

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 1 de 13 |

16.

| | |
|--------------|-----------------------------|
| FECHA | viernes, 9 de junio de 2023 |
|--------------|-----------------------------|

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

| | |
|---|------------------------|
| UNIDAD REGIONAL | Seccional Ubaté |
| TIPO DE DOCUMENTO | Trabajo De Grado |
| FACULTAD | Ciencias Agropecuarias |
| NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO | Pregrado |
| PROGRAMA ACADÉMICO | Zootecnia |

El Autor(Es):

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS | No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Garzón Contreras | Maria Angelica | 1071609294 |
| | | |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------------|--------------------------|
| Cortes Cortes | Javier Eduardo |

| TÍTULO DEL DOCUMENTO |
|--|
| Importancia de la adición de metionina protegida en la alimentación de bovinos con relación a la producción y calidad de la leche. |

Calle 6 N° 9 – 80 Ubaté – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8553056 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 2 de 13 |

| |
|--|
| SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje) |
| |

| EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN | |
|---|--------|
| INDICADORES | NÚMERO |
| ISBN | |
| ISSN | |
| ISMN | |

| AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO | NÚMERO DE PÁGINAS |
|------------------------------|-------------------|
| 23/07/2022 | 20 |

| DESCRITORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves) | |
|--|---------------------|
| ESPAÑOL | INGLÉS |
| 1. Ganadería bovina | Bovine cattle |
| 2. Aminoácidos azufrados | Sulfur amino acids |
| 3. Alimentación | Feeding |
| 4. Alta producción | High production |
| 5. Degradación ruminal | Ruminal degradation |
| 6. | |

| FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético) |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Abdelmegeid MK, Elolimy AA, Zhou Z, Lopreiato V, McCann JC, Loor JJ. Rumen-protected methionine during the peripartal period in dairy cows and its effects on abundance of major species of ruminal bacteria. J Anim Sci Biotechnol [Internet]. 2018 Feb 7 [cited 2022 May 24];9(1). Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29445454/ ADISSEO. Smartamine y Metasmar. Metionina protegida en el mercado. Sf. Disponible en: https://www.adisseo.com/es/productos/smartline/#:~:text=Smartamine%C2%AE%20M%20es%20un,absorci%C3%B3n%20en%20el%20intestino%20delgado. |

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 3 de 13 |

- Alejandro Montoya Aguirre, J., Jairo Correa Cardona, H., & Darío Galvis Góez, R. (2015). Effect of choline and methionine protected on intake, Lipid Mobilization, Production and composition of milk in Holstein Cows Artículo original. *Rev CES Med Zootec*, 10(2), 179–192. Disponible en: [v10n2a10.pdf \(scielo.org.co\)](http://v10n2a10.pdf(scielo.org.co))
- Amaro FX, Kim D, Restelatto R, Carvalho P, Arriola K, Duvalsaint EJC, et al. Lactational performance of dairy cows in response to supplementing N-acetyl-l-methionine as source of rumen-protected methionine. 2022. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030221010778>
- Antonio B. Productive performance of growing male cattle, supplemented with minerals during the dry season. 2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v44/en_2078-8452-pyf-44-eE17.pdf
- Baggerman JO, Thompson AJ, Jennings MA, Hergenreder JE, Rounds W, Smith ZK, et al. Effects of Encapsulated Methionine on Skeletal Muscle Growth and Development and Subsequent Feedlot Performance and Carcass Characteristics in Beef Steers. *Animals*. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani11061627>
- Batistel F, Arroyo JM, Bellingeri A, Wang L, Saremi B, Parys C, et al. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017 Sep [cited 2023 Apr 23];100(9):7455–67. Disponible en: <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022030217306689/fulltext>
- Cardo, L. Metionina: mucho más que proteína en la leche. *Alimentación*. Rev 80. Vaca Pinta, n 20; 2020. Disponible en: https://vacapinta.com/media/files/fichero/vp20_alimentacion_metionina_castelan.pdf

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 4 de 13 |

- Cardoso FF, Donkin SS, Pereira MN, Pereira RAN, Peconick AP, Santos JP, et al. Effect of protein level and methionine supplementation on dairy cows during the transition period. J Dairy Sci. 2021 May;104(5):5467–78. Disponible en: <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S002203022100237X>
- Duque, M. Efecto de la suplementación de metionina y lisina protegidas sobre el flujo intestinal de aminoácidos, producción de leche y concentración de proteínas de leche. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. 2015. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/3531>
- Elizondo J. Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8113245>
- Elizondo-Salazar J A, Monge-Rojas C R. CONSUMO DE ALIMENTO BALANCEADO EN REEMPLAZOS DE LECHERÍA DESDE EL NACIMIENTO.2019. Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HR-5_VxjgwkJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8113234.pdf&cd=32&hl=es-419&ct=clnk&gl=co
- Elsaadawy SA, Wu Z, Bu D. Feasibility of Supplying Ruminally Protected Lysine and Methionine to Periparturient Dairy Cows on the Efficiency of Subsequent Lactation. Front Vet Sci. 2022 Jun 14;9. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.892709>
- Galindo-Blanco JL, Rodríguez-García I, González-Ibarra N, García-López R, Herrera-Villafranca M. Sistema silvopastoril con Tithonia diversifolia (Hemsl.) A.

