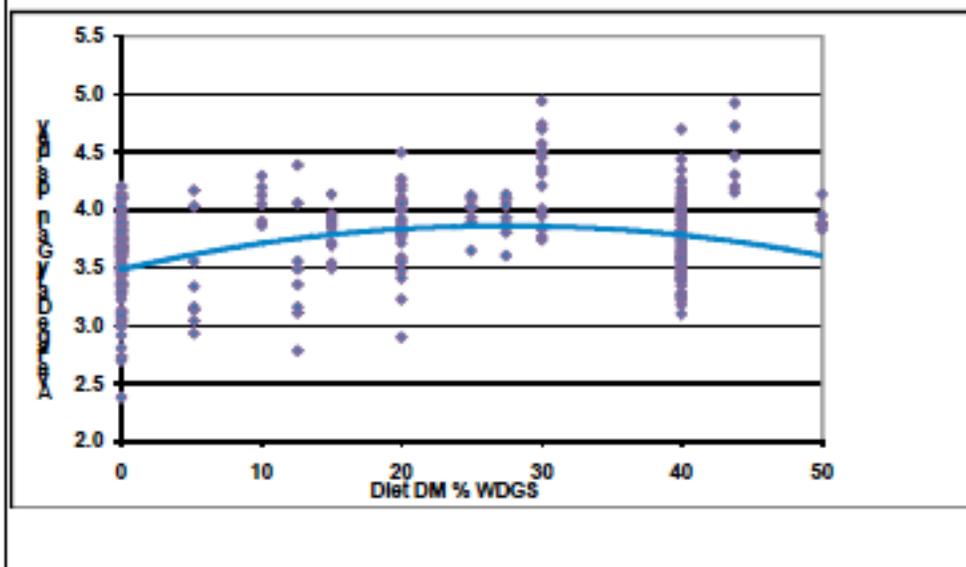
(adapted from Galyean and Gleghorn, 2001)

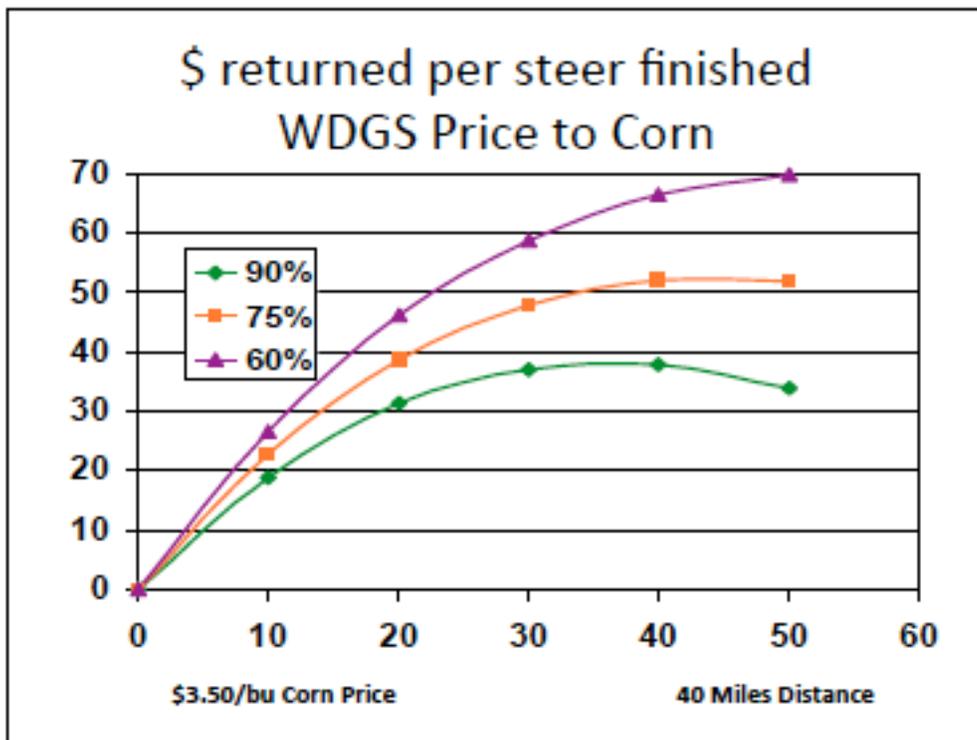
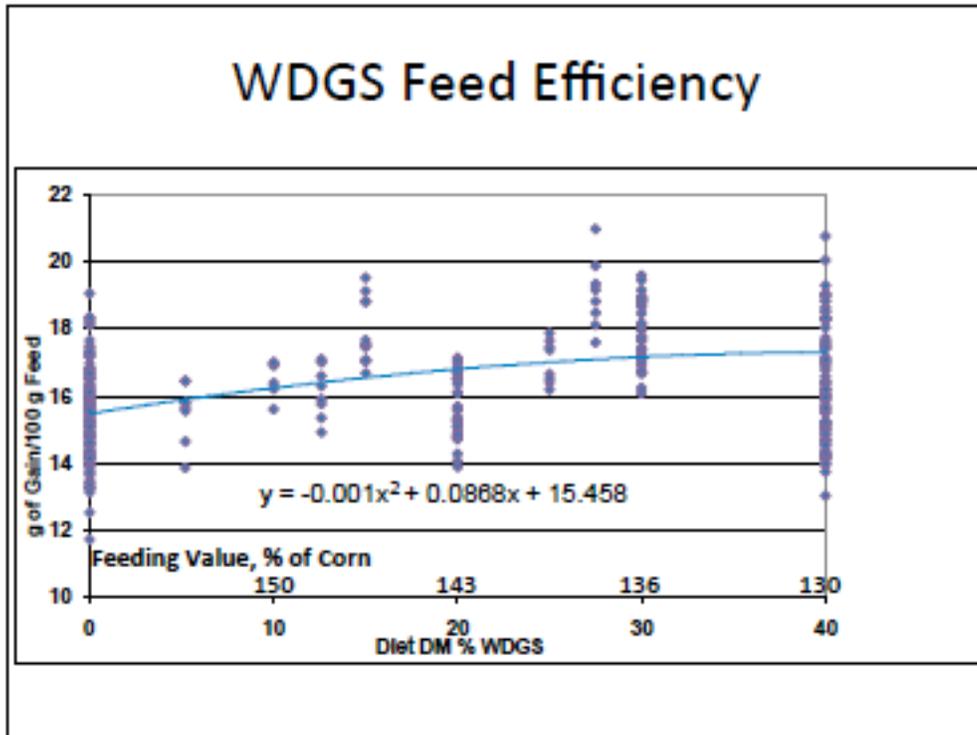
Nutrient	Average concentration	CHANGE
CP, % of DM	13.31	Increase
P, % of DM	0.31	Increase
Ca, % of DM	0.70	Same
K, % of DM	0.74	Increase some
Mg, % of DM	0.21	?
S, % of DM	0.19	Increase (toxic issues)
Na, % of DM	0.138	Increase
Cu, mg/kg	14.8	?
Zn, mg/kg	74	?
Se, mg/kg	0.21	?

WDGS Meta- Analysis

- 20 feedlot trials at UNL
- 3,365 steers, 350 pens
- WDGS replaced blends of DRC and H
- Levels of WDGS up to 50% DM.

Average Daily Gain





Environmental Regulations

- Runoff Control
- Nutrient mgmt
- Air
 - Dust
 - Odor
 - NH₃-PM_{2.5}
 - GHG

Environmental Regulations

CAFO definition

- AFO or CAFO

AFO requires:

Feed animals in a confined area > 45 d per year?

No crops, vegetation, forage growth, or residues

Concentrated Animal Feeding Operation

Large AFO: need NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System)

Medium AFO: need NPDES if

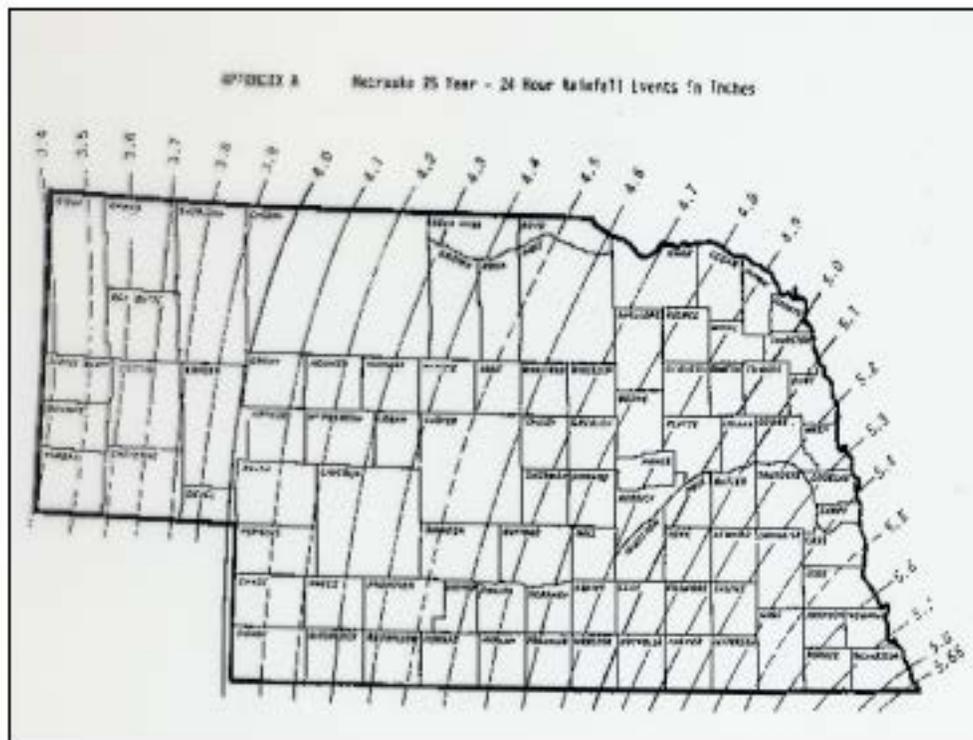
direct water contact, man-made conveyance

Small AFO: need NPDES if

direct water contact, man-made conveyance

Retention Ponds

- Retention ponds NOT lagoons in most feedlots
 - But, retention ponds are anaerobic
- Design
 - “Contributing area”
 - Roads, bunks, pen surface
 - Frequency and rate of pump-out
 - Location
 - Monthly precipitation and evaporation
 - Solids buildup
 - Base on “Design storm” usually 24yr 24h storm (plus month of June)





Nutrient Management Plans

- Manure
 - adequate storage
 - sampling
 - transfer records
- Land Application Area
 - N or P basis/Acres available
 - P index, agronomic rate, P threshold
 - Soil sampling & accessible acres
- Ponds & effluent managed

Phosphorus Index

- Source measures
 - Feed, manure, and soil amendments
 - Customized feed rations
 - Amount, method, and timing of manure applied
 - Avoid surface soil P buildup.
 - Periodic plowing to redistribute surface soil P
- Transport measures
 - Conservation tillage, crop rotation
 - Buffer zones, settling ponds
- Site vulnerability assessment
- Attempt to balance P inputs and outputs

