

EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DEL USO DE GRANO ENTERO DE AVENA (*Avena sativa* L.) y LUPINO AUSTRALIANO (*Lupinus angustifolius* L.) EN RACIONES DE ENGORDA INVERNAL DE VAQUILLAS

PRODUCTIVE AND ECONOMIC EVALUATION OF THE INCLUSION OF WHOLE GRAIN OAT (*Avena sativa* L.) AND LUPIN (*Lupinus angustifolius* L.) IN WINTER FATTENING RATIONS FOR HEIFERS

Claudio Rojas G.^{1*}, Adrián Catrileo S.¹ y Tomas Grez V.²

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Carillanca, Correo 58-D, Temuco, Chile; ² Universidad Católica de Temuco. Autor para correspondencia. E-mail: cbrojas@inia.cl.

RESUMEN

En las raciones de engorda de bovinos los granos de cereales y leguminosas se incluyen molidos junto al forraje para aumentar la disponibilidad del almidón y la proteína de los granos, facilitando su utilización por los microorganismos ruminales. El uso de granos enteros disminuiría la eficiencia de utilización y los incrementos de peso de los animales. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva y económica de la engorda invernal estabulada de vaquillas alimentadas con raciones de engorda formuladas con ensilaje de cebada (*Hordeum vulgare*) y con granos enteros de avena y lupino australiano. En un diseño de bloques completos al azar, se utilizaron 28 vaquillas Hereford × A. Angus de 22 meses de edad y 353 kg peso inicial para probar los tratamientos: T1 ensilaje de cebada y granos de avena y lupino enteros; T2 ensilaje y granos de avena molida y de lupino entero; T3 ensilaje y granos de avena entero y de lupino molido; y T4 ensilaje y granos de avena y lupino molidos. Los tratamientos se formularon isoproteicos e isoenergéticos y se entregaron diariamente durante 74 días. Los incrementos diarios de peso vivo (PV) fueron 1,423; 1,485; 1,216 y 1,336 kg animal⁻¹, que corresponden a valores significativamente similares ($P \geq 0,05$); los consumos diarios de alimentos fueron de 9,10; 9,20; 9,01; y 9,00 kg MS animal⁻¹ y las conversiones de alimentos fueron de 6,39; 6,20; 7,41; y 6,74 kg MS consumido kg⁻¹ de incremento de PV, para los tratamientos 1 a 4, respectivamente. El rendimiento centesimal, el área de lomo y pH de la carne no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$). Se concluyó que la engorda de vaquillas con raciones en base a ensilaje de cebada suplementado con granos enteros de avena y lupino no afecta la respuesta animal, siendo el T1 la ración de menor costo, no justificándose el procesamiento de los granos.

Palabras clave: vaquillas, incremento de peso, conversión de alimentos, pH de la canal

ABSTRACT

In cattle finishing rations, cereal and legume grains are included ground with forages in order to increase grain starch and protein availability, which facilitates use by ruminal microorganisms. The use of whole grains may decrease feed efficiency and live weight gain. The objectives of the experiment were to evaluate the productive and economic performance of winter finishing penned system for heifers fed with barley silage (*Hordeum vulgare*) supplemented with whole grain oat and

australian lupine. In an completely randomized block design, 28 Hereford \times A. Angus heifers of 22 months of age and 353 kg initial live weight were submitted to treatments: T1 barley whole crop silage and whole grain oat and lupine; T2 silage and ground oat and whole grain lupine; T3 silage and whole grain oat and ground lupine; and T4 silage and ground oat and lupine. Treatments were isoproteic and isocaloric, and were supplied once daily in the morning during 74 days. Daily live weight gains were 1.423; 1.485; 1.216; and 1.336 kg animal⁻¹, values that were statistically similar ($p \geq 0.05$); daily dry matter intake corresponded to 9.10; 9.20; 9.01; and 9.00 kg DM animal⁻¹; feed efficiency were 6.39; 6.20; 7.41; and 6.74 kg DM of feed consumed by kg⁻¹ live weight gain, for treatments 1 to 4, respectively. Dressing percentage, rib eye area and carcass pH showed no significant differences ($p \geq 0.05$). It was concluded that finishing heifers with rations including barley silage supplemented with either whole or ground grains of oat and lupine does not affect the animal response, being T1 the lowest cost ration, which indicates that grain grinding is not necessary.