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 5 de 13 |

Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. Pastos forrajes. 2018

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400006

- Gu F, Liang S, Zhu S, Liu J, Sun HZ. Multi-omics revealed the effects of rumen-protected methionine on the nutrient profile of milk in dairy cows. Food Research International. 2021 Nov;149:110682. Disponible en: [Multiómicas revelaron los efectos de la metionina protegida del rumen en el perfil nutricional de la leche en vacas lecheras - ScienceDirect \(basesdedatosezproxy.com\)](#)
- Industria y comercio, superintendencia. Gobierno de Colombia. Análisis del sector lácteo en Colombia. Estudios económicos sectoriales. 2021. Disponible en https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version_publica.pdf
- Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Censos Pecuarios Nacional. 2023. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Linn, J. Ph.D. necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen de las normas de NRC. 2011. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/NRC_vacunos.pdf
- Lopes, M. G., Dominguez, J. H. E., Corrêa, M. N., Schmitt, E., & Fischer, G. Rumen-protected methionine in cattle: influences on reproduction, immune response, and productive performance. 2019. Disponible en: Doi: [10.1590/1808-1657001292018](https://doi.org/10.1590/1808-1657001292018)
- Madeline S Grant, Hannah F Speer, N Daniel Luchini, Dale A Blasi, Evan C Titgemeyer, Effect of supplemental methionine on health and performance of

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 6 de 13 |

receiving beef heifers, *Translational Animal Science*, Volume 6, Issue 4, October 2022, txac113. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tas/txac113>

- Martínez Y, Li X, Liu G, Bin P, Yan W, Más D, et al. The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. *Amino Acids* ;49:2091–8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00726-017-2494-2>
- Melendez P, Möller J, Arevalo A, Pinedo P. The effect of rumen-protected lysine and methionine on milk yield, milk components, and body weight in grazing Holstein cows during spring calving season in the southern hemisphere. *Livest Sci.* 2023 Jun;272:105230. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105230>
- Olivera-Angel M, Duque-Quintero M, Rosero-Noguera R. Estimation of the balance of metabolizable lysine and methionine for dairy cows. *Revista MVZ Córdoba.* 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1461>
- Peña Torres P, Lara Andrade V A, Baracaldo Valencia H J. Competitividad de la ganadería doble propósito en el municipio de Florencia, Caquetá. 2020. Disponible en: <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1797/1557>
- Ramos, R, Pabón, M y Carulla, J. (1998). Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/74610>
- S.L. Liang, Z.H. Wei, J.J. Wu, X.L. Dong, J.X. Liu, D.M. Wang, Effect of N-acetyl-L-methionine supplementation on lactation performance and plasma variables in mid-lactating dairy cows. 2019; 102 (6) :5182-5190. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219302802#tbl2>

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 7 de 13 |

- Sánchez MA, Murray RS, Montero J, Marchini M, Iglesias R, Saad G.
 IMPORTANCE OF MILK AND ITS POTENTIAL EFFECTS ON HUMAN HEALTH .
 Actualización en Nutrición. 2020;21:50–64. Disponible en:
http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_21/num_2/RSAN_21_2_50.pdf
- Schwab CG, Broderick GA. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. J Dairy Sci. 2017;100(12). Disponible en:
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>
- Toledo Z M, Stangaferro M L, Gennarin S R, Giordano O J, Shaver D R, Wiltbank M C. Effects of feeding rumen-protected methionine pre- and postpartum in multiparous Holstein cows: Lactation performance and plasma amino acid concentrations. 2021. Disponible en:
[http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00504-X/fulltext#seccesstitle30](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00504-X/fulltext#seccesstitle30)
- Vailati-Riboni M, Zhou Z, Jacometo CB, Minuti A, Trevisi E, Luchini DN, et al. Supplementation with rumen-protected methionine or choline during the transition period influences whole-blood immune response in periparturient dairy cows. J Dairy Sci. 2017 May;100(5):3958–68. Disponible en:
[https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030217302412?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030217302412?via%3Dihub)
- Vargas Martínez J de J, Sierra Alarcón AM, Mancipe Muñoz EA, Avellaneda Avellaneda Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. 2018. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072018000200137

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 8 de 13 |

- Vargas, O. A.; Elizondo, J.A. Respuesta productiva del ganado lechero ante el suministro de metionina sintética. Revisión de literatura. *Nutrición Animal Tropical* 9(1): 24-38. ISSN: 2215-3527/ 2015. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/18785>
- Wei C, He T, Wan X, Liu S, Dong Y, Qu Y. Meta-Analysis of Rumen-Protected Methionine in Milk Production and Composition of Dairy Cows. *Animals*. 2022 Jun 1;12(12). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani12121505>

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

Los aminoácidos como uno de los nutrientes esenciales dentro de la dieta de vacas lecheras, han sido objeto de estudio, a causa de la importancia que estos representan al momento de mejorar algunos índices o parámetros productivos, por ello se ha evidenciado el interés de diferentes autores por agregar en la dieta de bovinos aminoácidos protegidos, en este artículo se presenta una revisión documental con el objetivo de evaluar la adición de metionina protegida en la alimentación de vacas lecheras en relación a la producción y calidad en la composición de la leche, encontrando como resultados que la adición de metionina protegida en la dieta de vacas lecheras mejora el rendimiento productivo (+4,1 kg/día), composición de la leche en referencia a proteína (+0,19 kg/día) y grasa (+ 0,21 kg/día) con diferentes niveles de adición.

Abstract

Amino acids as one of the essential nutrients in the diet of dairy cows, have been the subject of study, because of the importance they represent at the time of improving some indexes or productive parameters, therefore the interest of different authors to add protected amino acids in the diet of cattle has been evidenced, in this article a

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 9 de 13 |

documentary review is presented with the objective of evaluating the addition of protected methionine in the diet of dairy cows in relation to the production and quality in the composition of the milk, the results show that the addition of protected methionine in the diet of dairy cows improves productive yield (+4.1 kg/day), milk composition in terms of protein (+0.19 kg/day) and fat (+0.21 kg/day) at different levels of addition.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) | SI | NO |
|---|-----------|-----------|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer. | | X |
| 2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital. | | X |

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 10 de 13 |

| | | | |
|--|---|---|--|
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | | X | |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional. | X | | |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 11 de 13 |

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _X_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 12 de 13 |

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| | |
|---|---|
| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf) | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|---|---|

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 6 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2021-09-14 |
| | | PAGINA: 13 de 13 |

| | |
|--|-------|
| 1. Importancia de la adición de metionina protegida en la alimentación de bovinos con relación a la producción y calidad de la leche.pdf | Texto |
| 2. | |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafo) |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Garzón Contreras Maria Angelica | Angelica Garzón |
| | |

21.1-51-20.