Recordkeeping

- Required manure application records:
 - Field name
 - Date of application
 - Acres covered
 - Application rate or total amount
 - Dilution water addition for irrigation applications
 - Application method
 - Weather conditions at application and 24 hours before and after
 - Setbacks maintained

Boehm and Koelsch, LPES Lesson

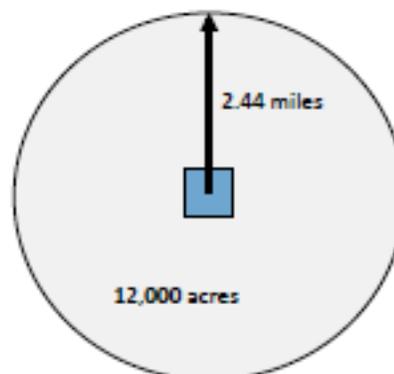
Annual Reports

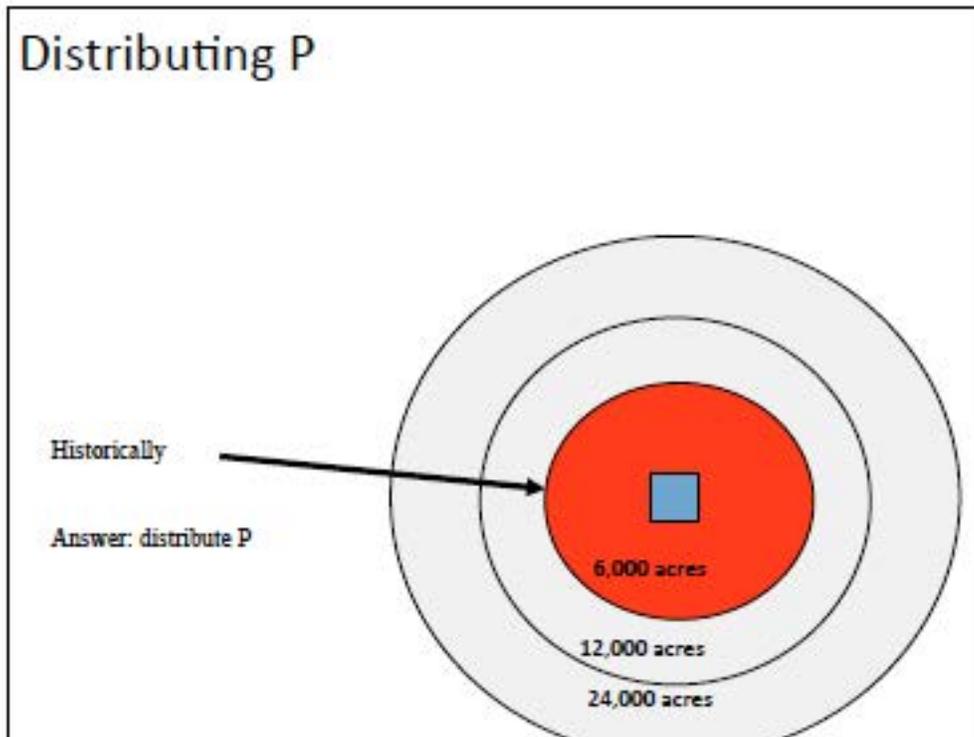
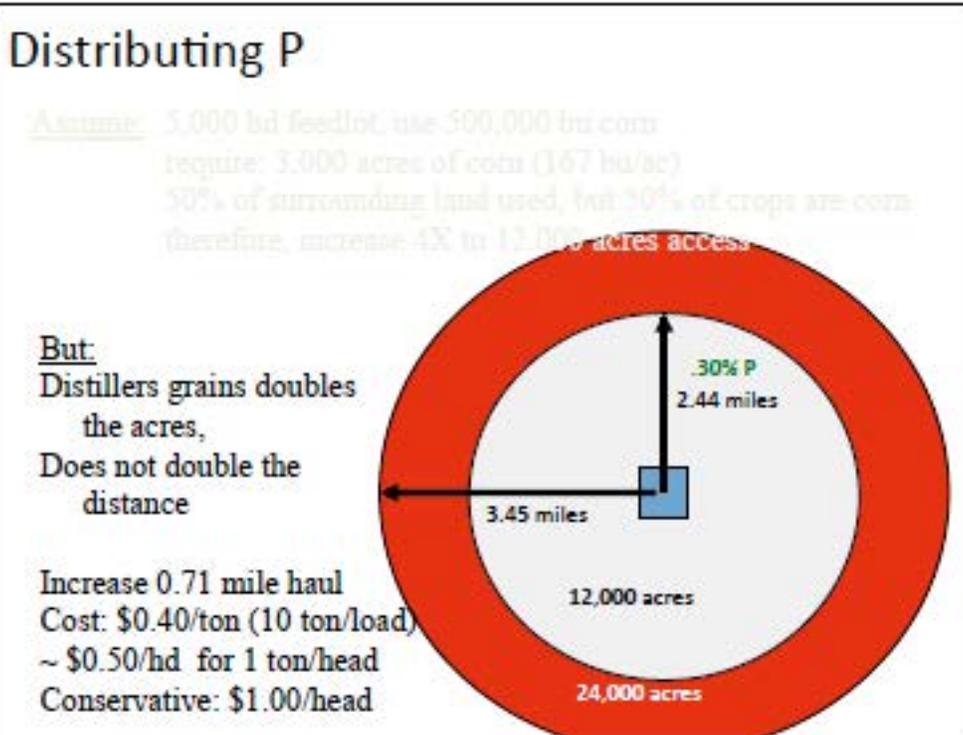
- # of cattle
- Manure/wastewater generated
- Manure transferred
- Acres used this year
- Total acres available in plan
- Nutrient management plan?
 - nutrients excreted
 - nutrients spread
 - nutrient flow

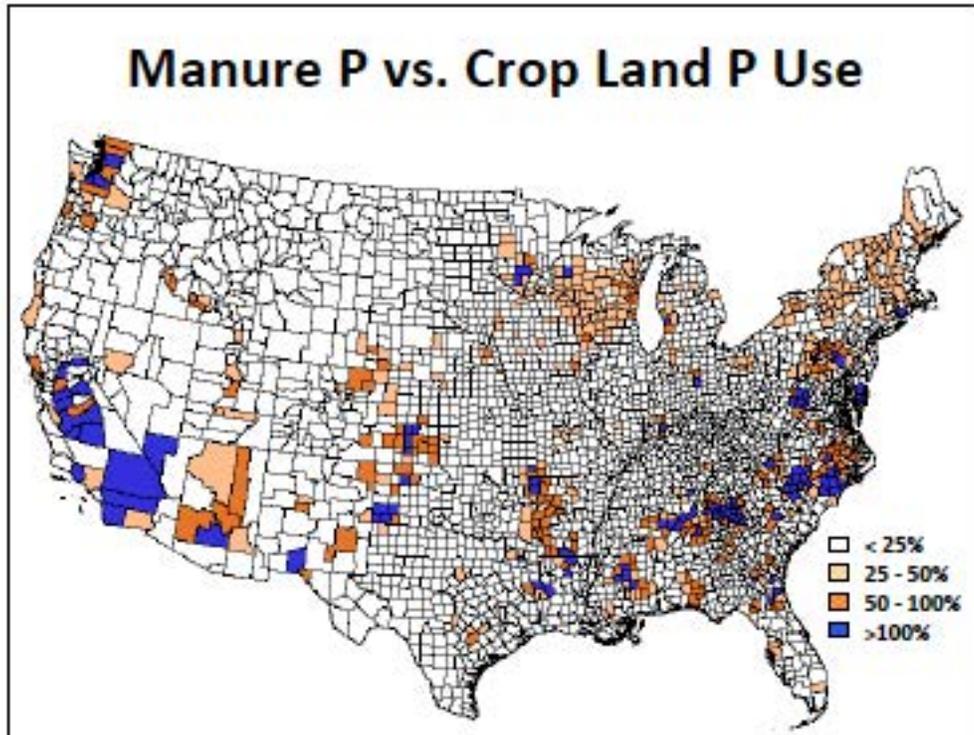
Distributing P

Assume: 5,000 hd feedlot, use 500,000 bu corn
require: 3,000 acres of corn
50% of surrounding land used, but 50% of crops are corn
therefore, increase 4X to 12,000 acres access

Average haul: 1.73 miles
radius for 6,000 acres







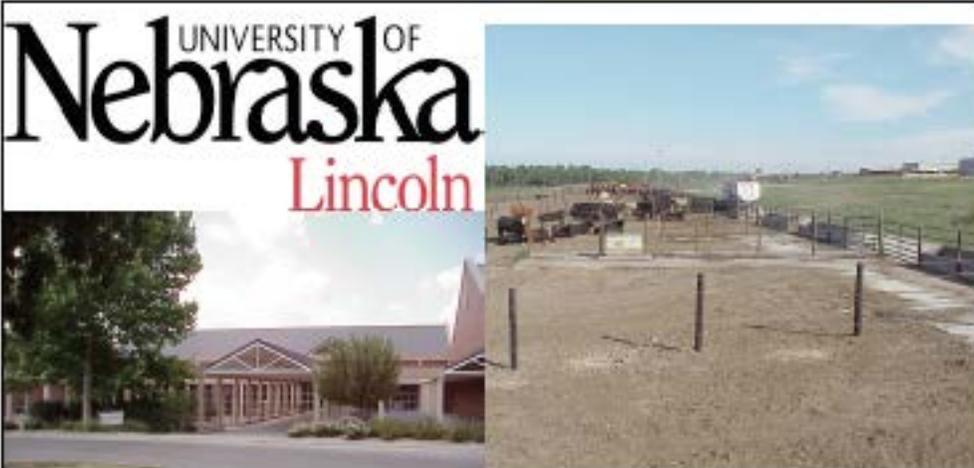
Beef Extension Page

<http://beef.unl.edu>

Beef Reports

Agricultural Research Station
 University of Nebraska-Lincoln
 Institute of Agriculture and Natural Resources
 University of Nebraska-Lincoln

2009 Beef Cattle Report



UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln

CONTACTS:
Galen Erickson
402 472-6402; geericks@unlnotes.unl.edu

Beef Reports at:
<http://beef.unl.edu>

Ag Institute Website:
<http://iaurhome.unl.edu>

Manejo nutricional para reducir las excreciones de nitrógeno y fósforo del ganado en crecimiento y engorda

Galen Erickson, Andrea Watson, Matt Luebbe, y Terry Klopfenstein
Department of Animal Science
University of Nebraska, Lincoln 68583-0908

