

Efecto de la suplementación con dos genotipos del forraje de cebada (*Hordeum vulgare* L.) sobre producción y calidad de leche

Effect of supplementation with two genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) forage on milk production and quality

Javier Llacsá Mamani^{1,2}, Mario Viera Valencia¹, Carlos Gómez Bravo^{1*}

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la suplementación con dos genotipos de forraje de cebada sobre la producción y calidad de leche en vacas al pastoreo. Los genotipos evaluados fueron una cebada local (*Hordeum vulgare* L.) y la cebada UNALM 96 M6h-326 en el distrito de Sincos, Junín (Perú). El experimento se realizó con 16 vacas criollas cruzadas Brown Swiss en segunda lactación y con peso vivo de 385 ± 17 kg. Bajo un diseño de cambio simple, los animales fueron divididos en dos grupos para la suplementación con 4 kg/día con uno de los dos forrajes de cebada. La suplementación se realizó en dos etapas de 13 días cada uno, siendo los primeros 8 días de adaptación y los siguientes 5 días de evaluación de producción y composición de leche. La producción de leche vaca/día se incrementó con el forraje de cebada del genotipo UNALM 96 M6h-326 en comparación de la variedad local (4.0 vs. 3.57 kg; $p < 0.05$). Asimismo, se obtuvo un mayor contenido de urea en leche, pero el contenido de grasa fue inferior ($p < 0.05$).

Palabras clave: alternativas de alimentación, bovinos, calidad nutricional, cebada UNALM 96 M6h-326, productividad animal

¹ Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

* Autor de correspondencia: Carlos Gómez-Bravo; cagomez@lamolina.edu.pe

Recibido: 11 de marzo de 2024

Aceptado para publicación: 7 de noviembre de 2024

Publicado: 20 de diciembre de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of supplementation with two barley forage genotypes on milk production and quality in grazing cows. The genotypes evaluated were a local barley (*Hordeum vulgare* L.) and UNALM 96 M6h-326 barley in the district of Sincos, Junín (Peru). The experiment was conducted with 16 Brown Swiss - creole crossbred cows in second lactation and body weight of 385 ± 17 kg. Under a simple change design, the animals were divided into two groups for supplementation with 4 kg/day with one of the two barley forages. Supplementation was carried out in two stages of 13 days each, the first 8 days being for adaptation and the following 5 days for evaluation of milk production and composition. Milk production per cow/day was increased with UNALM 96 M6h-326 barley forage compared to the local variety (4.0 vs. 3.57 kg, $p < 0.05$). Likewise, higher urea content in milk was obtained, but the fat content was lower ($p < 0.05$).

Key words: alternative feeds, cattle, nutritional quality, UNALM 96 M6h-326 barley, animal productivity

INTRODUCCIÓN

El efecto del cambio climático viene ocasionando que la temperatura ambiental en Perú vaya incrementando (CEPAL, 2014). Este fenómeno hace que la región de Sierra Central peruana esté afrontando una disminución en la disponibilidad de agua y producción de forraje, especialmente en la época seca, donde las demandas son altas para la alimentación de la ganadería altoandina (Bartl *et al.*, 2009a; CEPAL, 2014). Perú tiene una población de 5 millones de bovinos, de los cuales el 73% se encuentra en la Sierra en altitudes entre 2200 y 4500 msnm en propiedad de pequeños productores y asociaciones (Bartl *et al.*, 2009b; INEI, 2012). Esta problemática conlleva a que la producción ganadera disminuya y la calidad de vida de los productores sea vea afectada de forma negativa (Díaz-Céspedes *et al.*, 2021; FAO, 2023).

Debido a esta problemática actual se requiere implementar una alternativa regenerativa del sistema económico de la agricultura y la ganadería que tenga el reto de alimen-

tar a una población creciente, sin afectar negativamente al medio ambiente (Banco Mundial *et al.*, 2021). Muscio y Sisto (2020) destacan a un modelo económico regenerativo, denominado economía circular que se define como la reutilización de los recursos naturales, creando el menor daño posible al medio ambiente. Sumado a esto, la economía circular tiene la misión de optimizar el rendimiento de los recursos utilizados, mediante la innovación en las políticas de reparación, reutilización y reciclaje, así como la valorización de los residuos de descarte en el sistema de producción que generara un crecimiento económico (Salazar, 2018; Moscoso *et al.*, 2019).

