

VALIDACIÓN DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL DE LA INGESTIÓN DE FORRAJE Y CONCENTRADO EN GANADO VACUNO

VALIDATION OF TWO AUTOMATIC SYSTEMS FOR MONITORING FORAGE AND CONCENTRATE INTAKE OF BEEF COWS

D. VILLALBA¹, X. CORTÉS¹, M. BLANCO², J. FERRER², I. CASASÚS²

¹ Universitat de Lleida. Dpt. Producció Animal. Avda. Rovira Roure 178, 25198 Lleida dvillalba@prodan.udl.cat; ² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, Gobierno de Aragón Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza icasasus@aragon.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta la validación de dos sistemas de control del consumo individual de pienso y forraje de animales alojados en grupo, con diferentes dietas (7 kg heno + 4 kg pienso vs. 12 kg heno + 2 kg pienso/vaca/día) y ratios de comederos de forraje/vaca (de 0,75 a 3). El sistema de control de ingestión de pienso ha identificado correctamente al 100% de las vacas y ha permitido una estimación precisa de la ingestión, fruto de una adecuada parametrización del sistema. El sistema de control de la ingestión de forraje ha estimado con precisión la desaparición total de forraje de cada comedero con la oferta de 7 kg de heno, mientras que con 12 kg de heno se ha subestimado sólo un 4,1% respecto a la validación en báscula homologada. La capacidad de detección individual en este sistema ha sido menor que en el de pienso, particularmente en densidades altas (35,4% de error con 0,75 comederos/vaca), por la expresión de comportamientos jerárquicos, aunque el error generado por el software se ha reducido mediante un algoritmo diseñado al efecto. Se proponen recomendaciones para evitar este inconveniente y aprovechar la utilidad práctica de ambos sistemas.

Palabras clave: vacuno de carne, monitorización, ingestión individual, heno, pienso.

SUMMARY

The aim of the study was to validate a system for monitoring individual intake of forage and concentrate in group-housed beef cows, with different diets (7 kg hay + 4 kg concentrate vs. 12 kg hay + 2 kg concentrate/head/day) and forage bins/cow ratios (0.75 to 3). The sensitivity of the concentrate control system was 100% (all cows correctly identified) and it provided accurate estimates of intake due to adequate system parametrization. Daily forage disappearance from a given bin was precisely estimated by the system in the 7 kg hay diets, and with 12 kg hay it was underestimated by only 4.1% when compared with data obtained with an external scale. The sensitivity for individual cow identification was lower in this system, particularly with low bins/cow ratios (35.4% assignment error at 0.75 bins/cow), due to hierarchical behaviour, although a tailored algorithm was programmed for partial correction. Recommendations are proposed to overcome this handicap and make use of these tools for monitoring feed intake.

Key words: beef cattle, monitoring, individual intake, hay, concentrate.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de la respuesta productiva de los animales ante un determinado manejo alimenticio se basan en un adecuado conocimiento de la cantidad y calidad de alimentos ingeridos. Cuando los animales se alojan en grupos, simulando las condiciones habituales de manejo, determinar la ingestión individual resulta complejo. Se han desarrollado diversas técnicas para su estimación utilizando marcadores de la producción fecal o basadas en estimaciones a partir de características de los alimentos o de la productividad del animal (Cottle, 2013; Casasús y Albanel, en prensa). En estabulación, existen sistemas comerciales computerizados para el registro automático de la ingestión individual de forraje (Chapinal *et al.*, 2007) y pienso (Blanco *et al.*, 2009). En este trabajo se presenta la validación conjunta de dos sistemas de registro individual del consumo de forraje y pienso en vacas de cría alojadas en grupo, con distintas dietas ofrecidas en cantidad limitada y densidades de puntos de acceso al alimento por vaca.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Finca Experimental La Garcipollera (Jaca, Huesca, 42° 37' N, 0° 30' W, 945 m) con 10 vacas adultas secas de raza Parda de Montaña (peso y condición corporal iniciales de 602 ± 39 kg y 3,0 ± 0,6 puntos, respectivamente). Los animales se alojaron en una estabulación