Resumen

Las cantidades de nitrógeno (N) y fósforo (P) en la dieta inciden directamente sobre las cantidades de estos nutrientes que son excretadas. Una vez que los requerimientos han sido cubiertos, todo el exceso N y P es excretado a través de la orina y excremento, incluyendo aquella de mantención. El desafío con el N es que este se puede perder por volatilización, lo que constituye una real preocupación. Las metodologías para reducir las pérdidas por volatilización generan una mayor cantidad de N en el estiércol. En nuestros estudios hemos utilizado el balance de masa de nitrógeno, que incluye la cuantificación de la ingesta de N, retención y excreción, así como el N en el estiércol, en la escorrentía y N perdido. El contenido de proteína cruda (PC) de la dieta tiene un impacto directo sobre la excreción de N y las pérdidas de N por volatilización. Cuatro experimentos ejecutados en dos años compararon el contenido promedio PC de dietas de engorda en la industria (13%) con dietas diseñadas por fases diseñadas para no exceder los requerimientos de proteína (12,1 a 10,9% PC). La alimentación por fases presentó 12 a 21% menos excreciones de N ($P < 0,01$), mientras que las pérdidas de N por volatilización fueron reducidas de 15 a 33% ($P < 0,01$). En otros 2 experimentos, se formularon dietas por fases para reciclar la proteína no degradable que el animal consume. La relación kg de ganancia de peso vivo por kg alimento (G:A) de los novillos fue similar ($P = 0,18$) o mejorada ($P = 0,09$), mientras que las pérdidas de N por excreción y volatilización tendieron a reducir ($P < 0,11$) y el N en el estiércol no se vio afectado ($P > 0,35$), cuando se compararon los resultados con los del ganado alimentado con un 13% de PC. La utilización de granos de destilería + solubles (DDGS; actualmente, un subproducto común de la industria del etanol en USA) aumenta dramáticamente las excreciones y pérdidas de N. La reducción en el contenido de proteína en la dieta no impactó el contenido de N en el estiércol, lo que indica que el contenido de N del estiércol de corrales abiertos está relacionado con otros factores tales como la materia orgánica, la estación del año o la temperatura y el tiempo de exposición al aire.

El fósforo es un nutriente costoso y un exceso puede implicar serios desafíos ambientales. Por lo tanto, es de suma importancia minimizar el contenido de fósforo en la dieta, pero asegurando satisfacer los requerimientos animales. El grano de maíz contiene aproximadamente 0,3% de P, y hemos estimado, sobre la base de 3 experimentos, que los requerimientos de un animal en engorda son menores a 0,15% del total de MS de la dieta. El ganado en crecimiento y las vacas de crianza probablemente tengan requerimientos de fósforo similares o aún menores. La suplementación con P en engordas a corral (basadas en dietas a grano) o dietas de ganado en crecimiento suplementados con maíz o subproductos de maíz no tienen justificación técnica ni económica. De forma similar al N, la utilización de DDGS aumentó la excreción de P y el contenido de P en el estiércol. Esto porque los granos de destilería contienen 0,9% de P. Todo el exceso de P es eliminado en el estiércol, el cual puede ser distribuido como fertilizante. Al utilizar un modelo desarrollado por la Universidad de Nebraska Lincoln, se sugiere que el P extra, contenido en el estiércol, tiene más valor que el costo de distribuir este apropiadamente.

En un estudio de 5 años, ejecutado para evaluar los efectos de 3 estrategias de pastoreo y suplementación sobre la respuesta productiva del ganado y de la pradera de bromo fue desarrollado en Nebraska. En el se utilizó un total de 225 novillos (45 cada año), los que fueron asignados a los tratamientos en un diseño de bloques completos al azar. El grupo suplementado (SUPP) recibió 0,6% de su peso vivo en DDGS diariamente con

9,9 Unidades Animales por Mes por hectárea (UAM/ha). Otro grupo de novillos pastoreó praderas en primavera las que fueron fertilizadas con 90 kg N/ha y también con 9,9 UAM/ha pero no recibieron ningún suplemento (FERT). Finalmente, un tercer grupo de animales no recibió suplemento y pastoreo una pradera que no fue fertilizada con 6,8 ATM/ha (CONT). Cada potrero fue la unidad experimental la que fue replicada 3 veces por año. Los potreros fueron bloqueadas por ubicación y pastoreados en forma rotativa. La presión de pastoreo entre potreros de distintos tratamientos se mantuvo mediante el ingreso y retiro de ganado de estos. La producción de forraje fue mayor para el tratamiento FERT, intermedia para SUPP y baja para CONT ($P < 0,01$). El peso final fue mayor en los novillos del tratamiento SUPP comparado con aquellos de los tratamientos FERT y CONT ($P < 0,01$). Durante la temporada de pastoreo, la ganancia de peso diario (GDP) disminuyó junto con la declinación de la calidad del forraje. En la medida que la GDP disminuía, se observó una mayor diferencia entre el tratamiento SUPP respecto de FERT y CONT. Las cargas animales fueron mayores para las praderas del tratamiento SUPP comparadas con las de praderas que no recibieron fertilización, esto se explica por una mayor producción de forraje y la tasa sustitución que fue de aproximadamente 0,79 kg de forraje por cada kilogramo de suplemento. Los DDGS pueden ser utilizados para aumentar el desempeño productivo de los novillos que pastorean praderas de bromo.

Introducción

Los aspectos medioambientales asociados a la producción de carne en engordas a corral están siendo cada vez más importantes tanto para consumidores como productores. Lo anterior debido al aumento en tamaño y concentración de engordas a corral, a causa de los beneficios de la economía de escala, y por los nutrientes presentes en el estiércol que están comenzando a concentrarse ciertas áreas. En la actualidad, la principal preocupación se centra en las engordas a corral al aire libre sobre suelo descubierto, unidades típicas de las planicies del medio oeste de USA.

Existen diferentes nutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P), materia orgánica (MO), sal, y potasio (K) que reciben atención cuando se desplazan a aguas superficiales, aguas subterráneas o superficies de cultivo. El N y P generan preocupaciones bastantes distintas. Dos de la mayores preocupaciones cuando el N se volatiliza como amoníaco (NH_3) desde el estiércol en la superficie de los corrales son: 1) la formación de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$) que impacta negativamente la salud de las personas (USA EPA, 2004); y 2) el enriquecimiento de ecosistemas (suelos, agua, etc.) cuando el N eventualmente se deposita en el suelo a través de la lluvia. La preocupación en el caso del P es que este puede acumularse en los suelos que reciben estiércol y aguas de escorrentía y posteriormente en los cuerpos de aguas superficiales. El fósforo en el agua superficial puede llevar a procesos de eutrofización o crecimiento de algas y la posibilidad de la muerte de peces debido a la falta de oxígeno. Estos aspectos son el foco principal del presente trabajo en términos de producción de engorda. Sin embargo, también hemos estado evaluando el balance de N en sistemas de pastoreo que se aplica y no se aplica fertilizantes, o bien praderas en donde el ganado recibe suplementa y que no reciben fertilización.

El problema del nitrógeno en las engordas a corral (Feedlots)

La principal vía de eliminación del nitrógeno en el ganado, alimentado con dietas ricas en concentrado, es la orina, como urea (60 a 80% del total de N excretado), seguido del excremento. De forma similar al metabolismo ruminal la urea puede ser rápidamente hidrolizada a CO_2 y NH_4 mediante la ureasa. Por lo tanto, el N urinario puede contribuir al pool de NH_3 volatilizándose desde los corrales. El N fecal también puede contribuir, pero presumiblemente a una tasa mucho más lenta. La evidencia indica que el N urinario puede convertirse en su totalidad a NH_4 en unas pocas horas (Mobley y col, 1995). Otra consideración importante en la cantidad e N volatilizado es la proporción relativa de NH_3 respecto de NH_4 . La cantidad relativa de esos dos compuestos es una reacción de equilibrio con un pKa de aproximadamente 9,3. Por lo tanto, el pH, la concentración de NH_4 y la

temperatura ambiental pueden influenciar el pool de NH_3 que se volatiliza. La concentración de NH_3 también puede influenciar el equilibrio de la reacción, pero se convierte continuamente de una fase líquida a un estado gaseoso. Por lo tanto, no afecta en gran medida la reacción de equilibrio. La mayor parte del ganado en engorda es alimentado en las planicies de USA. Casi todos estos corrales de engorda cuentan con pisos de tierra y son abiertos, es decir, sin cobertizos de protección. En términos generales, la limpieza (remoción del estiércol) de los corrales se realiza cuando el ganado es vendido y antes de que un nuevo grupo sea asignado al corral. Esto implica que sea normal que el estiércol se acumule por un periodo de 120 a 200 días.

En todos los experimentos que aquí presentamos se utilizó la metodología de balance de masa para determinar el impacto sobre el contenido de N en el estiércol y el N perdido. La retención de N en el animal en la medida que gana peso para ser comercializado fue calculado a partir de las ecuaciones de ganancia de peso de novillos del NRC (1996). La escorrentía fue cuantificada y analizada para el N. Se colectaron muestras de suelo (núcleos cilíndricos) desde la superficie de los corrales antes y después de concluir los estudios (después de remover el estiércol). Las muestras fueron analizadas para estimar el N no removido o bien N removido en el estiércol. Finalmente, el estiércol fue muestreado, pesado y compostado. Las pérdidas de N fueron calculadas como: excreción de N menos la cantidad de N en el estiércol, incluyendo correcciones para el balance del suelo y escorrentía de N.

Reducción del consumo de N mediante la utilización del sistema de proteína metabolizable.

El sistema de proteína metabolizable (PM) presentado en el NRC de 1996 permite formular dietas con mayor precisión, de manera tal de satisfacer los requerimientos proteicos sin caer en la sobrealimentación. Este sistema separa las necesidades de proteína en: a) las necesidades de proteína de los microorganismos ruminales que corresponde a la proteína consumida degradable en el rumen (DIP, de sus siglas en inglés); y b) las necesidades propias del animal. La PM corresponde a la sumatoria de la proteína microbiana o bacteriana y la proteína consumida no degradada en el rumen (UIP, de sus siglas en inglés) que son absorbidas en el intestino delgado (NRC, 1996). Así entonces, el desafío del nutricionista es suministrar ambos requerimientos sin sobrealimentar este nutriente. Lo anterior es especialmente desafiante debido al hecho de que los requerimientos cambian durante el periodo de engorda a medida que el ganado crece. Resulta complicado suplementar con exactitud la proteína suficiente para satisfacer los requerimientos y no excederlos. Es también un reto en dietas basadas en forrajes, especialmente por la dificultad para saber cuánto DIP y UIP están presentes así como también la digestibilidad de la UIP.