Importancia de la adición de metionina protegida en la alimentación de bovinos con relación a la producción y calidad de la leche.

María Angélica Garzón Contreras¹

Resumen

Los aminoácidos como uno de los nutrientes esenciales dentro de la dieta de vacas lecheras, han sido objeto de estudio, a causa de la importancia que estos representan al momento de mejorar algunos índices o parámetros productivos, por ello se ha evidenciado el interés de diferentes autores por agregar en la dieta de bovinos aminoácidos protegidos, en este artículo se presenta una revisión documental con el objetivo de evaluar la adición de metionina protegida en la alimentación de vacas lecheras en relación a la producción y calidad en la composición de la leche, encontrando como resultados que la adición de metionina protegida en la dieta de vacas lecheras mejora el rendimiento productivo (+4,1 kg/día), composición de la leche en referencia a proteína (+0,19 kg/día) y grasa (+ 0,21 kg/día) con diferentes niveles de adición.

Palabras clave: ganadería bovina, aminoácidos azufrados, alimentación, alta producción, degradación ruminal.

Abstract

Amino acids as one of the essential nutrients in the diet of dairy cows, have been the subject of study, because of the importance they represent at the time of improving some indexes or productive parameters, therefore the interest of different authors to add protected amino acids in the diet of cattle has been evidenced, in this article a documentary review is presented with the objective of evaluating the addition of

Estudiante de Zootecnia Universidad de Cundinamarca¹

protected methionine in the diet of dairy cows in relation to the production and quality in the composition of the milk, the results show that the addition of protected methionine in the diet of dairy cows improves productive yield (+4.1 kg/day), milk composition in terms of protein (+0.19 kg/day) and fat (+0.21 kg/day) at different levels of addition.

Keywords: bovine cattle, sulfur amino acids, feeding, high production, ruminal degradation

Introducción

Actualmente en Colombia la ganadería es una de las actividades económicas más importantes del sector agropecuario ya que se estima que existen aproximadamente 26 millones de cabezas destinadas para producción de carne y leche que contribuyen en un 44,6 % al producto interno bruto (PIB) pecuario, a su vez contribuye con el 9,2 % del PIB nacional (1). A pesar de esta importante participación, el sector ganadero no presenta un rendimiento adecuado, en gran medida por el tipo de sistema productivo predominante. Sin embargo, en lechería especializada la rentabilidad es mayor, por lo que la alimentación se convierte en un elemento básico y de gran importancia en este subsector. El objetivo de este componente es suministrar una ración que cumpla con los requerimientos nutricionales del animal, dentro de estos la proteína es por excelencia una de las principales fuentes nitrogenadas para el bovino, siendo el contenido de aminoácidos (AA) un participante fundamental en procesos biológicos de crecimiento y desarrollo, además de ser un precursor de la producción lechera. La proteína proveniente del rumen se degrada de manera eficiente en el intestino delgado, sin embargo, debido a los microbiota ruminal muchos aminoácidos no logran pasar al intestino delgado en cantidad suficiente, por esto en algunas fases de producción se pueden ofrecer aminoácidos protegidos al animal los cuales no serán utilizados por los microorganismos y logran así ser absorbidos a nivel del intestino delgado (2). Los modelos nutricionales en la alimentación animal como lo son la National Research Council (NRC) y el sistema de carbohidratos y proteína neta de Cornell (CNCPS), son empleados como sistemas de proyección para analizar las necesidades nutricionales de proteína metabolizable y de algunos aminoácidos que el

animal no puede sintetizar (3) permitiendo así de esta manera en la dieta la cantidad suficiente de proteína para el animal. En este sentido, uno de los nutrientes deficientes, es la metionina que puede ser considerada como el primer aminoácido limitante para la producción de leche (4). El objetivo entonces es evaluar la adición de metionina protegida en la alimentación de vacas lecheras con relación a la producción y calidad en la composición de la leche.

Metodología

Para la ejecución de esta revisión documental se tuvo en cuenta la selección de diferentes artículos, con una antigüedad no mayor a 7 años (2015- 2022) que fueron consultados a través de las bases de datos de la biblioteca digital de la Universidad de Cundinamarca, mencionadas a continuación: Scopus, ScienceDirect, PubMed, ProQuest, SciELO. La búsqueda consistió en seleccionar artículos de fuentes primarias, en español o en inglés, relacionadas con el efecto del sustrato de protección aplicado a la metionina sobrepasante, incluyendo las palabras clave o combinaciones usadas para efecto de la búsqueda, tales como: methionine and protected and bovine, methionine and cattle, methionine bypassing in cattle, substrates used in methionine, high production, livestock, amino acids.

Finalmente, solo se tomaron como resultado de la búsqueda, aquellos artículos que cumplieran con el objetivo de la revisión cuyo tema principal es el uso de la metionina protegida en vacas lecheras, luego de ello se realizó una lectura (detallada-crítica-analítica) de cada uno de ellos, lo que permitió seleccionar los artículos más apropiados o relevantes para la construcción de este artículo de revisión.

La organización de las referencias bibliográficas se realizó bajo el uso del programa de Mendeley, ya que es de fácil acceso, organización y manejo.