Una de las estrategias que se encuentra dentro de los pilares de la economía circular es la suplementación a bovinos con el forraje de cebada, considerando que luego de la recolección del grano el material vegetal no es aprovechado en la alimentación del bovino durante la época seca en la Sierra y, por el contrario, es quemado en las praderas generando contaminación ambiental, pudiendo ser una alternativa de alimentación a los rumiantes (Wanapat *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Composición nutricional de las variedades de cebada utilizadas en la suplementación de vacas lecheras en las comunidades Challhuas y Sallahuachac (Junín, Perú)

Variedad de cebada	Proteína cruda (%)	Fibra neutro detergente (%)	Cenizas (%)	Energía neta de lactación (Mcal/kg MS)	Digestibilidad <i>in vitro</i> de MO (%)
UNALM 96 M6h-326	5.4	50.0	6.5	1.15	51.9
Cebada local	4.8	46.8	6.0	1.06	55.9

Datos reportados previamente por Llaca *et al.* (2020)

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica

La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ha hecho diversos trabajos de investigación de genotipos de la cebada con el fin de mejorar la productividad agronómica. Uno de estos es el denominado cebada UNALM 96 M6h-326, que se desarrolla a 3600 msnm. Este tiene un adecuado potencial de rendimiento, hábito primaveral y semiprecoz porque espiga entre los 60 a 70 días y madura a 110-130 días, y es resistente a la roya morena y amarilla y tolerante a manchas foliares (*Pyrenophora graminea* y *Cochliobolus sativus*) (Llaca *et al.*, 2020). Ante esto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con dos genotipos del forraje de cebada (UNALM 96 M6h-326 y local) sobre la producción y calidad de leche en vacas al pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la Sierra Central del Perú en las comunidades altoandinas de Challhuas y Sallahuachac, distrito de Sincos, provincia de Jauja, Junín, a una altitud de 3600 y 4000 msnm, respectivamente. La zona se caracteriza por tener una temperatura ambiental entre -0.3 y 16.9 °C (Instituto Geofísico del Perú, 2005), y una precipitación pluvial promedio de 72 mm en la época de lluvias (octubre a marzo) y de 22 mm en la época seca (abril a septiembre).

Animales

Se trabajó con 16 vacas criollas cruzadas con Brown Swiss, con edades entre 3 y 4 años y peso vivo de 385 ± 17.12 kg. Todas estaban en su segunda lactación y con una producción láctea promedio de 3.5 L/día. Los animales fueron desparasitados con Triclabendazol más Febendazole (10 ml/100 kg p.v.) antes de iniciar el estudio.

Forrajes y Calidad Nutricional

El estudio se llevó a cabo entre agosto y septiembre (época seca) en condiciones propias del pequeño productor local. Como suplemento se utilizó una cebada del genotipo UNALM 96 M6h-326 y una cebada de variedad local. El genotipo mejorado fue seleccionado debido a la investigación de Llaca *et al.* (2020), quienes le encontraron un mayor contenido nutricional comparado con otros 25 genotipos.

El forraje de cebada se recolectó en el campo tras la cosecha del grano y se llevó directamente a los animales para su suplementación, tras ser cortado manualmente en trozos de aproximadamente 20 cm. El suministro de cebada se realizó de forma individual a cada animal en el único ordeño en las horas de la mañana. Los animales después del ordeño pastorearon gramíneas naturales de *Festuca dolichophylla* asociada con *Muhlenbergia fastigiata*, *Alchemilla pinnata* y *Calamagrostis vicunarum*.

Diseño experimental

Los animales fueron divididos de forma aleatoria en dos grupos ($n=8$ por subgrupo) para ser suplementados con genotipo UNALM 96 M6h-326 o con la variedad local. Todos los días después del ordeño a las 08:00 h se suplementó a las vacas con 4 kg de cebada, ofertados de forma individual. Las vacas, luego de la ingesta de la cebada salieron a pastorear un área que tiene una carga animal de 6.73 UA/ha y una producción de forraje de aproximadamente 310.7 kg MS/ha.