Key words: heifers, rate of gain, feed conversion, carcass pH

INTRODUCCIÓN

En general, la alimentación en la engorda del ganado bovino de carne en Chile contempla el uso de forraje conservado y una suplementación con granos y subproductos, con el fin de aportar los nutrientes suficientes para una respuesta económica y productiva del ganado. El grano utilizado para estos efectos se incluye molido, siendo en el sur del país la avena y el lupino los granos tradicionalmente utilizados en la engorda de vacunos. De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007) en La Araucanía la superficie de avena y lupino dulce para grano alcanzó al 59% y 85,1% del total de la superficie nacional sembrada, respectivamente, lo que indica la importancia de ambos cultivos. En general, el grano de avena y lupino que no tiene destino industrial, es utilizado en la alimentación de ganado en forma molida complementando el forraje conservado de la dieta.

La mayoría de los procesos de molienda han sido desarrollados para aumentar la disponibilidad del almidón y la proteína del grano, aunque ello depende de las características físicas del grano e incluso de la variedad usada (Rowe et al., 1999). Para la industria, la disminución del tamaño del grano al molerlo es importante porque este proceso aumenta el área de superficie de contacto, lo cual facilita la utilización del grano por los microorganismos ruminales. Además, la reducción de partículas ayuda a una mejor mezcla de diferentes ingredientes en un concentrado y se mejora la eficiencia de peletización, a través de una mayor duración y menor consumo de energía de proceso. Por último, la molienda permite un mejor aprovechamiento y manejo de alimentos fibrosos que pueden ser incluidos en concentrados de animales.

Sin embargo la molienda del grano también tiene asociadas algunas desventajas. Moliendas finas de los granos de cereales pueden provocar acidosis subclínicas y clínicas, especialmente al

augmentar su proporción respecto de los forrajes conservados, y con ello provocar la reducción de la digestión de fibra en el rumen y disminuir el consumo (Kaiser, 1999). Por otro lado, la molienda implica un gasto adicional que incide directamente en el costo directo de producción.

Desde el punto de vista animal, el proceso de masticación de granos enteros de cereales sería mayor en los bovinos jóvenes y que consumen raciones con adecuados niveles de fibra larga (Turgeon et al., 2010), a diferencia de lo que ocurre en vacas que mastican y rumian menos, necesitando el cereal procesado (Rainey, 2004; Restle et al., 2009). Según Vinardell et al. (2005) la actividad masticatoria ingestiva y de rumia en terneras disminuye gradualmente conforme aumenta la edad desde los 10 a los 15 meses para no diferir a los 17 meses de edad. Esto indicaría una menor utilización de los granos enteros en los bovinos adultos.

Sin embargo, los estudios con bovinos adultos difieren en sus resultados productivos de acuerdo al tipo de cereal entero usado en las raciones. Los granos de cebada y trigo molidos aumentan su digestibilidad y disponibilidad inmediata de energía y nitrógeno en la ración para la síntesis microbiana, lo que permitiría mayores incrementos de peso, en comparación a su uso entero (Pettersson y Martinsson, 1994; Mathison, 1996; Owens et al., 1997). En maíz (*Zea mays* L.), lupinos blanco (*Lupinus albus* L.) y australiano (*Lupinus angustifolius* L.), algunos estudios señalan que el uso de estos granos enteros o procesados producen respuestas productivas similares en la alimentación de bovinos (Beauchemin et al., 1994; Rojas y Catrileo, 1998; Pordomingo et al., 2002; Rojas, 2009)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta productiva y económica de la engorda invernal estabulada de vaquillas alimentadas con raciones de engorda formuladas con ensilaje de cebada y granos de avena y lupino australiano suministrados enteros o molidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la temporada invernal del 2010 en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca (38°41'S, 72°25'O, 200 m.s.n.m), comuna de Vilcún, Región de la Araucanía.

Se utilizaron 28 vaquillas híbridas vírgenes Hereford × Aberdeen Angus de 22 meses de edad, nacidas en primavera, con 353 kg de peso vivo (PV) inicial promedio, para probar cuatro tratamientos correspondientes a dietas de engorda en base a ensilaje de cebada y granos: T1: Ensilaje y granos de avena y lupino enteros; T2: Ensilaje y granos de avena molida y de lupino entero; T3: Ensilaje y granos de avena entero y de lupino molido; y T4: Ensilaje y granos de avena y lupino molidos.