Erickson and Klopfenstein (2001a) ejecutaron cuatro ensayos de engorda (dos con terneros recién destetados ingresados al feedlot, y dos con novillos), para evaluar el impacto de formulaciones más precisas (alimentación por fases) respecto de prácticas de alimentación convencional sobre la volatilización de N. La dieta convencional se mantuvo constante y contenía 92,5% de concentrados con 13,5% de PC. La dieta de fases también tuvo un 92,5% de concentrados y se formuló para ajustar los requerimientos de DIP, UIP y PM a través del período de alimentación. Los novillos alimentados por fases excretaron menos N que el control (Tabla 1). La excreción de N a la superficie del corral fue reducida en 22% en los novillos, mientras que el N volatilizado a la atmósfera fue reducido en 32% en las dietas por fases en comparación a la dieta convencional. La excreción de N en la superficie de los corrales se redujo en un 13% en el caso de los terneros destetados en engorda, mientras que el N volatilizado hacia la atmósfera fue reducida en un 15% en las dietas por fases. Las diferencias en volatilización del N entre los dos tipos de animal son probablemente debidas a las temperaturas más frías observadas en los estudios con los terneros (Noviembre a Mayo, otoño-invierno en USA) comparado con los estudios en que se utilizaron novillos (Mayo a Octubre, primavera-verano en USA). La volatilización fue mayor en el verano (60 a 70%) respecto del invierno (40%). Cuando los datos fueron corregidos en función de época del año y tipo de ganado alimentado en diferentes épocas del año, se observa que el promedio de pérdidas de N por

volatilización fue de 50,8% del N excretado, considerando ambos tratamientos control y dieta por fases (Erickson and Klopfenstein, 2001a). Sin embargo, la cantidad real de N volatilizado en kilos fue marcadamente reducida al reducir el consumo de N. Presumiblemente, la disminución de pérdidas de N volatilizado observada se encuentra directamente relacionada con la reducción del N urinario excretado. En los experimentos antes indicados, se presume que no se produjo reciclaje del exceso de proteína bypass (UIP). En términos generales, las dietas basadas en granos presentan un gran exceso de UIP en el periodo final de la engorda. Si ese exceso es digerido y las proteínas desaminadas, entonces el exceso de amoníaco es reciclado al rumen. Quinn y col (2006a,b) evaluaron novillos alimentados con dietas reducidas en proteína para determinar el impacto en el desempeño productivo y sobre el balance de masa de N en el periodo estival (Quinn y col, 2006a), y en terneros alimentados en el periodo invernal (Quinn y col, 2006b). En ambos estudios no se observó ninguna mejora en la relación G:A al utilizar la dieta en fases o al estimar el N reciclado (Tabla 2). De forma similar a los estudios previamente discutidos, un menor consumo de proteína disminuyó el N consumido y N perdido por volatilización, sin observarse mayores impactos en el N contenido en el estiércol (Tabla 2).

Tabla 1. Respuesta productiva y consumo de N, N en el estiércol, y N perdido por terneros y novillos alimentados con dietas de engorda con niveles de proteína convencional o con múltiples fases para satisfacer los requerimientos de proteína¹

Item	Tratamiento		P-value
	Convencional	Alimentado por fases	
Novillos alimentados en el verano ²			
Consumo MS, kg/d	11,4	11,1	0,03
GPD, kg	1,81	1,85	0,27
G:A	0,158	0,166	0,01
N consumido, kg/novillo	33,1	27,0	0,01
N estiércol, kg/novillo	7,6	8,5	0,39
N volatilizado, kg/novillo	20,9	14,2	0,01
N perdido, % del N excretado	70,9	60,7	
Terneros alimentados en invierno/primavera ³			
Consumo MS, kg/d	9,22	9,40	0,21
GPD, kg	1,57	1,54	0,43
G:A	0,170	0,164	0,04
N consumido, kg/novillo	37,0	32,7	0,01
N estiércol, kg/novillo	18,1	15,9	0,24
N volatilizado, kg/novillo	13,3	11,3	0,32
N perdido, % del N excretado	41,1	40,1	

¹ Resultados de Erickson and Klopfenstein (2001a).

² Dos experimentos con novillos alimentados por 132 días en promedio a través de los años, con 12 réplicas por tratamiento.

³ Dos experimentos con terneros alimentados 183 días en promedio con 12 réplicas por tratamiento.

El problema del Fósforo en las engordas a corral (Feedlots)

El fósforo no se volatiliza desde la superficie de los corrales, por lo que lo excretado debe ser distribuido en las tierras de cultivo. El verdadero problema con el P es minimizar la cantidad suministrada en la dieta. Independientemente de la cantidad alimentada, la que probablemente será siempre mayor que la requerida, la distribución de P y la aceptación del estiércol como fertilizante por las operaciones agrícolas de cultivo es esencial para resolver los problemas ambientales asociados al P. El conocimiento de los requerimientos de P de los animales resulta esencial para minimizar la cantidad suministrada y al mismo tiempo asegurar un óptimo desempeño productivo de estos. Los requerimientos del NRC (1996) están basados en datos colectados hace más de 50 años atrás (Ellenberger y col, 1950) y probablemente no son relevantes en la dietas y ganado actualmente en engorda. Sin embargo, el estudio desarrollado por Ellenberger fue bastante extensivo y se basa en los datos de composición de todo el cuerpo de las vacas lecheras con edades desde el nacimiento hasta los 6 años de edad.

Tabla 2. Respuesta productiva y balance de masa de N cuando los novillos fueron alimentados por fases y el N reciclado fue asumido comparable a un nivel de proteína convencional.

Item	Tratamiento		P-value
	Convencional	Alimentación por fase	
Novillos alimentados en el verano ¹			
Consumo MS, kg/d	10,5	10,0	0,08
GPD, kg	1,67	1,59	0,23
G:A	0,159	0,159	0,88
N consumido, kg/novillo	28,1	22,3	0,01
N estiércol, kg/novillo	6,76	5,81	0,35
N volatilizado, kg/novillo	17,5	12,8	0,02
N perdido, % del N excretado	70,4	66,5	0,58
Terneros alimentados en invierno/primavera ²			
Consumo MS, kg/d	9,99	9,76	0,20
GPD, kg	1,62	1,65	0,11
G:A	0,162	0,168	0,02
N consumido, kg/novillo	35,9	33,0	0,01
N estiércol, kg/novillo	12,8	12,8	0,71
N volatilizado, kg/novillo	16,2	13,3	0,11
N perdido, % del N excretado	53,7	48,8	0,44

¹ Resultados de Quinn y col. (2006a) para novillos alimentados por 117 días con 6 réplicas por tratamiento.

² Resultados de Quinn y col. (2006b) para terneros alimentados 176 días con 6 réplicas por tratamiento.

Basado en tres estudios realizados en Nebraska (Erickson y col, 1999; Erickson y col, 2001; Geisert y col, 2004) hemos demostrado que la suplementación con P en dietas de engorda a corral es innecesario. La investigación fue desarrollada con novillos (385 kg PV) alimentados con dietas en las que la concentración de P varió desde 0,14 a 0,34% de la MS (Tabla 3). Los resultados de otras investigaciones en que se utilizaron terneros en engorda se presentan en la Tabla 4 y 5. El único experimento para determinar el punto de quiebre para los

requerimientos de P fue ejecutado por Geisert y col (2009). En ese experimento, 60 vaquillas en engorda (peso inicial de 278 kg \pm 17 kg) fueron alimentadas individualmente con una de cinco concentraciones de P (0,10; 0,17; 0,24; 0,31 o 0,38% P). El requerimiento de P de los animales fue determinado en base al desempeño productivo, la concentración de P en el plasma, las características de los huesos, y la concentración de P en el hueso. El CMS y GDP aumentaron cuadráticamente a medida que aumento el contenido de P en la dieta ($P < 0,01$). El nivel de P en plasma de las vaquillas alimentadas con 0,10% P fue menor que los otros tratamientos ($P < 0,01$) y sugiere que esas vaquillas experimentaron un déficit de P. El peso total de las cenizas de los huesos de la falange aumentó linealmente a medida que el P en la dieta aumentó ($P < 0,01$). El análisis de punto de quiebre de GDP indicó que el requerimiento de P fue de 0,115 \pm 0,011% P. De forma similar, el mismo tipo de análisis para el peso de las cenizas de los huesos indicó que el requerimiento de P fue de 0,11 \pm 0,004% P. En un experimento de metabolismo ejecutado por Geisert y col (2009) que utilizó un diseño de cuadrado latino de 5 x 5, cinco dietas con distintas concentraciones de P (0,12; 0,27; 0,42; 0,30 y 0,36% P, para BajoP, MedioP, AltoP, Maíz, y DDGS, respectivamente) las que fueron suministradas a novillos para evaluar la ruta y cantidad de P excretado. Los novillos excretaron poco P en la orina como porcentaje total de P excretado (1,78 g/d en promedio). Los novillos en la dieta BajoP excretaron muy poco P en la orina (0,5 g/d). La excreción de P fue menor ($P < 0,05$) para el ganado alimentado con 0,12% P comparado con todos los otros tratamientos.

Los resultados de desempeño productivo, la concentración de P en el plasma y las características del hueso, del experimento realizado con vaquillas, indican que aquellas alimentadas con 0,10% P estaban experimentando una deficiencia de P y que el requerimiento de P se encuentra entre 0,10 y 0,17% P. Los valores de P dietario cercano al requerimiento de 0,10 y 0,17% P resultaron en menores excreciones de P. En razón de lo antes expuesto, concluimos que el requerimiento de P fue de 0,10 a 0,13% de MS de la dieta, basado en el desempeño productivo, cenizas de hueso y P en sangre. En cada uno de estos experimentos, se utilizaron alimentos únicos (sémola de maíz (almidón), fibra de maíz, etc.) para simular el grano de maíz, pero sin el P. Normalmente, el grano de maíz contiene alrededor de 0,32% P base materia seca (NRC, 1996), aunque es bastante variable (Desviación estándar = 0,04% en 3.500 muestras). Si los requerimientos son menores de 0,14%, entonces la contribución de P del grano de maíz por sí solo es adecuada para el ganado en engorda a corral.

Tabla 3. Efecto de la concentración de P dietario sobre el desempeño productivo de novillos en engorda (Erickson y col., 1999).

Item	Fósforo, % de la MS					EEM
	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	
Consumo de P, g/d	15,9	19,7	27,6	32,1	36,4	0,7
CMS, kg/d ^a	11,0	10,3	11,5	11,1	10,8	0,7
GDP, kg ^a	1,76	1,62	1,72	1,75	1,53	0,2
G:A ^a	0,154	0,157	0,149	0,158	0,142	0,007
Cenizas hueso, g	28,3	27,5	28,9	27,5	28,5	
Cenizas hueso, % PV	8,01	8,02	8,20	7,83	8,46	

^a CMS = Consumo de materia seca. No hubo efecto de P a nivel lineal, cuadrático o cúbico ($P > .10$).

^b Determinada como peso de la canal caliente dividido por 62% de rendimiento canal.

Tabla 4. Efecto de la concentración de P dietario sobre el desempeño productivo de terneros en engorda (Erickson et al., 2002).