Marco teórico

Importancia de la producción y proteína en la composición de la leche bovina

Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el año 2020 el país contaba con 28 millones de hectáreas aptas para la producción de leche cruda, en las cuales cerca

de 321.000 personas se dedican a este rubro, obteniendo por día 7.211 millones de litros de leche cruda (5). Según el censo bovino publicado por el ICA para el año 2023, el departamento de Cundinamarca representa el 5,1% del total de ganado bovino del país, en donde la Villa de San Diego de Ubaté participa con 19.991 cabezas de ganado y 1.518 fincas (6).

Dentro de los componentes nutricionales de la leche, la proteína es catalogada como una excelente fuente de aminoácidos esenciales, su contenido oscila entre los 30 a 32 gramos de proteína por litro de leche cruda, las diversas proteínas presentes en la leche favorecen el desarrollo de diferentes actividades biológicas (absorción de alimentos, estimulan la producción de enzimas y anticuerpos en el organismo) (7). La proteína láctea se divide en dos fracciones, las cuales han sido identificadas como caseínas compuestas a base de calcio / fósforo y proteínas séricas respectivamente (8).

Proteína cruda y aminoácidos esenciales en la alimentación bovina

Los componentes nutricionales en la dieta de los animales han sido motivo de estudio a través de los años, por ello hoy en día se encuentran avances con fines productivos, enfocados en la importancia que tiene la proteína y los aminoácidos como uno de los nutrientes esenciales en la dieta de los rumiantes destinados a la alta productividad lechera; cuando se genera una deficiencia de proteína degradable en el rumen se ocasionan una serie de efectos negativos sobre la síntesis de proteína microbiana, digestibilidad de la fibra y consumo voluntario. Para la formulación de la dieta los requerimientos proteicos se dividen en dos, proteína degradable y proteína no degradable en el retículo-rumen, donde la primera de estas es empleada por los microorganismos ruminales para el crecimiento (síntesis de proteína microbiana), por tanto, la cantidad adecuada de nitrógeno permite producir una fermentación ruminal eficiente de carbohidratos estructurales y no estructurales (9). Con el fin de proporcionar en la dieta la cantidad suficiente de proteína de acuerdo a la necesidad de consumo se establece el sistema de valoración proteica y energética desarrollado por la Universidad de Cornell conocido como CNCPS, este modelo permite valorar la

adecuación de una dieta establecida específicamente para un sistema de medición, ofreciendo información acerca de los factores del metabolismo ruminal y el aporte de aminoácidos limitantes, según este estudio (9) el fraccionamiento de la proteína se divide en:

- Fracción A, correspondiente a la proteína rápidamente degradable (nitrógeno no proteico) que se convierte en amoníaco.
- Fracción B, es la proteína verdadera de rápida degradabilidad, esta a su vez se divide en tres fracciones B1, B2, B3, de acuerdo con el nivel y velocidad de degradación.
- Fracción C, esta se refiere a la proteína no degradable y esta ligada a la fibra de detergente ácido.

Esta última fracción contribuye a la nutrición del rumiante cuando es absorbida en el intestino delgado, sin embargo, algunos aminoácidos no son aprovechados y se desechan al final del proceso digestivo, con el fin de cubrir los requerimientos del rumiante y la síntesis de aminoácidos por los microorganismos, se desarrolla la suplementación con proteína protegida o sobre pasante. De esta manera la proteína sobre pasante se define como aquella que pasa por el rumen sin ser degradada o aprovechada y se dirige directamente al tracto digestivo posterior donde logra ser aprovechada por el rumiante (10).

Mecanismos de acción de la metionina

Cuando se adicionan los análogos de metionina en la dieta, el 60% de los ingeridos serán utilizados en el rumen donde se estimula la síntesis de proteína microbiana y el 40% restante abandona el rumen con la fase líquida de la ingesta y se absorbe en el tracto posterior, por ende, la metionina puede tener diferentes mecanismos de acción (11):

- ✓ El 60% se utiliza a nivel ruminal y estimula el crecimiento de microorganismos que incrementa la digestión de alimentos.

- ✓ La metionina actúa como donador de metilos para la producción de fosfatidilcolina, esta molécula es utilizada en el empaque de ácidos grasos dentro de lipoproteínas de baja densidad y quilomicrones, de los cuales provienen algunos ácidos grasos.
- ✓ Actividad en distintos procesos como la metilación del ADN, que facilita la expresión genética.
- ✓ Metabolismo de los ácidos grasos en el hígado.
- ✓ Influencia en procesos inflamatorios.

Requerimientos de proteína en la nutrición de bovinos de leche

En Colombia la ganadería es una de las actividades económicas del sector pecuario más importantes ya que los bovinos cuentan con la capacidad de alimentarse de recursos fibrosos y convertirlos en productos de alto valor nutricional (carne o leche) (12), cabe aclarar que la producción de dichos recursos principalmente forrajes, dependen en gran medida de las condiciones medio ambientales, por lo que este proceso se encuentra bajo la influencia del cambio climático, representado por temperaturas extremas, fuertes lluvias y largos períodos de sequía, relacionadas en su gran mayoría por los fenómenos del niño y de la niña, ocasionando una afectación en los ecosistemas, entre ellos los vinculados con la ganadería (13).

La cantidad de leche producida en los bovinos durante la lactancia, junto con los sólidos (grasa, proteína y lactosa) afectan las exigencias energéticas de las vacas de cría, principalmente en los meses iniciales de lactancia. En animales gestantes se debe considerar que las reservas de proteínas incrementan en el último tercio de gestación ya que el producto de concepción incrementará en tamaño, por otro lado, durante la segunda lactancia se sugiere administrar un 10% más de proteína para cumplir con los requerimientos de proteína. El total de consumo de proteína bruta metabolizable (PBM) se estima en 130 g/kg consumido, siempre y cuando el suministro de proteína digestible reutilizable exceda de $1.18 \times \text{PBM kg/día}$ esto asegura que se aporte la suficiente proteína en la dieta para la síntesis de proteína microbiana, es decir, cuando el contenido de proteína es de un 80% el aprovechamiento o su síntesis será del 64% (14).