El ensilaje utilizado era de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Neptuno INIA, sembrada en agosto de 2009 y cosechada en enero de 2010 al estado de grano lechoso, correspondiente a grado 79 de la escala de Zadoks et al. (1974), con una cosechadora de forrajes (New Holland, modelo 16 A, USA) y el

material se ensiló sobre el suelo, cubriéndolo con plástico, el cual a su vez se cubrió con neumáticos para sellarlo. Para el procesamiento del grano en los tratamientos correspondientes, se utilizó un molino de martillo con un tamiz de 10 mm de diámetro.

La relación de ensilaje a granos fue de 60:40 (%) base materia seca (BMS), respectivamente. En los granos, el lupino tuvo una participación de 38% y la avena de un 62%. De esta manera todos los tratamientos fueron isoproteicos, 13,8% de proteína cruda (PC), e isoenergéticos, con 2,53 Mcal kg⁻¹ de energía metabolizable (EM), con igual contenido de materia seca (MS) y fibra cruda (FC), 50,5 y 19%, respectivamente.

Se determinó la composición química de los granos y ensilaje en el Laboratorio de Bromatología del INIA. Las determinaciones de MS, PC, FC, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y pH se realizaron según los métodos de la AOAC (1970). La energía metabolizable (EM) se estimó en base a la digestibilidad in vitro (Tilley y Terry, 1963). Los valores obtenidos se muestran en el Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de los alimentos usados en la engorda (BMS)
Table 1. Chemical composition of feeds used in the experiment (DM basis)

Alimentos	Materia seca	Proteína cruda	Energía metabolizable	Fibra cruda	N-NH ₃	pH (1 - 7)
	(%)	(%)	(Mcal kg ⁻¹)	(%)	(% N total)	
Grano avena	86,7	9,3	2,87	4,7	na	na
Grano lupino	86,0	32,2	3,33	4,4	na	na
Ensilaje cebada	26,6	11,0	2,18	28,6	8,59	4,03

BMA: base materia seca; DM: dry matter; na: no analizada.

Las dietas se entregaron diariamente, una vez al día, en la mañana, alrededor de las 10 horas AM. Se consideró un período preexperimental de acostumbamiento de los animales a la estabulación y manejo de alimentación, que se inició el 14 de junio de 2010 y que tuvo una duración de 10 días. En este período los animales se trataron contra parásitos hepáticos, gastrointestinales y pulmonares, al momento de ingresar a los corrales para iniciar el sistema de engorda. No se usaron anabólicos. El período experimental se inició el 24 de junio y tuvo una duración de 74 días.

Para el estudio se utilizó un galpón techado con cuatro corrales de 60 m² cada uno, donde 25 m² del fondo del corral tenía piso de tierra y 35 m² del frente tenía piso de cemento, y los comederos y bebederos. El sector con piso de tierra fue habilitado para cama caliente constituida por paja de trigo que se agregó diariamente para evitar la hu-

medad excesiva.

En el período experimental se determinó el incremento de peso vivo (PV) en cada tratamiento con el pesaje individual de los animales al inicio del estudio y cada 14 días en promedio, sin destare, realizado entre las 9 y las 10 h AM. El consumo de alimentos se determinó diariamente en forma grupal, por diferencia entre la cantidad que se ofrecía al día y la sobrante que se retiró una vez al día a primera hora de la mañana. La conversión de alimentos se determinó dividiendo el consumo de alimentos por el incremento de peso de cada tratamiento.

Se determinó la presencia de granos enteros de lupino y avena en las fecas y se calculó su relación porcentual con el consumo. Para esto en el penúltimo pesaje se tomaron muestras compuestas de las raciones correspondientes a los tratamientos que incluyeron estos granos al momento de su

preparación diaria y de fecas de cada animal, desde el recto mediante estimulación manual. En cada tratamiento las muestras individuales de fecas obtenidas se mezclaron en bolsa plásticas en cantidades de 100 gramos cada una. Se determinó la MS (AOAC, 1970) a las muestras de raciones y de fecas, y la presencia de granos enteros de cada una de ellas mediante separación manual.