Item	Fósforo, % de la MS					Lineal	Cuadrático
	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40		
Consumo de P, g/d	14,2	20,2	23,4	31,7	35,5	0,01	
CMS, kg/d ^a	8,94	8,99	8,22	9,26	8,85	0,92	0,32
GDP, kg ^a	1,52	1,53	1,34	1,61	1,47	0,86	0,28
G:A ^a	0,171	0,171	0,163	0,174	0,166	0,65	0,79
Cenizas hueso, g	27,8	29,3	27,8	30,9	27,6		
Cenizas hueso, % PV	3,60	3,71	3,78	3,81	3,58		

Tabla 5. Efecto de la concentración de P dietario sobre el desempeño productivo de terneras en engorda con bajo P dietario (Geisert et al., 2009).

Item	Consumo de Fósforo, % de la MS					EEM	L	C
	0,10	0,17	0,24	0,31	0,38			
Consumo de P, g/d	7,4	14,2	20,5	25,9	29,6	0,7	< 0,01	< 0,01
CMS, kg/d ^a	7,4	8,3	8,5	8,3	7,7	0,6	0,38	< 0,01
GDP, kg ^a	1,17	1,39	1,38	1,40	1,26	0,09	0,26	< 0,01
G:A ^a	0,160	0,169	0,163	0,165	0,164	0,003	0,79	0,35
Cenizas falange, g	78,6	84,8	83,4	90,3	88,4	2,2	< 0,01	0,61
Cenizas falange, g/kg	0,257	0,259	0,256	0,278	0,282	0,001	< 0,01	0,05

EEM = Error estándar de la media; L = efecto lineal; C = efecto cuadrático.

El fitato se encuentra fácilmente disponible para los rumiantes como en el caso del ganado de engorda. En promedio, 95% o más del fósforo ligado al fitato es liberado a una forma utilizable durante la fermentación ruminal para su uso posterior por el animal (Morse et al., 1992). La suplementación de P inorgánico es simplemente innecesario para compensar los fitatos presentes en los granos forrajeros y otros alimentos para el ganado de engorda. Para determinar el impacto de la remoción total del P suplementario, dos niveles de P fueron alimentados en el feedlot y se realizó un balance de masa para P (Erickson y col, 2000). La eliminación de la suplementación de P en una dieta base de maíz reduce el consumo de P en 51% para los novillos y 41% para terneros (Tabla 6). Debido a que el P no es volatilizado, la totalidad es recuperada en el estiércol o escorrentía. La reducción del P dietario reduce el P en el estiércol en un 59% en novillos y en un 38% en terneros.

Tabla 6. Balance de fósforo (P) en el feedlot para experimentos con novillos y terneros combinados a través de los años (valores expresados como kg/novillo; 132 días para novillos y 183 días para los terneros; Erickson y col, 2000).

Item	Novillos			Terneros		
	Control	Bajo P	P=	Control	Bajo P	P=
Consumo	5,8	3,3	0,01	6,8	4,5	0,01
Retención ^a	0,9	0,9	0,82	1,1	1,1	0,24
Excreción ^b	4,9	2,4	0,01	5,7	3,4	0,01

^a Retención de P basado en GDP, ecuación del NRC para energía retenida, proteína retenida y P.

^b Excreción de P calculado como consumo menos retención.

Alimentación con granos de destilería en corrales de engorda

Los granos de destilería, particularmente los granos destilados húmedos más solubles (WDGS), están convirtiéndose en un popular alimento en reemplazo del grano de maíz en las engordas a corral. Los granos de destilería tienen en general un 30% de proteína y 0,9% de P. En consecuencia, cuando la inclusión de estos en la dieta se incrementa, el contenido de proteína y fósforo en la dieta puede llegar a ser bastante alto (17 a 22% de PC, y 0,4 a 0,5% de P). La alimentación con WDGS mejora el desempeño productivo del ganado y presenta un mayor contenido de energía que el grano de maíz (110 a 140%), dependiendo del tipo de granos de destilería, tipo de procesamiento del maíz y nivel de inclusión (Klopfenstein y col, 2008). Por eso, Luebbe y col (2007a,b) llevaron a cabo un experimento de un año de balance de masa para determinar el impacto que implica alimentar a los animales con 0, 15 y 30% de WDGS en reemplazo de grano de maíz. El ganado alimentado con WDGS aumentó la GPD y G:A (Tabla 7). A medida que la inclusión de WDGS aumentó, el consumo y excreción de N también aumentó (Tabla 8) La respuesta a la alimentación con WDGS sobre las pérdidas de N por volatilización fue variable según la estación del año. Durante el periodo de alimentación de invierno-primavera, la mayor excreción de N proveniente de la alimentación con WDGS resultó en un aumento tanto de el N en el estiércol como en la cantidad de N perdida por volatilización en kg/novillo. Cuando las pérdidas de N por volatilización fueron expresadas como porcentaje de N excretado, no se detectaron diferencias entre los niveles de WDGS. Durante los meses del verano, la alimentación de WDGS aumento la excreción de N y las pérdidas de N por volatilización ya sean estas expresadas como cantidad perdida (kg/novillo) o como porcentaje de N excretado (Tabla 8).

Tabla 7. Desempeño de crecimiento para novillos alimentados durante el verano¹ e invierno² para novillos alimentados con 0, 15, o 30% de WDGS (BMS).

Item	Tratamiento ³			EEM	P-value ⁴
	Control	15	30		
Verano					
CMS, kg/día ⁵	11,4	11,8	11,8	0,2	0,13
GDP, kg ⁵	1,80 ^a	1,94 ^b	1,91 ^b	0,10	0,05
G:A	0,158	0,164	0,162	0,004	0,38
Invierno					
CMS, kg/día ⁵	9,3	9,8	10,0	0,3	0,10
GDP, kg ⁵	1,61	1,67	1,73	0,05	0,12
G:A	0,172	0,174	0,177	0,003	0,27

¹Resultados de Luebbe y col. (2007a).

²Resultados de Luebbe y col. (2007b).

³Tratamientos dietarios: Control = dieta basada en maíz sin WDGS; 15 = 15 % WDGS (BMS); y 30 = 30% WDGS (BMS).

⁴Test estadístico de F-test para tratamientos dietarios.

⁵Efecto lineal del nivel de WDGS.

^{a,b} Dentro de una fila, promedios con letras distintas difiere a un nivel del 5% ($P < 0.05$).

Aspectos asociados a la fertilización y suplementación en pastoreo

La producción de forraje (*Bromus inermis*) en el este de Nebraska, aumenta en forma lineal cuando la pradera se fertiliza con aplicaciones de N de hasta 504 kg N/ha (Casler y Carlson, 1995). Sin embargo, los precios de los fertilizantes nitrogenados han aumentado hasta US \$ 0,59/kg de urea (US \$ 537/ton), más del doble del precio que tenía en el 2004 (USDA-NASS).

Por otra parte, los recientes aumentos en la producción de etanol a partir de grano de maíz, han convertido a los granos de destilería (DGS) en una fuente común de alimentación animal, ya que es una fuente relativamente barata de PC, energía, y P para el ganado. El contenido de proteína de los forrajes en crecimiento activo, y en el caso particular del bromo, es alto en proteína degradable (DIP). En tanto, la proteína de los granos de destilería es aproximadamente un 65% UIP, lo que permitiría superar cualquier deficiencia de UIP que el ganado en crecimiento en condiciones de pastoreo pudiera tener. Varios estudios han demostrado que la GPD de terneros en crecimiento aumenta en respuesta a la suplementación con UIP (Karges y col., 1992; Klopfenstein, 1996; Creighton y col, 2003). Loy (2008) también encontró un aumento de la respuesta de la suplementación con DGS comparado con maíz roleado seco (DRC, de sus siglas en inglés) y DRC alimentado junto a harina de gluten de maíz. El valor calculado del contenido de NDT³ del DGS fue 18 a 30% mayor que DRC.

³ NDT = Nutrientes digestibles totales (TDN en inglés)

Tabla 8. Efecto del tratamiento dietario sobre el balance de masa de N¹ durante el verano² e invierno³ para novillos alimentados con 0, 15, o 30% de WDGS (BMS).

	Tratamiento ⁴			EEM	P-value ⁵
	Control	15	30		
Verano:					
N consumo ⁶	29,0 ^a	35,5 ^b	42,9 ^c	1,2	< 0,01
N excreción ^{6,7}	24,3 ^a	30,5 ^b	38,1 ^c	1,1	< 0,01
N estiércol ⁸	8,99	9,67	10,03	5,0	0,89
N escorrentía	1,18	0,86	1,54	1,2	0,53
N perdido ⁶	14,2 ^a	20,0 ^b	26,5 ^c	5,1	< 0,01
N perdidas, % ⁹	58,1	65,6	69,6	7,2	0,15
MO removida ⁶	98 ^a	108 ^a	156 ^b	45	0,04
Invierno:					
N consumo ⁶	31,5 ^a	36,2 ^b	44,7 ^c	1,6	< 0,01
N excreción ^{6,7}	25,9 ^a	30,5 ^b	38,7 ^c	1,6	< 0,01
N estiércol ^{6,8}	11,4 ^a	10,9 ^a	17,3 ^b	5,2	0,04
N escorrentía	0,47	0,54	0,78	0,36	0,18
N perdido ⁶	14,0 ^a	19,1 ^b	20,7 ^b	4,6	0,03
N perdidas, % ⁹	55,1	63,8	55,0	6,8	0,37
MO removida ⁶	159	203	218	58	0,12

¹ Valores expresados como kg/novillo sobre todo el periodo de alimentación (Invierno: 167 d; Verano: 133 d) a no ser que se señale algo distinto.

² Resultados de Luebbe y col. (2007a).

³ Resultados de Luebbe y col. (2007b).

⁴ Tratamientos dietarios: Control = dieta basada en maíz sin WDGS; 15 = 15 % WDGS (BMS); y 30 = 30% WDGS (BMS).

⁵ Test estadístico de *F*-test para tratamientos dietarios.

⁶ Efecto lineal ($P < 0.05$) para el nivel de WDGS.

⁷ Calculado como consumo de N – retención de N.

⁸ N en estiércol con corrección por N en el suelo.

⁹ Calculado como N perdido dividido por excreción de N.

^{a,b,c} Dentro de una fila, promedios con letras distintas difiere a un nivel del 5% ($P < 0.05$).

El exceso de N en la dieta del ganado es mayoritariamente excretado en la orina en forma urea y puede ser aprovechada por las plantas. La distribución espacial de urea en las praderas, a través de la excreción de orina por los animales, puede ser mejorada con una mayor densidad animal, elemento común en los sistemas más intensivos de pastoreo rotativo. Por último, además de mejorar la respuesta productiva del ganado y de la pradera, la suplementación con DGS tiene un efecto de sustitución. En este sentido, Klopfenstein y col (2007) resumieron los resultados de algunos ensayos de pastoreo con suplementación de DGS. Ellos encontraron que cada kilo de DGS puede reemplazar entre 0,27 y 0,79 kg de forraje. La disminución del consumo de forraje (efecto de sustitución) y posiblemente, el aumento en la producción de forraje a través del reciclaje del N, permite que la suplementación con DGS aumente la carga animal. En su experimento el objetivo fue determinar la respuesta productiva tanto del ganado y como de la pradera en tres combinaciones diferentes fertilización N y la suplementación con granos secos de destilería más solubles (DDGS). El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad de Nebraska ubicado en Mead, NE. Las temperaturas ambientales en esta área varían entre -12,4 °C en enero a

30,9 °C en Julio. La precipitación anual para los 5 años de estudio promedió 820 mm y fluctuó entre 610 mm en el año 2005 a 1030 mm en el 2007 (NCDC, 2010). Los suelos de lugar de estudio son predominantemente arcillo-limoso. La pradera es un monocultivo de bromo que ha sido fertilizada en el pasado con 90 kg N/ha, siendo fuertemente pastoreada por el ganado en primavera y otoño.