Determinación de la necesidad de proteína

Las necesidades de proteína se expresan en unidades de proteína metabolizable y se logra determinar de forma factorial con la suma de las necesidades de mantenimiento, lactación, gestación crecimiento. Las siguientes son las fórmulas para determinar las necesidades según la etapa productiva (14):

Proteína de mantenimiento

Donde,

PV: peso vivo

PF: peso fetal

PVV: peso vivo vacío

GP: ganancia de peso

ER: energía retenida

VC: ganancia diaria de peso

- **PM mantenimiento**= (g/d) = $(0,3 \times (PV - PF)^{0,60}) + (4,1 \times (PV - PF)^{0,50}) + [(MSI \times 30) - 0,5 \times (PBM/0,80) - PBM] + [(0,4 \times (11,8 \times MSI))/0,67]$
- **PM crecimiento**=(PVV): $PVV \leq 478 \text{ kg} : GP \times (268 - (29,4 \times (ER/VC)))/[83,4 - (0,114 \times PVV)]/100$ $PVV > 478 \text{ kg} : GP \times (268 - (29,4 \times (ER/VC)))/0,28908$
- **PM gestación**, se consideran a partir de los 190 días. Ecuación: $[(0,69 \times \text{día de gestación}) - 69,2] \times (\text{peso del ternero al nacimiento}/45)/0,33$. La eficacia de conversión de proteína metabolizable a proteína del feto se asume igual al 33%.
- **Las necesidades de PM para lactación** se calculan con base en la producción de proteína en leche y a una eficacia de conversión de PM a proteína láctea de un 67%.
- Se considera que las concentraciones de aminoácidos para vacas de leche de lisina y metionina son de 7,2 y 2,4% de la PM respectivamente, en una relación de 3 a 1.

Que es la metionina protegida

La metionina químicamente se define como un aminoácido esencial alifático y sulfurado, el cual actúa como precursor de la carnitina, creatina, cisteína, homocisteína

y succinil-CoA, cumple funciones específicas sobre procesos metabólicos, inmunológicos, digestivos y actúa en la activación de enzimas antioxidantes (15).

De esta manera la metionina es considerada como uno de los aminoácidos limitantes en vacas lecheras, razón fundamental para ser incluida al momento de la formulación de las dietas y garantizar el aprovechamiento por parte del animal; por ello hoy en día una de las formas de aprovechar este aminoácido es protegiéndolo de la degradación ruminal. Por lo tanto, la metionina protegida es aquella que ha sido formulada mediante el uso de recubrimientos físicos con el fin de protegerla de los microorganismos que se encuentran a nivel del rumen y de este modo ajustar las concentraciones de proteína metabolizable (16).

Metionina protegida en el mercado

La metionina es de gran importancia dentro de la alimentación de bovinos ya que puede mejorar el rendimiento y algunas funciones fisiológicas en el ganado lechero, por lo que hoy en día es posible el suministro de este aminoácido protegido en la formulación de las dietas (17). Por ello el mercado ofrece diversas fuentes de metionina, sin embargo, se pueden dividir en sustratos basados en una matriz lipídica y aquellos ruminalmente protegidos. Los primeros utilizan una fuente de grasa como portadora de metionina, en el mercado son más baratos, sin embargo, tienen un porcentaje de metionina sensible a la liberación y absorción intestinal, por lo cual son más limitadas y la mayoría de los nutricionistas no las recomiendan (18).

Las segundas, conocidas como metioninas verdaderamente protegidas, usan una capsula para evitar su degradación en el rumen por lo que son de mayor absorción. Los productos más conocidos en el mercado mundial son MEPRON (Evonik) y otro producto sensible al pH.

- **Mepron:** basado en la absorción de la capsula protectora y posterior liberación de metionina en el estómago verdadero.
- **Protección sensible al pH:** este producto produce una liberación rápida de metionina por lo que produce un pico muy acusado y breve de metionina en la sangre (OPSpH) (9).
- **Smartamine M:** es un tipo de metionina recubierta con un polímero sensible al pH que protege al aminoácido durante su tránsito a través del rumen,

asegurando así su liberación en el abomaso y su absorción en el intestino delgado (18).

- **MetSmart:** una fuente de metionina de uso adecuado en los procesos de peletización de alimentos balanceados para rumiantes, ofrece una excelente biodisponibilidad y proporciona la metionina necesaria para los microorganismos del rumen (18).

Beneficios

Es importante mencionar el papel de las proteínas en la alta eficiencia de la transformación de amoníaco en proteína microbiana, lo cual permite una disminución en los costos energéticos ya que se minimiza las emisiones de amoníaco, metano y dióxido de carbono provenientes del rumen; de igual mane hay una reducción en la contaminación ambiental (19).

Toledo et al (20) concluye dentro de su estudio experimental que la alimentación con metionina protegida en vacas lecheras de la raza Holstein, hay un aumento en la concentración plasmática de Met y mejora en el rendimiento de la lactancia a través del aumento de la producción de proteína láctea.

Diferencias productivas con el uso de metionina protegida

En la ganadería de leche las terneras y novillas son los reemplazos para producción en las fincas, es de destacar que es importante brindarles un adecuado y estricto nivel nutricional, de forma que los animales puedan alcanzar el primer servicio entre los 14 y 16 meses de edad y de esta manera inicien su ciclo productivo. La etapa de crecimiento de las terneras es trascendental ya que el consumo de materia seca es un elemento fundamental para su desarrollo, por la cantidad de nutrientes aprovechables, este es uno de los parámetros más significativos en un programa de nutrición de tal manera que se puede afectar por variables como la acumulación de energía en la dieta, componentes ambientales y de manejo (21).