Al finalizar la engorda los animales se faenaron en el Frigorífico Temuco S.A., para determinar el rendimiento centesimal en caliente, mediante la relación porcentual del peso de la canal recién faenada con el peso del animal vivo en el predio, antes de subir los animales al camión que los transportó a la faena. Posteriormente, con 24 horas en cámara a 2°C se cuarteó una media canal entre la novena y la décima costilla para medir el área del lomo mediante planimetría, para lo cual se dibujó el área del lomo en una lámina plástica con un lápiz de tinta indeleble. En forma adicional el personal del frigorífico determinó la cobertura de grasa de las canales, de acuerdo a la norma chilena de tipificación (INN, 1993) y pH utilizando potenciómetro digital.

Se determinaron los costos de las raciones y del incremento de peso en función de los precios de los alimentos y de su procesamiento al momento de la compra en abril del 2010 (1 US\$ = 521 \$ chilenos).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con siete repeticiones por tratamiento. Los animales o unidades experimentales se asignaron aleatoriamente a los tratamientos y el factor bloque se usó para peso inicial de los animales. Los resultados para incrementos de peso y características de las canales se analizaron a través de un análisis de varianza y las diferencias entre las medias se determinaron mediante la prueba de Duncan (5%) (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de alimentos

El consumo diario de las raciones, BMS fue de 9,10; 9,20; 9,01 y 9,00 kg animal⁻¹, para los tratamientos 1 al 4, respectivamente (Tabla 2). En general, no se observaron diferencias numéricas importantes en el consumo hecho por los animales por efecto de raciones que tenían el o los granos sin procesar. Estos valores son aproximadamente 10% mas bajos que lo señalado por la AFRC (1995) para vaquillas en crecimiento y engorda. Al expresar los consumos de MS como porcentaje del peso vivo de los animales empleados se obtiene un promedio de 2,26%, que también es mas bajo que los 2,5% señalado en las tablas de alimentación de la ARC (1980), para la proporción de concentrado a forraje conservado usado en la ración, y tipo de animal empleado en la engorda invernal. De acuerdo a la misma fuente el consumo diario promedio de PC por animal que se obtuvo en este estudio de 1,252 kg, es aproximadamente 16% mas alto de lo recomendado para vaquillas en engorda, lo cual estuvo de acuerdo a lo programado, ya que experiencias anteriores señalaron limitaciones en el consumo voluntario e incrementos de pesos al emplear raciones con valores tabulares en este nutriente (Barker et al., 1985; Rojas y Manríquez, 2007). De acuerdo a Galyean (1996) en la mayoría de los experimentos de engorda intensiva con buenas respuestas productivas los niveles de proteína cruda se encuentran entre 12,5 y 14,4%. En este estudio el porcentaje promedio de proteína en las raciones fue de 13,8% lo que permitió un consumo de 54 gramos de PC por unidad de EM que es mayor en 30% a lo recomendada por AFRC (1995).

Tabla 2. Consumo diario de alimentos por animal (kg MS animal⁻¹).
Table 2. Daily food intake per animal (kg DM animal⁻¹).

	T 1	T 2	T 3	T 4
Consumo alimentos, kg	9,10	9,20	9,01	9,00
Proteína cruda, kg	1,256	1,270	1,243	1,242
Energía metabolizable, Mcal	22,98	23,24	22,76	22,73
Fibra cruda, kg	1,73	1,75	1,71	1,71

BMA: base materia seca; DM: dry matter.

T1: Ensilaje, avena y lupino enteros; T2: Ensilaje, avena molida y lupino entero; T3: Ensilaje, avena entera y lupino molido; T4: Ensilaje, avena y lupino molidos.

Incrementos de peso diario y excreción de granos enteros

Los incrementos de peso de las vaquillas se señalan en la Tabla 3. Estos indican incrementos dia-

rios promedios de 1,365 kg, que no fueron diferentes entre tratamientos ($P \geq 0,05$). En general, estos incrementos de peso son alrededor de 20% mas alto en comparación con los obtenidos en otros estudios de engorda invernal con raciones

que contenían una proporción similar de forraje voluminoso a concentrado y de contenido de proteína cruda (Rojas et al., 1989; Rojas et al., 1991; Rojas y Catrileo, 1998; Rojas y Manríquez, 2007). La diferencia entre esos trabajos y este estudio estuvo en la mejor calidad de los forrajes utilizado en este experimento y /o concentración de materia seca de las raciones.