La suplementación se realizó durante dos etapas. En una primera etapa de 13 días un grupo recibió la suplementación con la cebada UNALM 96 M6h-326 y el otro grupo la cebada local. En la segunda etapa de otros 13 días los grupos intercambiaron el tipo de cebada a ser consumida. En cada caso se consideraron 8 días de adaptación y 5 días para la evaluación de la producción de leche.

Producción y Composición de Leche

Las vacas fueron ordeñadas una vez al día en forma manual antes del pastoreo y con el ternero al pie. En consideración al manejo establecido por los productores solo se determinó la producción de leche de tres cuartos, dejando un cuarto mamario para el ternero. La leche obtenida fue pesada y se tomó una muestra (30 ml) para los análisis correspondientes. A cada muestra se le adicionó 3 gotas de formol y fueron refrigeradas (4 °C) para su traslado al laboratorio.

La composición de la leche fue analizada en el Laboratorio de Leche y Carne de la Facultad de Zootecnia, UNALM con el equipo MilkoScan FT1® (IndiFOSS Analytical Pvt, India). Se determinó la cantidad de grasa (%), sólidos grasos (%), proteína (%), lactosa (%), sólidos totales (%), densidad (g/cm³) y nitrógeno ureico en leche (mg/dL) en cada muestra.

Diseño experimental

Los resultados de producción y calidad de leche se realizaron mediante un análisis de varianza bajo el diseño de cambio simple, considerando el efecto de la media general, la etapa experimental, el animal y el tratamiento. La comparación de las medias se realizó con la prueba de Tukey a una probabilidad de $p<0.05$ con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS®, 2012). El modelo usado fue $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + E_{ijkl}$, donde: μ = efecto de la media general, α_i = efecto de la i -ésima etapa del experimento, β_j = efecto del j -ésimo animal, γ_k = efecto del k -ésimo tratamiento, E_{ijkl} = efecto del error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona altoandina la alimentación de los bovinos se basa exclusivamente en el consumo de gramíneas y arbustos nativos (Chino *et al.*, 2020), y su calidad nutricional depende de factores como especie, edad, época y disponibilidad de nutrientes en los suelos, entre otros (Hatfield y Walthall, 2014), siendo una de las alternativas para la alimentación el forraje de cereales. En el presente estudio, el uso de forraje de cebada fue plenamente aceptado por los animales, pues no hubo rechazo de los 4 kg de forraje de cebada ofertado en forma diaria. En este sentido, Cántaro (2018) encontró que las vacas en esta zona consumían en promedio 8.2 ± 1.6 kg MS /día, equivalente al $2.3 \pm 0.4\%$ del peso vivo para una producción de leche de 3.1 ± 0.6 kg/vaca/día.

El efecto de la suplementación con forraje de cebada sobre la producción y calidad de leche se muestra en el Cuadro 2. Las vacas suplementadas con forraje del genotipo UNALM 96 M6h-326 incrementaron 12.6% la producción diaria de leche en comparación cuando consumieron forraje de cebada local (4.04 vs. 3.53 kg/d; $p=0.002$). Esta diferencia en la producción de leche podría ser

Cuadro 2. Efecto del consumo de dos genotipos de cebada sobre la producción y composición de la leche en vacas de las comunidades Challhuas y Sallahuachac (Junín, Perú)

Variedad de cebada	P.L. (kg/día)	Grasa (%)	S.N.G. (%)	S. T. (%)	Proteína (%)	Densidad (g/cm ³)	Lactosa (%)	MUN (mg/1dl)
UNALM 96 M6h-326	4.04	4.18	9.26	13.44	3.80	1.05	5.11	21.09
Variedad Local	3.53	4.48	9.31	13.80	3.84	1.03	5.13	15.13
CME	0.096	0.034	0.173	0.037	0.015	0.003	0.025	4.963
P-value	0.0019	0.0638	0.0583	0.0599	0.0958	0.0843	0.0679	0.0357

S.G.N: Sólidos no grasos; S.T: Sólidos totales; MUN: Nitrógeno ureico en leche; CME: Cuadrado medio del error

explicada por un mejor balance de proteína y energía neta de lactancia aportada por el genotipo UNALM 96 M6h-326 en la dieta. Según Stockdale (2000) y Gutiérrez *et al.* (2019), ambos factores nutricionales son esenciales para la producción de la leche diaria. Sumado a lo anterior, Brun-Lafleur *et al.* (2010) afirman que si no existe una sincronía entre carbohidratos y nitrógeno que ingresan al rumen, la producción de leche podría verse afectada negativamente; no obstante, este efecto no se observó en la presente investigación.