Cada año, 45 novillos híbridos (325 ± 22 kg) fueron utilizados en un diseño de bloques completos al azar para evaluar los efectos de la fertilización de N y suplementación de DDGS. Los datos fueron colectados en 5 años consecutivos, desde 2005 al 2009. Los resultados del periodo 2005-2007 fueron previamente reportados por Greenquist y col (2009), sumándose a los datos del periodo 2008-2009. Se colectaron datos de desempeño productivo (medido por GDP a través del estudio), calidad de la dieta (medido a través de muestras tomadas de novillos fistulados), producción de forraje (medido a través de la metodología de corte manual de cuadrantes a través de las praderas). Los tratamientos asignados a este estudio estuvieron basados en investigaciones pasadas en praderas de bromo. Por ejemplo, Schluter (2004) reportó que las praderas de bromo fertilizadas con 90 kg N/ha pueden soportar cargas animales mayores que aquellas pasturas no fertilizadas. En otra investigación, desarrollada por MacDonald y col (2006), se sugiere que la suplementación del ganado con DDGS a niveles de 0 a 0,75% del peso vivo (PV) mejoran la GDP en 0,064 kg por cada 0,10% del PV de aumento en la suplementación de DDGS. Debido al resultado de estos estudios previos, se seleccionaron 3 tratamientos para este estudio. Los tratamientos incluyeron: 1) parcela de bromo fertilizada con 90 kg de N/ha y con una carga de 9,9 UAM/ha (FERT); 2) pradera de bromo sin fertilizar con carga de 6,8 UAM/ha (CONT); y 3) pradera de bromo no fertilizada con una carga de 9,9 UAM/ha y suplementada con 0,6% del PV en DDGS (SUPP). Cada uno de los tres tratamientos fue asignado aleatoriamente a un área de la pradera dentro de tres bloques al comenzar el estudio y fueron mantenidos por los cinco años. El área de cada pradera experimental consistió en 6 potreros que fueron aproximadamente de 0,66 ha para los tratamientos FERT y SUPP y de 0,48 ha para CONT.

Los potreros fueron manejados con pastoreo rotativo cuyo ciclo tomaba 24 o 36 días (el pastoreo de los 6 potreros pastoreados constituye un ciclo de pastoreo). En el ciclo 1, el ganado rotaba cada 4 días totalizando así 24 días en el ciclo completo. Los ciclos 2, 3 y 4 fueron de 36 días lo que implica que el ganado se movía cada 6 días. El ciclo 5 varió en su longitud con rotaciones de 4 o 6 días dependiendo de las precipitaciones y disponibilidad de forraje. Se maneja una carga variable a fin de mantener una presión de pastoreo similar en todos los tratamientos. Se realizaron mediciones de producción de forraje y observaciones visuales periódicamente para determinar si el ganado debía ser removido o agregado a los tratamientos. El número de cabezas día fue calculado para cada tratamiento multiplicando el número animales de prueba por el número de días pastoreados más el número de ganado removido o agregado multiplicado por el número de días pastoreados. El ganado utilizado para ajustar la carga no fue utilizado para determinar la respuesta productiva animal. La ganancia total para cada tratamiento fue calculado por GDP de los novillos en evaluación, multiplicado por el número total de cabezas día.

Antes del comienzo del ensayo, los novillos fueron restringidos a una dieta común de 1,75% del PV. Esta consistió en 48% alfalfa, 48% gluten húmedo de maíz y 4% de suplemento, todo expresado en base materia seca. El ganado fue pesado por 3 días consecutivos para minimizar el impacto de variaciones en el llenado del tracto gastrointestinal. También se pesó el ganado al comienzo de cada ciclo, pesos que fueron registrados en la mañana del primer día de los ciclos 2, 3, 4 y 5. El ganado fue chequeado diariamente y tuvo libre acceso a bloques de sales minerales traza y a agua fresca en bebederos portables que fueron rotados a través de los potreros junto al ganado, al igual que los comederos portables para suministrar DDGS en el tratamiento SUPP. Una vez finalizado el ensayo el ganado fue nuevamente sometido a alimentación controlada por 5 días y 3 días de colección de datos.

En la mitad del periodo de pastoreo se recogieron muestras para el análisis de calidad de forraje. Dos novillos fistulados en el rumen fueron utilizados para recolectar muestras en cada potrero. En las colectas matutinas

se vació el contenido ruminal de los novillos, los que posteriormente fueron llevados al sitio de muestreo y se les permitió pastar durante aproximadamente 30 minutos. Tres potreros fueron muestreados en cada fecha de muestreo, utilizándose 6 novillos, los que fueron asignados aleatoriamente a los tratamientos en los potreros a través del estudio. Luego de llevar las muestras al laboratorio, estas fueron congeladas y luego congeladas en seco y molidas en un molino Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ) con una criba de 2mm. Una submuestra fue molida a 1 mm. Las muestras de la dieta fueron utilizadas para determinar la calidad de la dieta del ganado, incluyendo digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y PC. La desaparición *in vitro* de la MS fue medida utilizando el método de Tilley y Terry (Tilley y Terry, 1963) con la adición de 1 g/L de urea al buffer de McDougall (Weiss, 1994). El fluido ruminal para este procedimiento fue colectado de dos novillos fistulados que tuvieron libre acceso a heno de bromo y agua. Todas las pruebas de DIVMS tuvieron 5 alimentos referentes que presentaban calidad variable y digestibilidad de la MS *in vivo* conocida. Los valores de DIVMS de estos referentes fueron regresados contra sus propias digestibilidades *in vivo* con el fin de desarrollar ecuaciones de regresión para cada prueba y calcular la digestibilidad de la MS total (DMST). Este método fue desarrollado por Geisert y col (2006). La PC fue medida utilizando un analizador de combustión de N (Leco FP-528, St. Joseph, MI). Las muestras de la dieta también se utilizaron para determinar el contenido de UIP. El procedimiento utilizado ha sido discutido por Haugen y col (2006), Whittet y col (2003), y Klopfenstein y col (2001). Los resultados fueron muy similares a los contenidos de UIP previamente reportados para praderas de bromo en el área (Benton y col 2006).

Entre el 2005 y 2008 se midió la altura de la pradera en cada ciclo en un potrero de cada tratamiento en cada bloque, lo que se realizó el día previo al pastoreo. Esto se realizó mediante el método del disco. Un total de 50 mediciones (0,26m²) fueron tomadas aleatoriamente y se realizó una calibración mediante datos de corte por tijera de cuadrantes, los que correspondieron al 8^{vo} lanzamiento del disco. Así, en cada punto de medición del disco, el disco fue liberado desde una altura de 1 m, registrándose la altura. En el 8^{vo} lanzamiento toda la vegetación fue cortada a nivel de suelo con un cuadrante de 0,38 m² el que fue ubicado inmediatamente debajo de la posición del disco. Las muestras de forraje cortado se guardaron en bolsas de papel y fueron secadas en estufas de aire forzado a 60°C hasta alcanzar un contenido de MS constante, registrándose el peso seco. Los datos pareados del disco y de cada corte fueron utilizados para calibrar las mediciones del disco y estimar la disponibilidad de biomasa de la pradera. Este método fue descrito en detalle por Baleseng y col (2006). En el año 2009, la producción total de forraje fue medida en dos potreros de cada tratamiento en cada bloque. Ocho jaulas de exclusión de 1m² fueron ubicadas aleatoriamente en cada pradera antes de comenzar el periodo de pastoreo (temprano en abril). Toda la vegetación fue cortada a nivel de suelo utilizando un cuadrante (0,38 m²) ubicado en cada jaula. Los procedimientos de pesaje y secado fueron los mismos descritos anteriormente. El corte se llevó a cabo a finales de junio y principios de octubre para recoger tanto la producción de principios de temporada (que normalmente representa alrededor del 75% de la producción anual de bromo) y el rebrote que se produce al final de la temporada.

El análisis estadístico se realizó utilizando el procedimiento mixto de SAS (SAS Inst., Inc, Cary, NC) El bloque fue considerado un efecto aleatorio y el potrero fue la unidad experimental dentro de un diseño de bloques completos al azar. Los efectos del modelo incluyeron: año, tratamiento, la interacción año x tratamiento, ciclo, y la interacción ciclo x tratamiento. Las diferencias entre promedios se consideraron significativas a $P < 0,05$.

Principales resultados del ensayo

Se registraron diferencias en las precipitaciones a través de los años de estudio, lo que repercutió en distintas producciones de forraje y en consecuencia afectando directamente la respuesta animal. En un año típico el bromo presenta un rápido crecimiento en primavera, una marcada dormancia en los meses secos y calurosos del verano y un pequeño rebrote en el otoño, dependiendo de las temperaturas y precipitaciones. En los años 2007 y

2009, agosto fue un mes excepcionalmente húmedo lo que causó un aumento en la producción de forraje en comparación con otros años. La DIVMS también aumenta cuando hay rebrotes nuevos y en consecuencia esta fue mayor en el ciclo 5 del año 2007 y 2009, comparado con los otros años. Al final de los 5 años, tanto la DIVMS como los contenidos de PC fueron mayores para todos los tratamientos en el ciclo 1 y declinaron en el tiempo con alguna recuperación en los ciclos 4 y 5 (Tabla 10). Otros estudios realizados en praderas cercanas a los de este experimento han reportado una declinación cuadrática en DIVMS en los meses de verano ($P < 0,01$) y una relación cúbica ($P < 0,01$) entre contenido de PC y tiempo en la estación de pastoreo (Schlueter, 2004; Baleseng, 2006; MacDonald, 2006; Greenquist, 2009).

Las características de calidad de la dieta son presentadas en las Tablas 9 y 10. La DIVMS tuvo una respuesta cuadrática entre tratamientos a la fecha de pastoreo con valor iniciales de casi 71% en el ciclo 1 y declinando a cerca de 48% en los ciclos 4 y 5. No se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para DIVMS. Los niveles más altos de PC se presentaron en el ciclo 1 (18,6%) MS. En el ciclo 1 el contenido de PC mas alto se observo en el tratamiento FERT ($P < 0,01$). En los ciclos 3, 4 y 5 no se observaron diferencias en el contenido de PC entre los tratamientos. Sin embargo, hubo una respuesta cubica de PC sobre el tiempo ($P < 0,05$). El contenido de PC de las dietas declino a través de la estación hasta el ciclo 5 cuando esta retorno a niveles similares a los del ciclo 1. En la mayoría de los años, el bromo comenzó a crecer nuevamente en agosto y septiembre, y los nuevos rebrotes tuvieron altos contenidos de PC. Los contenidos de PC del bromo pueden ser afectados por muchos factores incluyendo madurez, fertilidad del suelo y condiciones meteorológicas.