La similitud en los incrementos de peso y consumo entre los tratamientos está indicando que el procesamiento de los granos, bajo las condiciones de este estudio, no tuvo efectos importantes desde el punto de vista de la respuesta animal. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rojas y Catrileo (1998) quienes no observaron diferencias en incrementos de peso y consumo al alimentar novillos Hereford de año con raciones que contenían grano de lupino entero versus molido, tanto en lupino blanco (*Lupinus albus*) como en australiano. Por el contrario, Catrileo y Rojas (1994) obtuvieron mayores incrementos de peso ($P \leq 0,05$) con novillos Aberdeen Angus de 18 meses que

consumieron raciones con grano de lupino blanco entero en comparación a aquellos que lo consumían aplastado o molido. También, son similares con los de McKinnon et al. (2010) quienes no observaron diferencias ($P \geq 0,05$) en la respuesta productiva de terneros al procesar la avena. Estos resultados se explicarían como consecuencia de la masticación de los bovinos que permite dañar los granos enteros siendo este proceso mas marcado en animales jóvenes que consumen raciones con niveles de forraje de 60% o mas, en relación al grano (Beauchemin et al., 1994; Rainey 2004; Vinardell et al., 2005), tal como ocurrió en el presente estudio. Según Owens et al. (1997) el proceso de masticación que realizan los bovinos daña los granos enteros consumidos en diferente grado, promoviendo un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar hacia el tracto digestivo posterior, con la consecuente mayor eficiencia de su utilización, lo que compensaría el mayor gasto de energía derivada de la mayor actividad de rumia al consumir granos enteros.

Tabla 3. Respuesta productiva de vaquillas estabuladas con raciones de engorda formuladas con diferentes fuentes proteicas.

Table 3. Productive response of heifers in confinement with finishing diets containing different protein sources.

	T1	T2	T3	T4
Peso inicial, kg animal ⁻¹	355a	350a	354a	355a
Peso final, kg animal ⁻¹	460a	459a	444a	454a
Incremento diario, kg animal ⁻¹	1,423a	1,485a	1,216a	1,336a
Consumo diario, kg MS animal ⁻¹	9,10	9,20	9,01	9,00
Conversión alimentos, kg kg ⁻¹	6,39	6,20	7,41	6,74
Rendimiento centesimal en caliente, %	51,7a	51,7a	53,2a	51,8a
Área de lomo, cm ²	59,7a	57,5a	57,6a	63,3a
pH, 1 - 7	5,28a	5,27a	5,33a	5,29a

Letras iguales en sentido horizontal señalan que no hay diferencias estadísticas significativas según Duncan ($P \geq 0,05$)

T1: Ensilaje, avena y lupino enteros; T2: Ensilaje, avena molida y lupino entero; T3: Ensilaje, avena entera y lupino molido; T4: Ensilaje, avena y lupino molidos.

En el presente estudio el porcentaje de presencia de grano entero en las fecas de los animales fue en lupino de 5,5% cuando se entregó acompañado de avena entera (T1) y de 6,3% cuando se entregó junto a avena molida (T2). En avena fue de 16,4% cuando se entregó acompañado de lupino entero (T1) y de 16,2% cuando el lupino estuvo molido (T3). Al transformar los porcentajes de excreción fecal de los granos, de este estudio, en proporción de avena : lupino, el resultado es en promedio de 2,8 : 1, respectivamente. De acuerdo a esto el mayor porcentaje de excreción de grano de avena estaría de acuerdo con la mayor canti-

dad de avena que se usó en los concentrados de las raciones respecto a lupino, y que fue de 62 y 38%, respectivamente. Sin embargo, si estos porcentajes de los granos en la ración se transforman en proporción de avena respecto de lupino, la relación es de 1,6 : 1 que resulta ser inferior a la de excreción fecal. Así, estos resultados estarían indicando que el grano de avena en este estudio tuvo una mayor excreción fecal de aproximadamente 57% respecto a lupino.