En las vacas de alta producción lechera, la lisina (Lys) y la metionina (Met) son identificadas como los primeros aminoácidos fundamentales limitantes de las proteínas metabolizables, en este sentido la producción de leche puede optimizarse con el uso de

dietas equilibradas que protejan la metionina de la degradación ruminal; el nitrógeno (N) es uno de los principales contaminantes en la producción lechera, al no ser utilizado eficientemente por las vacas, genera una mayor excreción de N en desechos como el estiércol en lugar de ser aprovechado en la leche, generando un incremento de contaminación ambiental y disminuyendo la capacidad de respuesta del sistema productivo. En términos de eficiencia y mejora del rendimiento de la lactancia, al estar los aminoácidos protegidos de la degradación ruminal logran aumentar la disponibilidad en los sitios de absorción en el intestino delgado (22).

En algunos estudios en diferentes investigaciones con suministro de metionina protegida de la degradación ruminal se evidencia como la adición de metionina protegida en la dieta de vacas en periodo de lactancia mejoró la producción de leche para todos los casos como se observa en la tabla 1:

Tabla 1. Diferencias encontradas en la producción y composición de la leche en vacas lecheras de la raza Holstein, suplementadas con metionina protegida

| TIPO DE MET PROTEGIDA | DOSIS DE MET (g/día) | DÍAS EN LECHE | PARÁMETROS | EFFECTO DEL USO DE MET* | REFERENCIAS |
|-------------------------|----------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|
| MPR | 30 | 2 a 80 | Producción | + 2,51 | Mélendez (23) |
| | | | Proteína | + 0,1 | |
| | | | Grasa | + 0,21 | |
| MPR | 20 | 56 | Producción | + 0,3 | Fengfei Gu et al (24) |
| | | | Proteína | -0,01 | |
| | | | Grasa | + 0,17 | |
| AMINOSHURE-M® (75% MET) | 15 | 20 | Producción | + 2,3 | Montoya et al (25) |
| | | | Proteína | -0,08 | |
| | | | Grasa | -0,15 | |
| MPR DE ETILCELULOSA | 56 | 1 a 30 | Producción | + 4,1 | Batistel et al (26) |
| | | | Proteína | + 0,19 | |
| | | | Grasa | + 0,17 | |
| MEPRON, (EVONIK) | 10 | 45 | Producción | + 1 | Cardoso et al (27) |
| | | | Proteína | + 0,03 | |
| | | | Grasa | + 0,03 | |

*El efecto del uso de metionina protegida se expresa en kg/día, los datos consignados son la diferencia en la respuesta del uso de metionina protegida y el control. Met:

Metionina. MPR: Metionina protegida ruminalmente. Aminoshure-M®: Fuente comercial de metionina. Smartamine M: Fuente comercial de metionina.

En la tabla 1, se evidencia un aumento en la producción hasta en 4,1 kg /día cuando se suplementa 56 g/día de MPR, sin embargo, es posible inferir que el rendimiento en producción de leche no está completamente influenciado por la cantidad de MPR suplementada, sino que también puede influir factores como lo son el tipo o sustrato de protección de la metionina o los días en leche. En cuanto a la proteína en la leche es posible evidenciar que solo hubo rendimientos positivos cuando se adicionó a la dieta 56, 30 y 10 g/día MPR, el mayor rendimiento fue de + 0,19 kg/día con una adición de 56 g/día MPR.

EL efecto de la suplementación con relación a la grasa en la leche no en todos los casos fue positivo ya que fue negativo cuando se adicionó 15 g/día MPR Aminoshure-M® con un valor de - 0,15 kg /día.

Discusión

En términos de calidad en leche Ramos et al (28), describe una serie de factores de tipo nutricional y no nutricional asociados a este indicador, los cuales pueden verse influenciados no solamente por la composición de las raciones, sino que también interviene la genética (raza) y el periodo de lactancia en el que se encuentre el animal; no obstante aclara que con el manejo nutricional se puede obtener una mejora en la composición de la leche, para el caso de la proteína en vacas de alta producción, el suministro de aminoácidos protegidos, es indispensable para mejorar la producción y la calidad de la leche coincidiendo con lo documentado en la presente revisión.

Estudios previos tanto de revisión como experimentales han evaluado las diferentes respuestas fisiológicas y productivas en vacas lecheras, al incluir una fuente de metionina protegida como suplemento en sus dietas, así mismo han logrado interpretar sus resultados y determinar la importancia que representa su uso dentro de los diferentes sistemas productivos, especializados en lechería; por ello Schwab et al (29) en su artículo de revisión manifiesta que la proteína cuya síntesis se desarrolla en el rumen, aquella que fluye y llega al intestino delgado, resulta en una proteína de

excelente calidad para vacas lecheras presentando como bondades su alta digestibilidad y composición de aminoácidos, hoy en día los avances en modelos o diseños para predecir los requerimientos y aprovechamiento de aminoácidos han venido evolucionando con el fin de garantizar una mayor eficiencia en la síntesis de proteínas microbianas.