Tabla 9. Principales efectos de del tiempo (ciclo) sobre las características de muestras de dietas y forraje disponible medidas en una pradera de bromo pastoreada por novillos.

	Ciclo					Probabilidades ¹			
	1	2	3	4	5	EEM	Lineal	Cuadrática	Cubica
Época del año	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre				
DIVMS ² , %	70,54	61,12	56,43	48,76	47,01	1,23	<0,01	<0,01	0,64
PC, %	18,62	15,32	14,35	14,58	16,08	0,42	0,85	<0,01	<0,05
Disp. Forraje, kg/ha ³	2414	3714	2387	772	1565	224	<0,01	<0,01	<0,01

¹ Probabilidades de tendencias lineal, cuadrática y cúbica determinadas con contraste de polinomios ortogonal.

² DIVMS = digestibilidad in vitro de la materia seca. Esta fue determinada por la inclusión de 5 muestras de heno de calidades variables con valores de digestibilidad in vivo conocidas. Los valores de DIVMS de esos referentes fueron regresados sobre sus propias digestibilidades para desarrollar una ecuación de regresión para calcular la digestibilidad total de la MS en cada prueba.

³ Disponibilidad de forraje medido en cada ciclo antes del pastoreo en los años 1 al 4.

Entre el 2005 y 2009 la disponibilidad de forraje fue medida antes de iniciar el pastoreo en cada potrero en cada tratamiento y ciclo. Promediado sobre los 4 años hubo una respuesta cúbica alcanzando el peak en el segundo ciclo para todos los tratamientos (Tabla 10). Durante el periodo total de pastoreo la disponibilidad de forraje fue mayor para el tratamiento FERT (9.429 kg/ha), intermedio para SUPP (7.300 kg/ha) y el más bajo para CONT (6.565 kg/ha) (Tabla 10 y 11). Las muestras colectadas en los cortes fueron clasificadas ya sea como bromo u otra especie, la mayoría malezas. En el 2009, las parcelas del tratamiento CONT presentaron la mayor producción de "otras especies" comparada con los otros tratamientos, indicando que esta se encontraban degradadas. Los nutrientes agregados en los tratamientos FERT y SUPP parecen ser importante en la mantención del vigor y

productividad del bromo.

Tabla 10. Efectos principales de la suplementación de granos de destilería secos (DDGS) y fertilización N sobre las características de muestras de dietas y forraje disponible medidas en una pradera de bromo.

	Tratamiento ¹			SEM	P-value
	CONT	FERT	SUPP		
DIVMS ² , %	60,40	59,74	59,85	0,74	0,82
PC, %	14,47 ^a	17,04 ^b	15,79 ^a	0,58	<0,05
Disp. Forraje ³ , kg/ha	2195 ^c	2537 ^d	2379 ^e	109	<0,01

¹ Los tratamientos consistieron en pradera no fertilizada (CONT), fertilizada con 90 kg N/ha (FERT), o pradera no fertilizada y novillos suplementados con 0.6% del PV (BMS) de DDGS (SUPP).

² DIVMS = digestibilidad in vitro de la materia seca. Esta fue determinada por la inclusión de 5 muestras de heno de calidades variables con valores de digestibilidad in vivo conocidas. Los valores de DIVMS de esos referentes fueron regresados sobre sus propias digestibilidades para desarrollar una ecuación de regresión para calcular la digestibilidad total de la MS en cada prueba.

³ Disponibilidad de forraje medido en cada ciclo antes del pastoreo en los años 1 al 4.

^{a,b} Promedios dentro de la fila con letras distintas difieren entre si (P < 0.05)

^{c,d,e} Promedios dentro de la fila con letras distintas difieren entre si (P < 0.01).

Tabla 11. Producción total de forraje (kg/ha) en el 2009 después de 4 años de aplicación de los tratamientos a las praderas.

	CONT	FERT	SUPP	EEM	P-Value
Junio	4124 ^b	6142 ^a	4483 ^b	165.35	<0.05
Octubre	2441 ^c	3287 ^a	2817 ^b	114.89	<0.05
Total	6565 ^c	9429 ^a	7300 ^b	252.40	<0.05
Otro ¹	197 ^a	7 ^b	49 ^b	16.29	<0.05

¹ "Otro" incluye todas las otras especies encontradas en la pradera (buffalo burr, Russian thistle, Kentucky bluegrass, etc.)

^{a,b,c} Promedios dentro de la fila con letras distintas difieren entre si (P < 0.05).

Debido a que las parcelas del tratamiento CONT produjeron cerca del 70% de las parcelas del tratamiento FERT, y debido a que estas originalmente tuvieron una carga animal de solo el 69% del tratamiento FERT, la disponibilidad de forraje por cabeza fue similar entre FERT y CONT. Esto se sustenta en la respuesta productiva del ganado en la que el ganado tuvo un peso 434 y 436 kg al final del periodo para FERT y CONT, respectivamente (P = 0,81). Si el ganado del tratamiento CONT no tuvo suficiente superficie para compensar la disminución del forraje producido, el consumo debería haber sido limitado, generando una disminución en la respuesta animal. El consumo promedio de forraje para el ganado del tratamiento CONT fue estimado utilizando las ecuaciones del NRC (1996), alcanzando 8,46 kg/d. Esta información más la producción registrada permite estimar que la utilización del forraje disponible fue de 42,17%. Considerando esta tasa de utilización multiplicada por el forraje disponible de los potreros del tratamiento SUPP y dividiendo esto por las cabezas día, se observa que el consumo de forraje fue de 6,52 kg/día más aproximadamente 2,45 kg/d de suplemento de DDGS para el ganado en el tratamiento SUPP. Así entonces, cada kg de DDGS reemplazó aproximadamente 0,79 kg de forraje.

Con el fin de mantener comparable la presión de pastoreo entre los potreros de los diferentes tratamientos se utilizó un sistema de ajuste de la carga animal mediante el ingreso y retiro de ganado. Los potreros variaron en las capacidades de producción. La producción de forraje fue mayor de lo previsto en los años más húmedos,

especialmente en los potreros fertilizados. La idea era utilizar el forraje disponible a finales de la temporada de pastoreo, dejando aproximadamente 10 cm de rezago (equivalente a alrededor de 1.000 kg/ha). Las cargas animales reales utilizadas durante los 5 años, ajustadas mediante el ingreso y retiro de animales y por peso vivo del ganado, fueron 8,53, 12,88 y 13,27 UAM/ha para los tratamientos CONT, FERT, y SUPP, respectivamente. La carga animal real utilizada para los potreros del tratamiento CONT fue de un 66% respecto del tratamiento FERT y de 64% respecto de SUPP durante los 5 años. Debido al aumento de peso del ganado en el tratamiento SUPP los potreros SUPP fueron sometidos a una carga animal superior a la de los potreros de FERT en el ciclo 3.

La respuesta productiva del ganado en los tratamientos CONT y FERT no difirió ($P = 0,81$), aún cuando CONT tuvo un 66% de la carga animal que FERT. Esto resultó en una mayor ganancia de peso por ha para FERT respecto de CONT (Tabla 12). La ganancia total de peso por ha fue mayor para el tratamiento SUPP, dado que el ganado tuvo una carga animal similar a FERT, ganando 41 kg más durante el periodo de pastoreo. Este aumento en la ganancia de peso puede ser atribuida a la energía extra, aportada por la grasa, y al contenido de UIP del suplemento, ya que la DIVMS de la pradera no difirió entre estos dos tratamientos ($P > 0.05$). El ganado no suplementado tuvo un consumo de forraje de 8,46 kg/d, el cual promedio 15,8% de PC, lo que satisfaría los requerimientos globales de PC. Sin embargo, el contenido promedio de UIP del bromo fue de 1,32% de la MS, lo cual esta por debajo de los requerimientos de crecimiento de los novillos de 1,64% de la MS según NRC (NRC, 1996). Así entonces, el ganado que no recibió suplemento presentaba una deficiencia de 99 g/d de PM. La adición de aproximadamente 2,27 kg/d de DDGS a la dieta (32% de PC y 65% del PC fue UIP), aumentó los niveles de PC y UIP por sobre los requerimientos de los novillos. Esto sugiere que la suplementación con DDGS es una forma efectiva para aumentar la ganancia total de peso vivo de animales por unidad de superficie en un sistema de producción de carne. La DIVMS de la pradera tampoco fue constante a lo largo de la temporada de pastoreo, observándose mayor calidad de forraje en los ciclos 1 y 2, y una disminución de la DIVMS a través de ciclos de 3, 4, y 5 (Cuadro 9). En la medida que la DIVMS disminuyó a través de la estación de pastoreo, la GPD del ganado también se redujo (Figura 1). La respuesta del ganado en el tratamiento SUPP a los DDGS se define como el aumento de la ganancia por sobre la ganancia observada en los animales no suplementados.

Tabla 12. Efectos principales del manejo de pastoreo y estrategias de suplementación sobre la respuesta productiva de novillos pastoreando una pradera de bromo, promedio de 5 años.

	Tratamiento ¹			EEM	P-value
	CONT	FERT	SUPP		
Cabezas día ²	868	912	898	-	-
Area, ha ³	2,90	2,01	2,01	-	-
Peso vivo inicial ³	326	325	324	1,97	0,51
Peso vivo final ³	436 ^a	434 ^a	475 ^b	4,15	<0,01
Peso vivo ganancia ³	110 ^a	109 ^a	151 ^b	3,12	<0,01
Ganancia/ha, kg ⁴	210 ^a	313 ^b	429 ^c	7,74	<0,01
GDP, kg/d	0,70 ^a	0,69 ^a	0,96 ^b	0,07	<0,01

¹ Los tratamientos consistieron en pradera no fertilizada (CONT), fertilizada con 90 kg N/ha (FERT), o pradera no fertilizada y novillos suplementados con 0.6% del PV (BMS) de DDGS (SUPP).

² Cabezas día fueron calculadas como el número de novillos de prueba más el número de animales entrando y saliendo dentro del periodo de pastoreo multiplicado por el número de días del periodo de pastoreo.

³ kg/novillo

⁴ Calculado multiplicando GDP por el numero total de cabezas día, luego dividido por el número de ha.

^{a,b,c} Promedios dentro de la fila con letras distintas difieren entre si ($P < 0.01$).