Sin embargo, el porcentaje de grano entero de avena obtenido en las fecas de esta experiencia es similar al 17% obtenido por Klee (1995), cuando

alimentó vacas de dos partos con el equivalente de 25% de grano entero de este cereal en raciones de heno de trebol rosado, señalando además que la composición química de los granos recuperados era similar al ofrecido.

En lupino el porcentaje promedio de excreción en fecas es mayor al 3% estimado por Rojas y Catrileo (1998) en novillos Hereford de 9 a 10 meses de edad, que se alimentaron con raciones que contenían 26% de lupino australiano entero. En general son mas parecidos a los obtenidos en maíz por Elizalde et al. (2005) que determinaron un 5,8% de excreción fecal en vaquillas de año alimentadas con raciones que contenían 79% de este cereal entero, concluyendo que la rumia permite dañarlo al punto de no ser necesario su procesamiento físico. La menor excreción fecal del grano de lupino respecto de la avena podría tener causas asociadas al mayor tamaño de grano que contribuye a una mayor eficiencia de masticación en la rumia y su mayor tasa de degradabilidad ruminal como tal, independiente de su proceso, respecto a los cereales de grano pequeño. Al respecto, Jahn et al. (1999) determinaron que los granos enteros de cebada y lupino tuvieron una tasa de degradabilidad constante y lenta a través de los tiempos de incubación, alcanzando a las 48 h de incubación ruminal in situ valores de 11,3 y 31,7%, respectivamente. Cuando estos granos se molieron la degradabilidad ruminal a las 48 h aumentó a 96,7 y 99% para los mismos granos.

De acuerdo a los resultados del estudio, la cantidad de granos enteros de avena y lupino excretados en las fecas no habría afectado los incrementos de PV de los tratamientos que incorporaron esos granos enteros en la ración, en comparación a aquellos tratamientos que los incluyeron procesados.

Conversión de alimento

La conversión de alimentos base MS fue de 6,39; 6,20; 7,41 y 6,74 kg de alimentos consumido por kg de incremento de peso, para los tratamientos 1 al 4, respectivamente (Tabla 3). En términos comparativos con estudios similares realizados con novillos estabulados, los resultados alcanzados corresponden a valores de mayor conversión, lo que refleja la calidad de las raciones y animales que se emplearon. Así, en general, las eficiencias de conversión para este tipo de animal y raciones de engorda con alimentos de calidad son entre 8 a 10 kg de alimento por kg de aumento de peso (Rojas, 2009).

Características de las canales

Los valores de rendimiento centesimal en este estudio no presentan diferencias ($P \geq 0,05$) por efec-

to de los tratamientos (Tabla 3) y son mas bajos a los obtenidos en la gran mayoría de las engordas estabuladas de características similares, donde los valores normales son cercanos al 55% (Rojas, 2009) e incluso mayores cuando se usaron novillos de razas menos precoces como Normando. El menor rendimiento centesimal se explica porque el peso vivo de los animales para realizar el cálculo del rendimiento correspondió al peso determinado en el lugar del experimento antes de su embarque, y no el peso de llegada a la planta frigorífica.

El área de lomo medido en las canales tampoco fue afectado por los tratamientos ($P \geq 0,05$) al igual que el pH. Ninguna de las canales presentó músculo negro y todas obtuvieron cobertura de grasa grado 1, de acuerdo a la tipificación realizada por el frigorífico, según la NCH 1306 Of. 93 (INN, 1993). Los valores de las canales permiten señalar que todas ellas cumplieron con la normativa para ser exportadas a la Unión Europea (Tabla 3).

En cuanto a las canales la baja influencia de los tratamientos en estas variables está ampliamente de acuerdo con los resultados de la mayoría de los trabajos de bovinos estabulados con raciones de engorda, lo que en alguna medida también está señalando la uniformidad de los animales empleados en estos estudios (Rojas y Manríquez, 2007; Rojas, 2009).