Como se mencionó anteriormente ya se han realizado estudios específicos, que reúnen una serie de experimentos basados en el análisis del uso de aminoácidos protegidos en la alimentación de bovinos, por esta razón es de importancia mencionar el artículo publicado por Wei et al (30), el cual tenía por objetivo la evaluación de la influencia de la metionina protegida en el rumen en la producción y composición de la leche de las vacas lecheras, hallando más efectos positivos que negativos al utilizar la metionina protegida como suplemento, ya que mejora los porcentajes de proteína y grasa en la leche, coincidiendo con lo mencionado por Toledo et al (20), quien encontró como respuesta que en vacas de la raza Holstein alimentadas con MPR se mejoró el rendimiento de la lactancia, el cual se ve reflejado en una mayor concentración de proteína en leche (2,95 a 3,07%) en donde se obtuvo una ganancia proteica de + 0,12 y un rendimiento (1,43 a 1,48 kg/d) de +0,05 respectivamente, sin embargo para la concentración y rendimiento de grasa, no hubo diferencia significativa.

Por el contrario, Liang et al (31) en su estudio experimental determinaron que cuando las vacas (Holstein) en lactancia media fueron suplementadas con NALM (*N*-acetil- L - METIONINA) no se hallaron cambios sobre el consumo de materia seca (DMI), el rendimiento de proteína y grasa, la composición de la leche (proteína, grasa, lactosa, TS y MUN), en la eficiencia alimenticia (leche/DMI y ECM/DMI) y cambio en el peso corporal.

Estudios previos, plantean la posibilidad de formular dietas para vacas lecheras mediante el uso o combinación de dos aminoácidos protegidos de la degradación ruminal, como es el caso de metionina + lisina; por ello Elsaadawy et al (32), encontró que, en vacas en alto periodo de ordeño alimentadas con esta combinación, los rendimientos de proteína de la leche respondieron positivamente (1,32 a 1,47 kg) + 0,15, sin embargo expone que el tiempo o periodo denominado como los días en leche influyen sobre el rendimiento de la proteína en la leche. Por eso es fundamental tener

en cuenta este factor a la hora de observar datos relacionados con el uso aminoácidos protegidos en las dietas.

Por otro lado, es importante mencionar que la adición de metionina en la dieta de vacas lecheras no solo tiene efectos sobre la producción y composición de la leche, sino que también puede influir en la respuesta inmune aumentando las funciones antimicrobianas de las células inmunitarias del animal (33).

Conclusiones

La inclusión de metionina protegida en las dietas de vacas lecheras ha permitido desarrollar diversas estrategias que no solo mejoran el bienestar y rendimiento de los animales, sino que también, al cumplir con los requerimientos de metionina hay un incremento en la producción hasta de + 4,1 kg / día.

En términos de proteína como uno de los factores de mayor relevancia en la composición de la leche, cuando se adiciona 56 g / día de MPR de etilcelulosa (dosis más alta en comparación con las otras investigaciones), hay un incremento de 0,19 kg/día, evidenciándose la influencia que tiene la cantidad de metionina suministrada en la dieta y los días en leche.

En vacas raza Holstein en el primer tercio de lactancia suplementadas con MPR, se pudo observar como la adición de este aminoácido para la mayoría de los casos mostro rendimientos positivos en el aumento en la producción y calidad composicional de la leche.

El uso de metionina protegida de la degradación ruminal en la alimentación de vacas lecheras debe ser uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de formular una ración, ya que si se garantiza en cantidades adecuadas mejora la eficiencia y rendimiento productivo de la vaca lechera.

Referencias

1. Peña Torres P, Lara Andrade V A, Baracaldo Valencia H J. Competitividad de la ganadería doble propósito en el municipio de Florencia, Caquetá. 2020. Disponible en: <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1797/1557>
2. Baggerman JO, Thompson AJ, Jennings MA, Hergenreder JE, Rounds W, Smith ZK, et al. Effects of Encapsulated Methionine on Skeletal Muscle Growth and Development and Subsequent Feedlot Performance and Carcass Characteristics in Beef Steers. *Animals*. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani11061627>
3. Olivera-Angel M, Duque-Quintero M, Rosero-Noguera R. Estimation of the balance of metabolizable lysine and methionine for dairy cows. *Revista MVZ Córdoba*. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1461>
4. Abdelmegeid MK, Elolimy AA, Zhou Z, Lopreiato V, McCann JC, Loor JJ. Rumen-protected methionine during the peripartal period in dairy cows and its effects on abundance of major species of ruminal bacteria. *J Anim Sci Biotechnol* [Internet]. 2018 Feb 7 [cited 2022 May 24];9(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29445454/>
5. Industria y comercio, superintendencia. Gobierno de Colombia. Análisis del sector lácteo en Colombia. *Estudios económicos sectoriales*. 2021. Disponible en https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version-publica.pdf

6. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Censos Pecuarios Nacional. 2023. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
7. Duque, M. Efecto de la suplementación de metionina y lisina protegidas sobre el flujo intestinal de aminoácidos, producción de leche y concentración de proteínas de leche. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. 2015. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/3531>
8. Sánchez MA, Murray RS, Montero J, Marchini M, Iglesias R, Saad G. IMPORTANCE OF MILK AND ITS POTENTIAL EFFECTS ON HUMAN HEALTH . Actualización en Nutrición. 2020;21:50–64. Disponible en: http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_21/num_2/RSAN_21_2_50.pdf
9. Cardo, L. Metionina: mucho más que proteína en la leche. Alimentación. Rev 80. Vaca Pinta, n 20; 2020. Disponible en: https://vacapinta.com/media/files/fichero/vp20_alimentacion_metionina_castelan.pdf
10. Elizondo J. Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8113245>
11. Vargas, O. A.; Elizondo, J.A. Respuesta productiva del ganado lechero ante el suministro de metionina sintética. Revisión de literatura. Nutrición Animal Tropical 9(1): 24-38. ISSN: 2215-3527/ 2015. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/18785>