libre en cuatro corrales de 44 m². Para el control de la ingestión de pienso se utilizó el sistema ALPRO (Alfa Laval Agri, Tumba, Suecia), en el que cada animal se identificó de forma electromagnética con un collar transmisor/receptor. La instalación consistió en 2 estaciones de distribución de pienso (cada una con servicio a dos corrales, con un lector para la identificación individual y un controlador de consumo) y un procesador (Alpro Windows 6.54). La ingestión de forraje se registró en un sistema basado en el descrito por Bach (2004) y modificado según se indica en Cuadrado (2010). Cada corral disponía de tres comederos de acceso libre, consistentes en básculas con caja de fibra de vidrio para la oferta y pesaje continuo del forraje (relleno manual) y cornadiza equipada con lector de proximidad para la lectura de los crotales auriculares de identificación individual RFID (CIRCONTROL, Barcelona), con una distancia máxima de lectura de 15 cm. Mediante un software desarrollado por ASTURLAN DE COMUNICACIONES S.L. (Gijón), el sistema recogía la hora y peso de la báscula a la entrada y salida de cada vaca a cada comedero.

Tras la calibración de las básculas para forrajes con pesas homologadas y de los distribuidores de pienso mediante el protocolo establecido por el fabricante, se procedió a la validación de ambos sistemas considerando dos dietas (factor DIETA) a base de heno de pradera (90,3 % MS, 9,4% PB, 65,0%

FND) y pienso granulado (90,0% MS, 17,5% PB, 3,5% FB), considerando una oferta de 7 kg de heno + 4 kg de pienso (dieta 7H4C) o de 12 kg de heno + 2 kg de pienso (dieta 12H2C) por vaca y día en fresco, y diferentes ratios de comederos de forraje/vaca (de 0,75 a 3; factor DENSIDAD). Los distribuidores de pienso se ajustaron a un consumo máximo de 1 kg de pienso por visita, con un ritmo de suministro de 0,30 kg/min, con reparto de la dieta establecida a lo largo del día. El forraje se ofreció en una comida diaria a las 08:00. Se realizaron tres ensayos consecutivos, con similar manejo de la alimentación y metodología. En los tres se compararon la dos dietas, pero en el ensayo 1 se utilizaron 6 vacas, dos de ellas alojadas en corrales individuales y el resto por parejas, obteniendo dos ratios de comederos de forraje por vaca (3 vs. 1,5), en el ensayo 2 se utilizaron 10 vacas, alojadas en los corrales por parejas o tríos, obteniendo dos ratios de comederos de forraje por vaca (1 vs. 1,5), y en el ensayo 3 se utilizaron 8 vacas alojadas en grupos de cuatro, con un único ratio de comederos de forraje/vaca (0,75). En cada ensayo, tras un periodo de adaptación de una semana a los sistemas de alimentación, a las dietas y al ratio comederos de forraje/vaca, se validaron ambos durante una semana.

Para la validación del sistema de control de la ingestión de forrajes se siguió la metodología propuesta en otros trabajos (Bach *et al.*, 2004, Chapinal *et al.*, 2007). Du-

rante 5 días se registró la oferta y rehusado de heno en cada comedero, siguiendo tres métodos diferentes (factor MÉTODO): registro manual en una báscula independiente homologada (método *manual*), registro en lector de la báscula de cada comedero (método *lector*) y registro automático generado por el programa del sistema como la suma de consumos de las vacas que habían utilizado dicho comedero (método *sistema*). Los dos últimos días se realizó una observación visual continua durante un periodo de 4 horas cada mañana, con dos observadores entrenados (6 comederos y un distribuidor de pienso por observador). En cuanto a los forrajes, en cada visita se identificó el animal, la hora de acceso y salida del comedero y su peso inicial y final según el lector de cada báscula. En las estaciones de pienso, se registró el animal y la hora de acceso y se recogió el remanente de pienso no ingerido, si lo había. Se realizó un registro en vídeo durante el mismo periodo. Los registros obtenidos por observación directa se compararon con los de ambos sistemas automáticos de control en el mismo periodo.

Durante la semana de control, el sistema de control de ingestión de forrajes se validó en primer lugar utilizando como referencia no el individuo sino cada comedero y su báscula. Se comparó la desaparición total de forraje por comedero y día (por diferencia entre el peso de la oferta y del rehusado) obtenida con los distintos métodos. El mo-

delo incluía los efectos fijos MÉTODO (*manual, lector y sistema*), la interacción MÉTODO con DIETA forrajera (7H y 12H) y con DENSIDAD (3, 1,5; 1 y 0,75), el DIA de control y el comedero como efecto aleatorio.