El porcentaje de grasa disminuyó en 0.4% en las vacas que consumieron el forraje del genotipo UNALM 96 M6h-326 en comparación con forraje de cebada local. El contenido de grasa en leche tiene una relación directa con el contenido de fibra en detergente neutro (FDN); así, alimentos fibrosos con alto contenido de fibra incrementan la masticación y la secreción de saliva, lo que permite que el pH ruminal incremente y la degradación de la fibra por los microorganismos, lo que hace que se aumente la síntesis de aceto e indirectamente incremente la síntesis de grasa láctea (Cruz-Calvo y Sánchez, 2000; Arelovich *et al.*, 2008). Esta relación, no obstante, no se observó en la presente investigación, quizás porque la diferencia en el contenido de FDN entre ambas dietas fue mínima.

La proteína láctea obtenida de las vacas suplementadas con forrajes del genotipo UNALM 96 M6h-326 y la variedad local fueron similares entre tratamientos. Diversos autores (Rearte *et al.*; 1986; Stockdale, 1999; Reis y Combs, 2000; Wales *et al.*, 2001) reportan que el porcentaje de proteína en la leche no se afecta con la suplementación de heno. Así mismo, los valores por encima de 3.8% de proteína en la leche nos indican que el aporte energético de la dieta fue aceptable. Esto se deduce a partir de lo indicado por Agudelo (2001), quien afirma que animales que ingieren dietas pobres en energía producen contenidos de proteína en leche inferiores a 3%.

Los valores reportados para sólidos no grasos, sólidos totales y la lactosa no difirieron entre tratamientos. Sin embargo, la concentración de urea fue mayor cuando las vacas consumieron forraje de UNALM 96 M6h-326 respecto a la variedad local (21.1 vs. 15.1 mg/dL, respectivamente; $p < 0.05$).

CONCLUSIONES

- La suplementación de 4 kg/vaca/día de forraje de cebada del genotipo UNALM 96 M6h-326 incrementó en 0.5 kg/día la producción de leche comparada con el

suplemento de forraje de la cebada local en condiciones de pastoreo en la sierra central de Perú.

- La suplementación con forraje de cebada mejorada es una excelente alternativa de fácil uso para pequeños y medianos productores, con el fin de utilizar los recursos locales y reducir la contaminación ambiental que genera un calentamiento global.

Agradecimientos

Al proyecto de investigación estratégica «Mejoramiento de forrajes para el desarrollo de ganadería vacuna en sistemas de pequeños productores de Sierra Central» cofinanciado por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) por proporcionar fondos para la ejecución del presente trabajo. Los autores agradecen al técnico agropecuario Víctor Madueño y a las comunidades de Chalhuan y Sallahuachac, quienes brindaron facilidades y apoyo logístico para la realización del estudio en campo, y a la Dra. Isabel Cristina Molina Botero por su apoyo en la edición de este artículo.

LITERATURA CITADA

1. **Agudelo G. 2001.** Fundamentos de nutrición animal aplicada. Medellín, Colombia: Univ. de Antioquia. 346 p.
2. **Arelovich HM, Abney CS, Vizcarra JA, Galyean ML. 2008.** Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. *Prof Anim Sci* 24: 375-383. doi: 10.15232/S1080-7446(15)30882-2
3. **Banco Mundial, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), Fondo Acción para el Ambiente y la Niñez, The Nature Conservancy (TNC). 2021.** Acción de mitigación nacionalmente apropiada NAMA de la ganadería bovina sostenible en Colombia. [Internet]. Disponible en: <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2021/10/Reporte-NAMA-Bovina-de-Colombia.pdf>
4. **Bartl K, Gómez CA, Aufdermauer T, García M, Kreuzer M, Hess HD, Wettstein H R. 2009a.** Effect of diet type on performance and metabolic traits of Peruvian local and introduced cow types kept at 200 and 3600 m of altitude. *Livest Sci* 122: 30-38. doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.022
5. **Bartl K, Mayer AC, Gómez CA, Muñoz E, Hess HD, Holmann F. 2009b.** Economic evaluation of current and alternative dual-purpose cattle systems for smallholder farms in the central Peruvian highlands. *Agr Syst* 101: 152-161. doi: 10.1016/j.agsy.2009.05.003
6. **Brun-Lafleur L, Delaby L, Husson F, Faverdin P. 2010.** Predicting energy×protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. *JDS* 93: 4128-4143. doi: 10.3168/jds.2009-2669
7. **Cántaro JL. 2018.** Consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas al pastoreo en época lluviosa en la Sierra Central del Perú. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 73 p.
8. **[CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2014.** La economía del cambio climático en el Perú. Banco Interamericano de Desarrollo. 151 p.
9. **Chino LB, Molina-Botero IC, Moscoso JE, Gómez C. 2022.** Relationship between chemical composition and *in vitro* methane production of High Andean Grasses. *Animals* 12: 2348. doi: 10.3390/ani12182348
10. **Cruz-Calvo M, Sánchez J. 2000.** La fibra en la alimentación de ganado lechero. *Nutr Anim Trop* 6: 39-74.
11. **Díaz-Céspedes M, Hernández-Guevara JE, Gómez C. 2021.** Enteric methane emissions by young Brahman bulls grazing tropical pastures at different rainfall seasons in the Peruvian jungle.