Costos de alimentación

Para efectos de determinar los costos de las raciones se utilizaron los precios reales en pesos (\$) por kg de los alimentos al natural de abril de 2010 y que correspondieron a \$ 80 al grano de avena, \$ 115 al grano de lupino y \$ 9 al ensilaje de cebada. El costo de la molienda fue de \$ 32 por kg de grano. (A la fecha 1 US\$ = 521 \$ Chilenos)

Los costos de cada kg de la dieta correspondiente a los tratamientos se presentan en la Tabla 4 y el costo de alimentación por kg de incremento de peso en la Tabla 5. De ambos se desprende que el menor costo por kg de la dieta y por incremento de peso correspondió al tratamiento que incluyó los granos de avena y lupino entregados enteros.

Al relacionar el costo de alimentación del kg de PV al usar raciones con granos enteros de avena y lupino (T1) que fue de \$ 406,1 (Tabla 5) con el ingreso por venta de estos animales cuyo precio fue de \$950 el kg de PV, se puede señalar que el costo de alimentación correspondió a 42,7% del precio de venta, que es bajo en comparación a lo estimado como usual para el negocio de 50 a 60%. Sin embargo, se debe señalar que el año del estudio los precios de los insumos al inicio de la engorda fueron bajos y el precio del ganado al momento de la venta estaba sostenidamente alto, respecto al año anterior.

Tabla 4. Costos de dietas para vaquillas de engorda (\$ kg⁻¹ de MS).
Table 4. Diet cost for finishing heifers (\$ kg⁻¹ DM basis).

Tratamientos	Costo concentrado A	Costo ensilaje B	% Concentrado dieta C	% Ensilaje dieta D	Costodieta (A×C)+(B×D)
1. Ensilaje, avena y lupino enteros	108,0	33,8	40	60	63,5
2. Ensilaje, avena molida y lupino entero	127,9	33,8	40	60	71,4
3. Ensilaje, avena entera y lupino molido	12,2	33,8	40	60	68,4
4. Ensilaje, avena y lupino molidos	140,0	33,8	40	60	76,3

Valores a abril de 2010: 1 US\$ = 521 \$ chilenos.

Tabla 5. Costos de alimentación por kg de incremento de peso vivo, para cada dieta.
Table 5. Feed costs by kg live weight gain for each diet

Tratamientos	Consumo diario MS (A)	Incremento diario de PV (B)	Costo de 1 kg de dieta (C)	Costo de 1 kg incremento de PV (A×C)/B
	(kg)	(kg)	(\$)	(\$)
1. Ensilaje, avena y lupino enteros	9,10	1,423	63,5	406,1
2. Ensilaje, avena molida y lupino entero	9,20	1,485	71,4	442,3
3. Ensilaje, avena entera y lupino molido	9,01	1,216	68,4	506,8
4. Ensilaje, avena y lupino molidos	9,00	1,336	76,3	514,9

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio, la alimentación invernal de vaquillas estabuladas con raciones de engorda formuladas con ensilaje de cebada y granos enteros o molidos de avena y lupino no afectó los incrementos de peso vivo ni las variables de las canales.

La dieta de menor costo por kg de alimento y por incremento de peso vivo fue la que no procesó los granos de avena y lupino.

De acuerdo a los resultados del estudio no se justifica el procesamiento de los granos de avena y de lupino en dietas de engorda estabulada de vaquillas.

BIBLIOGRAFÍA

- AFRC. 1995. Energy and protein requirements of ruminants. AFRC Technical Committee on Response to Nutrients. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminants livestock. Agricultural Research Council (ARC), Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England.
- AOAC. 1970. Official methods of analysis. 11th ed. Association of Official Agricultural Chemist (AOAC), Washington D.C., USA.
- Barker, D.J., P.J. May, and P.E. Ridley. 1985. Urea, meat meal or lupine as nitrogen supplements to barley and hay diets for yearling cattle at two levels of body condition. *Aust. J. Exp. Agric.* 25:257-262.
- Beauchemin, K.A., M.C. Allister, Y. Dong, B.I. Farr, and K.J. Cheng. 1994. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *J. Anim. Sci.* 72:236-246.
- Catrileo, A., y C. Rojas. 1994. Grano de lupino entero como suplemento proteico en raciones de engorda de novillos en predios de la IX Región. p. 91-92. En R. Demanet, C. Barchiesi, y