Las observaciones visuales obtenidas en 4 horas en los dos últimos días de cada ensayo se utilizaron para validar los sistemas de control de ingestión individual de forraje y concentrado. Se analizó la capacidad de detección de cada animal por los sistemas automáticos y la precisión de los registros de ingestión. Para lo primero, se consideraron todos los registros visuales de acceso de una vaca al comedero de forraje o estación de pienso y se comprobó si en el margen de 2 minutos el sistema había detectado su entrada. Se calculó la sensibilidad para ambos sistemas como la probabilidad de que el sistema detectara a la vaca que había sido identificada visualmente en el comedero o estación. Por último, se comparó la ingestión individual obtenida por el sistema con la calculada utilizando los registros visuales.

Los valores absolutos de ingestión según los distintos métodos, o las diferencias relativas entre el consumo de forraje o pienso registrado visualmente y por los sistemas en 4 horas se compararon mediante análisis de varianza (SAS 9.2, Cary, NC). Se consideró un modelo mixto que incluía el MÉTODO (sistema o visual), la DENSIDAD y la DIETA (en el caso del sistema de control de inges-

ción de forrajes 7H vs 12H, y en el de pienso 4C vs. 2C) como efectos fijos y la vaca como efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño original del sistema de control de ingestión de forrajes detectó adecuadamente el momento de entrada del animal pero no siempre la salida, según se pudo comprobar en los registros visuales. Por ello fue necesario realizar una corrección posterior de los datos generados mediante un algoritmo diseñado especialmente para los datos y condiciones de las instalaciones y animales estudiados. Así de los más de 23.000 datos registrados en el estudio, el algoritmo ha mantenido un 94,9% de los originales, corregido un 3,6% y mantenido un 1,5% con una ingestión negativa que no respondían a los criterios del algoritmo. El cambio que supone la inclusión o no de estos últimos datos es aproximadamente un 5% de la desaparición diaria de forraje de las básculas.

La estimación de la desaparición diaria de forraje de cada comedero estuvo afectada por el MÉTODO ($P<0,05$), la DENSIDAD*MÉTODO ($P<0,05$) y la DIETA*MÉTODO ($P<0,05$). El sistema tuvo una desaparición de forraje estadísticamente igual al lector (7,54 y 7,67 kg, respectivamente, $P>0,05$) pero inferior al registro manual (7,86 kg), diferencia del 4% ($P<0,05$). Para ratios entre 3 y 1 comederos/vaca no se detectan diferencias entre métodos (Figura 1).

En cambio, cuando el ratio es 0,75 (4 vacas en 3 comederos) se producen diferencias entre métodos atribuibles, en el caso del sistema, a errores en la identificación de las vacas por la alta frecuencia de entradas (ver resultados de sensibilidad, más adelante) y a un mayor peso de forraje en los comederos, que puede aumentar el sesgo. Esto se confirma al analizar la interacción DIETA*MÉTODO, ya que las estimaciones con la dieta forrajera 7H son similares entre métodos, mientras que con la dieta 12H éstas son diferentes ($P < 0,05$) (Tabla 1). La mayor diferencia se produce con dietas 12H para el método sistema (5,1% menos de desaparición total de forraje que la estimada manualmente).

En cuanto a la capacidad de detección de la presencia de las vacas en los comederos, la comparación de los registros automáticos con las observaciones visuales durante 4 horas ha detectado un 100 % de aciertos si la densidad era de 3 comederos/vaca (1 sola vaca por corral), un 86,3% con una densidad

de 1,5 comederos/vaca, un 78,8% con una densidad de 1 comedero/vaca, y un 64,6% con una densidad de 0,75 comederos/vaca. En la densidad de 1,5 comederos/vaca, los errores son achacables a fallos de detección tanto por el sistema como por la observación visual. En cambio, a densidades mayores se detectó una expresión de jerarquía entre vacas que hacía que algunas sólo entraran en los comederos cuando salían las otras y con intercambios constantes de animales (hasta 4 entradas diferentes por comedero en menos de medio minuto) que provocan las discrepancias entre las observaciones visuales y las del sistema. Se ha descrito mayor sensibilidad con densidades más bajas (aprox. 0,5 comederos/vaca) (DeVries *et al.*, 2003; Bach *et al.*, 2004), pero en su caso los animales se alojaban en grandes corrales con más de 20 comederos disponibles, donde quizá la jerarquía no se expresara de forma tan importante como en este caso, en un espacio más limitado.