12. Vargas Martínez J de J, Sierra Alarcón AM, Mancipe Muñoz EA, Avellaneda Avellaneda Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. 2018. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072018000200137
13. Antonio B. Productive performance of growing male cattle, supplemented with minerals during the dry season. 2021. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v44/en_2078-8452-pyf-44-eE17.pdf
14. Linn, J. Ph.D. necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen de las normas de NRC. 2011. Disponible en:
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/NRC_vacunos.pdf
15. Martínez Y, Li X, Liu G, Bin P, Yan W, Más D, et al. The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. *Amino Acids* ;49:2091–8. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00726-017-2494-2>
16. Lopes, M. G., Dominguez, J. H. E., Corrêa, M. N., Schmitt, E., & Fischer, G. Rumen-protected methionine in cattle: influences on reproduction, immune response, and productive performance. 2019. Disponible en: Doi: [10.1590/1808-1657001292018](https://doi.org/10.1590/1808-1657001292018)
17. Madeline S Grant, Hannah F Speer, N Daniel Luchini, Dale A Blasi, Evan C Titgemeyer, Effect of supplemental methionine on health and performance of receiving beef heifers, *Translational Animal Science*, Volume 6, Issue 4, October 2022, txac113. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tas/txac113>

18. ADISSEO. Smartamine y Metasmart. Metionina protegida en el mercado. Sf.

Disponible en:

<https://www.adisseo.com/es/productos/smartline/#:~:text=Smartamine%C2%AE%20M%20es%20un,absorci%C3%B3n%20en%20el%20intestino%20delgado.>

19. Galindo-Blanco JL, Rodríguez-García I, González-Ibarra N, García-López R, Herrera-Villafranca M. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. Pastos forrajes. 2018

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400006

20. Toledo Z M, Stangaferro M L, Gennarin S R, Giordano O J, Shaver D R, Wiltbank M C. Effects of feeding rumen-protected methionine pre- and postpartum in multiparous Holstein cows: Lactation performance and plasma amino acid concentrations. 2021. Disponible en:

[http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00504-X/fulltext#seccestitle30](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00504-X/fulltext#seccestitle30)

21. Elizondo-Salazar J A, Monge-Rojas C R. CONSUMO DE ALIMENTO BALANCEADO EN REEMPLAZOS DE LECHERÍA DESDE EL NACIMIENTO.2019. Disponible en:

https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HR-5_VxjqwkJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8113234.pdf&cd=32&hl=es-419&ct=clnk&gl=co

22. Amaro FX, Kim D, Restelatto R, Carvalho P, Arriola K, Duvalsaint EJC, et al. Lactational performance of dairy cows in response to supplementing N-acetyl-l-methionine as source of rumen-protected methionine. 2022. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030221010778>
23. Melendez P, Möller J, Arevalo A, Pinedo P. The effect of rumen-protected lysine and methionine on milk yield, milk components, and body weight in grazing Holstein cows during spring calving season in the southern hemisphere. *Livest Sci*. 2023 Jun;272:105230. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105230>
24. Gu F, Liang S, Zhu S, Liu J, Sun HZ. Multi-omics revealed the effects of rumen-protected methionine on the nutrient profile of milk in dairy cows. *Food Research International*. 2021 Nov;149:110682. Disponible en: [Multiómicas revelaron los efectos de la metionina protegida del rumen en el perfil nutricional de la leche en vacas lecheras - ScienceDirect \(basededatosezproxy.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096399682100682)
25. Alejandro Montoya Aguirre, J., Jairo Correa Cardona, H., & Darío Galvis Góez, R. (2015). Effect of choline and methionine protected on intake, Lipid Mobilization, Production and composition of milk in Holstein Cows Artículo original. *Rev CES Med Zootec*, 10(2), 179–192. Disponible en: [v10n2a10.pdf \(scielo.org.co\)](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105230)
26. Batistel F, Arroyo JM, Bellingeri A, Wang L, Saremi B, Parys C, et al. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*

- [Internet]. 2017 Sep [cited 2023 Apr 23];100(9):7455–67. Disponible en:
<http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022030217306689/fulltext>
27. Cardoso FF, Donkin SS, Pereira MN, Pereira RAN, Peconick AP, Santos JP, et al. Effect of protein level and methionine supplementation on dairy cows during the transition period. *J Dairy Sci.* 2021 May;104(5):5467–78. Disponible en:
[https://www.sciencedirect-com.uncundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S002203022100237X](https://www.sciencedirect.com.uncundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S002203022100237X)
28. Ramos, R, Pabón, M y Carulla, J. (1998). Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Disponible en:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/74610>
29. Schwab CG, Broderick GA. A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017;100(12). Disponible en:
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>
30. Wei C, He T, Wan X, Liu S, Dong Y, Qu Y. Meta-Analysis of Rumen-Protected Methionine in Milk Production and Composition of Dairy Cows. *Animals.* 2022 Jun 1;12(12). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani12121505>
31. S.L. Liang, Z.H. Wei, J.J. Wu, X.L. Dong, J.X. Liu, D.M. Wang, Effect of N-acetyl-L-methionine supplementation on lactation performance and plasma variables in mid-lactating dairy cows. 2019; 102 (6) :5182-5190. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219302802#tbl2>

32. Elsaadawy SA, Wu Z, Bu D. Feasibility of Supplying Ruminally Protected Lysine and Methionine to Periparturient Dairy Cows on the Efficiency of Subsequent Lactation. *Front Vet Sci.* 2022 Jun 14;9. Disponible en:

<https://doi.org/10.3389/fvets.2022.892709>

33. Vailati-Riboni M, Zhou Z, Jacometo CB, Minuti A, Trevisi E, Luchini DN, et al. Supplementation with rumen-protected methionine or choline during the transition period influences whole-blood immune response in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.* 2017 May;100(5):3958–68. Disponible en:

<https://www.sciencedirect->

[com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030217302412?via%3Dihub](https://www.sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030217302412?via%3Dihub)