- J.C. Dumont (eds.). Resúmenes de la XIX Reunión Anual SOCHIPA. Temuco, Chile. 13-15 octubre. Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Temuco, Chile.
- Elizalde, J.C., P.A. Menchón, V.F. Parra, M.D. Montiel, y G. Eyerarvide. 2005. Degradación ruminal in situ de la materia seca de dos genotipos de maíz ofrecidos entero o molido, en dietas con alta inclusión de grano, a vacunos. *Rev. Argentina de Prod. Anim.* 25(Suppl. 1):34-35.
- Galyear, M.L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application, university research and systems results. *J. Anim. Sci.* 74:2860-2870
- INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2006. Resultados preliminares. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Santiago, Chile.
- INN. 1993. Canales de bovinos. Definiciones y tipificación. Norma Chilena Oficial. NCH 1306 Of. 93. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- Jahn, E., K. Cortés, F. Bórquez, P. Venegas, y C. González. 1999. Degradación ruminal in situ del grano de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*) y lupino dulce (*Lupinus albus*) con el uso de diferentes métodos de procesamiento. *Agricultura Técnica (Chile)* 59:96-106.
- Kaiser, A.G. 1999. Increasing the utilization of grain when fed whole to ruminants. *Austr. Journal Agric. Res.* 50:737-756.
- Klee, G. 1995. Evaluación de avena grano entero en raciones de vacas. p. 89-90. En V. Guzman, y J.C. Dumont (eds.). Resúmenes de la XX Reunión Anual SOCHIPA. Coquimbo, Chile. 19-20 octubre. Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Temuco, Chile.
- Mathison, G.W. 1996. Effects of processing on the utilization of grain by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 58:113-125
- McKinnon, J.J., A.M. Walker, B.G. Rossnagel, P.G. Jefferson, H.A. Lardner, and B. Wildeman. 2010. Effects of processing a new low acid-detergent lignin hull, high oil groat oat cultivar (CDC SO-I) on performance of growing cattle. *Canadian J. Anim. Sci.* 90:271-274
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- Pettersson, T. and K.A. Martinsson. 1994. Digestibility of whole or rolled ensiled barley grain fed to heifers or lactating cows. *Swedish J. Agric. Res.* 24:109-113.
- Pordomingo, A.J., O. Jonas, M. Adra, N.A. Juan, y M.P. Azcárate. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Rev. de Investig. Agropecu.* 31:1-23.
- Rainey, B.M. 2004. Effect of beef cattle age, gender and barley grain processing method on rate and efficiency of gain and nutrient digestibility. M.S. thesis. Montana State University, Bozeman, Montana, USA.
- Restle, J., C. Faturi, L.L. Pascoal, J.R.P. Rosa, I.L. Brondani, e D.C. Alves Filho. 2009. Processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento. *Ciência Animal Brasileira* 10:497-503.
- Rowe, J.B., M. Choct, and D.W. Pethick. 1999. Processing cereal grains for animal feeding. *Austr. Journal Agric. Res.* 50:721-736.
- Rojas, C. 2009. Cama de broiler y grano de maíz entero o molido en raciones de engorda invernal de novillos. *Agro Sur* 37(1):52-59.
- Rojas, C., y A. Catrileo. 1998. Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. *Agro Sur* 26:70-77.
- Rojas, C., A. Catrileo, y F. Aguilar. 1989. Niveles de avena en raciones para engorda de novillos Hereford. *Agric. Téc. (Chile)* 49:304-308.
- Rojas, C., A. Catrileo, y A. Letelier. 1991. Niveles de triticale en raciones para engorda de novillos Hereford. *Agric. Téc. (Chile)* 51:9-14.
- Rojas, C., y M. Manríquez. 2007. Cama de broiler y grano de cebada entero o molido en raciones de engorda invernal de novillos. *Agric. Téc. (Chile)* 67:94-99.
- SAS. 2003. The SAS system for Windows. Release 9.1.3. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Tilley, J.M., and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104-111.
- Turgeon, O.A., J.I. Szasz, W.C. Koers, M.S. Davis, and K.J. Vander Pol. 2010. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 88:284-295.
- Vinardell, M., F.J. Santini, G. Depetris, C. Faverin, S. Maresca, y J.C. Elizalde. 2005. Influencia de la edad y de la suplementación con grano de maíz entero o partido sobre la actividad masticatoria en bovinos. *Rev. Argentina de Prod. Anim.* 25(Suppl. 1):36-38.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.