Con respecto a la diferencia relativa

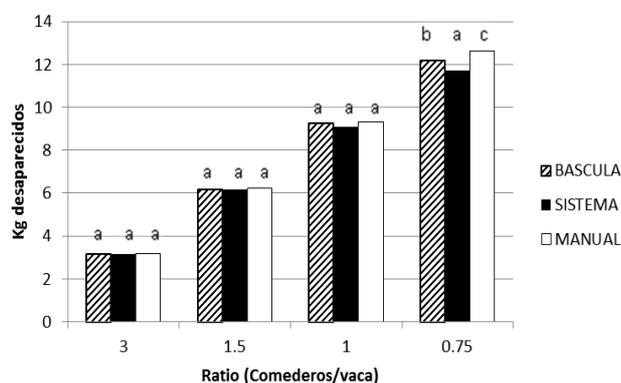


Figura 1. Comparación de los diferentes métodos según la densidad de comederos por vaca. Para cada densidad, métodos con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Tabla 1. Desaparición diaria de forraje (kg) por comedero según el método de estimación y la dieta (media mínimo cuadrática \pm error estándar)

DIETA	MÉTODO		
	Manual	Lector	Sistema
7H	5.98 \pm 0.23	5.91 \pm 0.23	5.85 \pm 0.23
12H	9.73 \pm 0.23a	9.43 \pm 0.23ab	9.23 \pm 0.23b

Para una dieta, medias con diferente superíndice son diferentes $P < 0.05$

de registro de la ingestión entre el sistema y la observación visual (Tabla 2), ésta es muy baja ($< 2\%$) con 3 comederos/vaca. Con mayor densidad, se llega a diferencias del 30%. Ninguno de estos métodos se puede considerar totalmente correcto ya que la lectura visual del peso del comedero a la entrada y salida de las vacas no está exenta de error. Las mayores diferencias no sólo ocurren con 0,75 comederos/vaca, donde ya se ha comentado la poca eficacia de detección del sistema, sino también con 1,5 comederos/vaca. Esto puede atribuirse al comportamiento individual descrito, por lo que es crucial un periodo de adaptación suficiente que permita detectar las jerarquías extremas para excluir a dichas vacas de la prueba.

Se ha observado que el sistema sobreestimó el consumo de 2 vacas mientras que infraestimó el consumo de 2 vacas de su

mismo corral (Figura 2). El sistema de detección no es capaz de identificar estas vacas adecuadamente y quizá tampoco asigne correctamente los pesos de entrada y salida. Para subsanar este inconveniente podría incorporarse un sistema accesorio de detección de presencia o ausencia en el comedero, como proponen Bach *et al.* (2004) o Chapinal *et al.* (2007) permitiendo el registro del tiempo total de ingestión y una mayor fiabilidad en estos casos. Las diferencias en ingestión y comportamiento entre vacas de un mismo corral indican que suponer que varios animales alimentados en grupo comparten la dieta equitativamente conlleva un sesgo importante. Esto se minimizaría con un sistema capaz de proveer una estimación fiable de la ingestión individual, considerando que la alta variabilidad individual de la ingestión en vacuno hace que en la práctica no sea posible

Tabla 2. Diferencia (%) entre el consumo de forraje registrado por el sistema y el estimado mediante observación visual en periodos de 4 horas

DIETA	DENSIDAD (comederos/vaca)			
	3	1,5	1	0,75
7H	1%	27%	13%	23%
12H	0,5%	41%	17%	32%

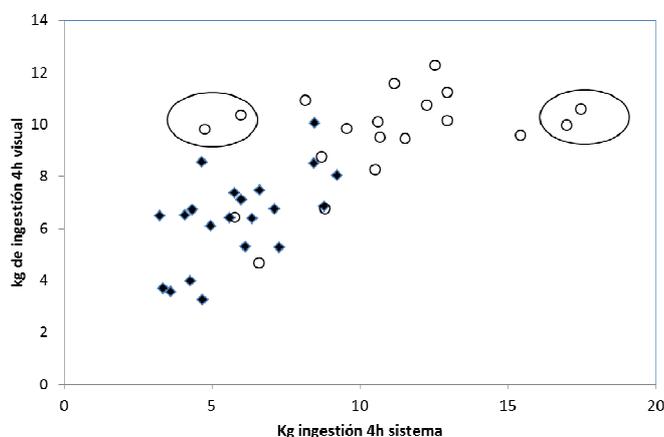


Figura 2. Relación entre las estimaciones de ingestión. Dieta forrajera 7H(◆) y 12H(O). Enmarcadas las observaciones con comportamientos ligados a la jerarquía.

predecirla con un error inferior al 10% (Decruyenaere *et al.*, 2012; Casasús y Albanell, en prensa).