Literatura Citada

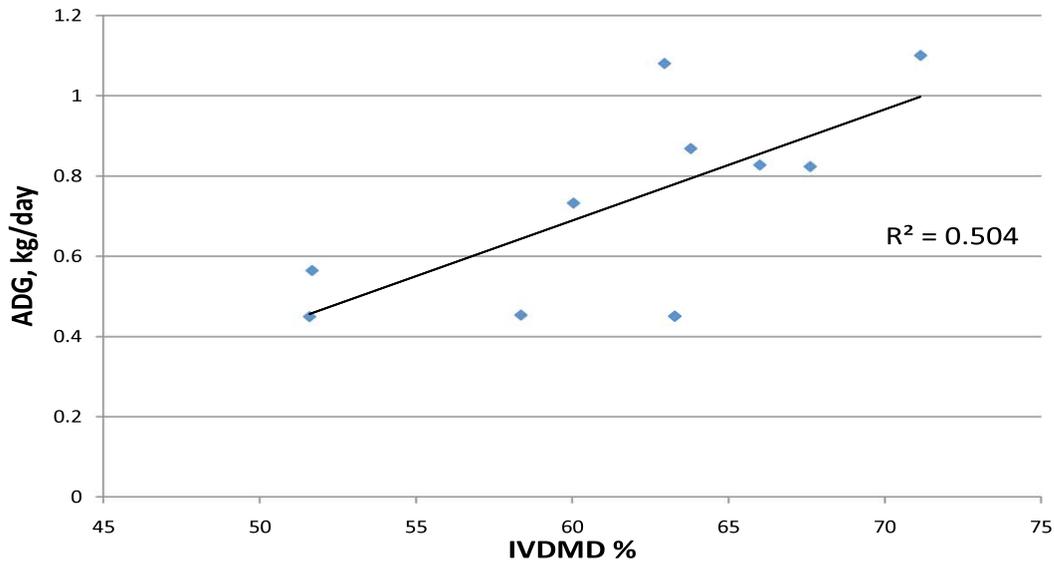
- Adams, J. R., T. B. Farran, G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, C. N. Macken, and C. B. Wilson. 2004. Effect of organic matter addition to the pen surface and pen cleaning frequency on nitrogen balance in open feedlots. *J. Anim. Sci.* 82:2153-2163.
- Baleseng, L. B. 2006. The quality of smooth bromegrass in monoculture pastures before and after grazing by yearling steers. Univ. Neb. MS Thesis.
- Benton, J. R., J. C. MacDonald, G. E. Ericson, T. J. Klopfenstein, D. C. Adams. 2006. Digestibility of undegradable intake protein of feedstuffs. Nebraska beef cattle report, MP88: 23-26.
- Bierman, S., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, R. A. Stock, and D. H. Shain. 1999. Evaluation of nitrogen and organic matter balance in the feedlot as affected by level and source of dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 77:1645-1653.
- Casler, M. D. and I. T. Carlson. 1995. Smooth bromegrass, p. 313-324. *In*: R.F. Barnes, D.A. Miller, and C.J. Nelson (ed.), Forages: An introduction to grassland agriculture. Vol. 1. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Corrigan, M. E., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, M. K. Luebbe, K. J. Vander Pol, N. F. Meyer, C. D. Buckner, S. J. Vanness, and K. J. Hanford. 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 87:3351-3362.
- Creighton, K. W., C. B. Wilson, T. J. Klopfenstein, and D. C. Adams. 2003. Undegradable intake protein supplementation of compensating spring-born steers and summer-born steers during summer grazing. *J. Anim. Sci.* 81:791-799.
- Dewes, T. 1996. Effect of pH, temperature, amount of litter and storage density on ammonia emissions from stable manure. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 127:501-509.
- Elliott, L.F., and T.M. McCalla. 1972. The composition of the soil atmosphere beneath a beef cattle feedlot and a cropped field. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36:68-70.
- Erickson, G. E., and T. J. Klopfenstein. 2001a. Managing N inputs and the effect on N volatilization following excretion in open-dirt feedlots in Nebraska. *Nitrogen in the Environment, The Scientific World*, 1(S1): 830-835 <http://www.thescientificworld.com> Accessed June 15, 2002.
- Erickson, G. E., and T. J. Klopfenstein. 2001b. Nutritional methods to decrease N volatilization from open-dirt feedlots in Nebraska. *Nitrogen in the Environment, The Scientific World*, 1(S1): 836-843. <http://www.thescientificworld.com> Accessed June 15, 2002.
- Geisert, B. G., T. J. Klopfenstein, D. C. Adams, and J. C. MacDonald. 2006. Comparison of in vivo digestibility to in vitro digestibility of five forages fed to steers. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2): 104. (Abstr.)
- Greenquist, M. A., T. J. Klopfenstein, W. H. Schacht, G. E. Erickson, K. J. Vander Pol, M. K. Luebbe, K. R. Brink, A. K. Schwarz, and L. B. Baleseng. 2009. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: Forage use and performance of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 87:3639-3646.
- Haugen, H. L., S. K. Ivan, J. C. Macdonald, and T. J. Klopfenstein. 2006. Determination of undegradable intake protein digestibility of forages using the mobile nylon bag technique. *J. Anim. Sci.* 84:886-893.
- Karges, K. K., T. J. Klopfenstein, V. A. Wilkerson, and D. C. Clanton. 1992. Effects of ruminally degradable and escape protein supplements on steers grazing summer native range. *J. Anim. Sci.* 70:1957-1964.
- Klopfenstein, T. J. 1996. Need for escape protein by grazing cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:191-199.
-

- Klopfenstein, T. J., R. A. Mass, K. W. Creighton, and H. H. Patterson. 2001. Estimating forage protein degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 79(E Suppl.):208-217.
- Klopfenstein, T. J., L. Lomas, D. Blasi, D. C. Adams, W. H. Schacht, S. E. Morris, K. H. Gustad, M. A. Greenquist, R. N. Funston, J. C. MacDonald, and M. Epp. 2007. Summary analysis of grazing yearling response to distillers grains. *Nebraska beef cattle report*, MP90: 10-11.
- Klopfenstein, T. J., G. E. Erickson, and V. R. Bremer. 2008. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86:1223-1231.
- Lory, J., J. Adams, B. Eghball, T. Klopfenstein, J. F. Powers. 2002. Effect of sawdust or acid application to pen surface on nitrogen losses from open-dirt feedlots. *Nebr. Beef Cattle Rep.* MP 79-A
- Loy, T. W., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson, C. N. Macken, and J. C. MacDonald. 2008. Effect of supplemental energy source and frequency on growing calf performance. *J. Anim. Sci.* 86:3504-3510.
- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, and J. R. Benton. 2008a. Aerobic composting or anaerobic stockpiling of beef feedlot manure. *J. Anim. Sci.* 86(E-Suppl. 2):323. (Abstr.)
- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, and M. A. Greenquist. 2008b. Aerobic composting or anaerobic stockpiling of feedlot manure. *J. Anim. Sci.* 86(E-Suppl. 3):102. (Abstr.)
- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, and M. A. Greenquist. 2007a. Effect of modified wet distillers grains level on feedlot cattle performance and nitrogen mass balance. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 1):409. (Abstr.)
- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, and M. A. Greenquist. 2007b. Effect of wet distillers grains level on feedlot cattle performance and nitrogen mass balance. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):130. (Abstr.)
- MacDonald, J. C., G. E. Erickson and T. J. Klopfenstein. 2006. Effect of fat and undegradable intake protein in dried distillers grains on performance of cattle grazing smooth bromegrass pastures. *Nebraska beef cattle report*, MP 88: 27-29.
- Mobley, H.C.T., M.D. Island, and R.P. Hansinger. 1995. Molecular biology of microbial ureases. *Microbiol. Rev.* 59:451-480.
- NCDC, National Climatic Data Center (Asheville, NC) for Mead, NE. Available at <http://cdo.ncdc.noaa.gov/ancsum/ACS>. Accessed on 28 June 2010.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press, Washington, D. C.
- Quinn, S., G. Erickson, T. Klopfenstein, R. Stowell, and K. Vander Pol. 2006a. Effect of phase feeding protein on cattle performance and nitrogen mass balance in the summer. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl. 1):121. (Abstr.)
- Quinn, S., G. Erickson, T. Klopfenstein, R. Stowell, K. Vander Pol, and D. Sherwood. 2006b. Effect of phase feeding protein on cattle performance and nitrogen mass balance. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl. 2): 132. (Abstr.)
- Sayer, K. M., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, C. N Macken, and K. J. Vander Pol. 2004. Effect of corn bran and steep inclusion in finishing diets on performance and nitrogen balance of open dirt feedlots. *J. Anim. Sci.* 82(Suppl. 1):158. (Abstr.)
- Schlueter, K. R. 2004. Seasonal dry matter and crude protein removal by grazing from grass/legume mixtures. Univ. Neb. MS Thesis.
- Tilley, J.M.A. and R. A. Terry. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18:104-110.
-

- USDA-NASS. 2010. National Agricultural Statistics Service. Agricultural prices. Available at: www.nass.usda.gov/index.asp. Accessed on March 18, 2010.
- U.S. EPA. 2004. Air Quality Criteria for Particulate Matter (Final Report, Oct 2004). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 600/P-99/002aF-bF. http://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=435946 Accessed December 23, 2009.
- Vander Pol, K. J., M. K. Luebbe, G. I. Crawford, G. E. Erickson, and T. J. Klopfenstein. 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *J. Anim. Sci.* 87:639-652.
- Weiss, W. P. 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. Page 644 in Forage quality, evaluation and utilization. G.C. Fahey, Jr., ed. Am. Soc. Agronomy, Crop Sci. Soc. America, Soil Sci. Soc. America, Madison, WI.
- Whittet, K., K. Creighton, K. Vander Pol, G. Erickson, T. Klopfenstein. 2003. Influence of rinsing technique and sample size on in situ protein degradation. Nebraska beef cattle report, MP 80: 86-88.
- Wilson, C. B., G. E. Erickson, C. N. Macken, and T. J. Klopfenstein. 2004. Impact of cleaning frequency on nitrogen balance in open feedlot pens. *Nebr. Beef Cattle Rep.* MP 80-A:72.

PRODUCCIÓN DE CARNE: ASPECTOS TÉCNICOS PARA ENFRENTAR LAS DEMANDAS DE CALIDAD Y SUSTENTABILIDAD.

Figure 1. Promedio ganancia de peso diario de los novillos en los tratamientos CONT y FERT en praderas de bromo en relación con la digestibilidad in-vitro de la materia seca de las muestras tomadas en el periodo de pastoreo en los ciclos 1 y 2 comparado con los ciclos 3, 4 y 5. Los mayores valores de DIVMS están correlacionados con mayores valores de GDP ($R^2 = 0.504$).





UNIVERSIDAD
CATOLICA DE
TEMUCO

6 AÑOS
ACREDITADA
2010 - 2016
AGRONOMÍA



FERIAS
ARAUCANIA S.A.®
UNA VISION DIFERENTE Y REGIONAL