- Trop Anim Health Pro 53: 421. doi: 10.1007/s11250-021-02871-4
12. **FAO. 2023.** Contribution of terrestrial animal source food to healthy diets for improved nutrition and health outcomes – An evidence and policy overview on the state of knowledge and gaps. Rome, FAO. 268 p. doi: 10.4060/cc3912en
13. **Gutiérrez FA, Rocha J, Portilla A, Ruales B. 2019.** Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio. Siembra 6: 15-23. doi: 10.29166/siembra.v6i1.1554
14. **Hatfield JL, Walthall CL. 2014.** Climate change: cropping system changes and adaptations. In Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. London, UK: Elsevier: p 256-265.
15. **[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2012.** Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario (IV CENAGRO). Ministerio de Agricultura. [Internet]. Disponible en: <https://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/Resultados-FinalesIVCENAGRO.pdf>
16. **Instituto Geofísico del Perú. 2005.** Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la Cuenca del río Mantaro. Serie: Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro. Vol 1. Lima, Perú: Fondo Editorial del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM. [Internet]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/714>
17. **Llacs J, Gamarra JA, Gómez CA, Martínez A, Gómez LR, Viera MA. 2020.** Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en los Andes centrales de Perú. Rev Inv Vet Peru 31: e17856. doi: 10.15381/rivep.v31i2.17856
18. **Moscoso KM, Rojas CR, Beraún Espíritu MM. 2019.** La economía circular: modelo de gestión de calidad en el Perú. Puriq 1: 120-132. doi: 10.37073/puriq.1.02.48
19. **Muscio A, Sisto R. 2020.** Are agri-food systems really switching to a circular economy model? implications for european research and innovation policy. Sustainability 12: 5554. doi: 10.3390/su12145554
20. **Rearte DH, Kesler E, Hargrove G. 1986.** Forage growth and performance of grazing dairy cows supplemented with concentrate and chopped or long hay. J Dairy Sci 69: 1048-1054. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80500-8
21. **Reis RB, Combs DK. 2000.** Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. J Dairy Sci 83: 2529-2538. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)-75145-9
22. **Salazar. 2018.** La economía circular como respuesta alternativa a los desafíos de la alimentación: análisis de caso para la situación de Chile. Rev Chil Rel Int 2: 94-104.
23. **Stockdale CR. 1999.** Effects of cereal grain, lupins-cereal grain or hay supplements on the intake and performance of grazing dairy cows. Aust J Exp Agr 39: 811-817. doi: 10.1071/EA99073
24. **SAS Institute. 2012.** User's Guide: Statistics Version 9.4. SAS Inst. Inc., Cary, NC
25. **Wales WJ, Williams K, Doyle P. 2001.** Effect of grain supplementation and the provision of chemical or physical fibre on marginal milk production responses of cows grazing perennial ryegrass pastures. Aust J Exp Agr 41: 465-471. doi: 10.1071/EA00156
26. **Wanapat M, Chenost M, Munoz F, Kayouli C. 1996.** Methods for improving the nutritive value of fibrous feed: treatment and supplementation. Ann Zootech 45: 89-103.