En cuanto al consumo de pienso, en cada periodo de control de 4 horas cada vaca visitó la estación $8,61 \pm 4,07$ veces y el sistema presentó una sensibilidad del 100%, sin ningún error de asignación o detección. De estas visitas, sólo en el 37,1% de los casos el sistema distribuyó pienso a la vaca, al haberse programado la distribución de la oferta total de manera homogénea a lo largo del día. Las visitas con distribución fueron más numerosas en las vacas con dieta de pienso 4C que en las vacas con dieta 2C (3,8 vs. 1,9, $P < 0,001$), y también tendieron a serlo el número de visitas sin pienso (5,7 vs. 3,2, $P = 0,11$). Sólo en un 1,0% de las visitas con pienso (2 de 195) se recogió un rehusado no consumido por la vaca ($18,5 \pm 14,8$ g), lo que supuso una sobreestimación del 2,2% de la cantidad real de pienso consumida por esas

vacas en dicho periodo de 4 horas. La suma de los registros de ingestión individual de pienso obtenidas por el sistema y mediante observación visual en cada periodo coincidieron exactamente (363 y 824 kg/4h en las dietas de pienso 2C y 4C, respectivamente), fruto de una adecuada calibración y ajuste del ritmo y cantidad máxima de suministro por visita.

CONCLUSIONES

El sistema automático de control de la ingestión de pienso se ha validado correctamente y se demuestra útil para la gestión de la alimentación de vacas alojadas en grupo en condiciones de explotaciones comerciales. El sistema de control de ingestión de forrajes ha permitido una adecuada estimación de la desaparición total de forraje de los comederos en un periodo de tiempo dado. Sin embargo, ha presentado algunos errores de detección de la presencia de las vacas en los comederos, especialmente en densidades

altas, que pueden conllevar un sesgo en la predicción individual de la ingestión. Para evitarlo se recomienda gestionar la densidad y un periodo de adaptación suficientemente largo para detectar problemas de jerarquías y cambiar los grupos, si es necesario, lo que podría condicionar su uso en granjas comerciales. Ambos sistemas permiten obtener información relevante sobre la ingestión de forrajes y piensos, especialmente de manera combinada.

AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico de la Finca Experimental La Garcipollera. A Fernando Vicente (SERIDA), por su colaboración. Financiación: INIA RTA2010-00057-C03, Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de Aragón y FEDER.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACH A., IGLESIAS C. Y BUSTO I. (2004) A computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87, 4207-4209.

BLANCO M., VILLALBA D., RIPOL G., SAUERWEIN H. Y CASASÚS I. (2009) Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in fall-born bull calves. *Livestock Science* 120, 103-115.

CASASÚS I. Y ALBANELL E. (en prensa) Prediction of faecal output and hay

intake by cattle from NIRS estimates of faecal concentrations of orally-dosed polyethyleneglycol. *Animal Feed Science and Technology*.

COTTLE D.J. (2013) The trials and tribulations of estimating the pasture intake of grazing animals. *Animal Production Science* 53, 1209-1220.

CUADRADO SANTIAGO F. (2010) Estudio del comportamiento de la ingestión voluntaria en vacuno lechero según su estado fisiológico. Tesis Master, Universidad de Oviedo, 51 págs.

CHAPINAL N., VEIRA D.M., WEARY D.M. Y VON KEYSERLINGK M.A.G. (2007) Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. *Journal of Dairy Science* 90, 5732-5736.

DECRUYENAERE V., FROIDMONT E., BARTIAUX-THILL N., BULDGEN A., STILMANT D. (2012) Faecal near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) compared with other techniques for estimating the in vivo digestibility and dry matter intake of lactating grazing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 173, 220-234.

DEVRIES T.J., VON KEYSERLINGK M.A.G., WEARY D.M. Y BEAUCHEMIN K.A. (2003) Validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, 3571-3574.