









NÚMERO ESPECIAL II

**SISTEMAS
PECUARIOS Y
AGRÍCOLAS EN
MÉXICO**



Efecto de la concentración de proteína y nitrógeno ureico sobre el rendimiento de proteína de la leche

Effect of protein and ureic nitrogen concentration on milk protein yield

Alejandra Govea-Luciano¹ ,
Armando Gómez-Vázquez^{1*} ,
Juan Manuel Pinos-Rodríguez² ,
José Manuel Lorenzo-Rodríguez³ ,
Ricardo Martínez Martínez⁴ ,
Adelaido Rafael Rojas García⁵ 

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, CP. 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Ángel de Quevedo s/n esq. Yáñez, Col. Unidad Veracruzana, CP. 91710. Veracruz, México.

³Centro Tecnológico de la Carne de Galicia, Rúa Galicia Nº 4, Parque Tecnológico de Galicia, San Cibrao das Viñas, 32900 Ourense, Spain. Área de Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ciencias de Ourense, Universidad de Vigo, 32004 Ourense, Spain.

⁴Universidad de Guadalajara-Centro. Universitario de la Costa Sur Autlán de Navarro. Avenida Independencia Nacional 151, Centro, CP. 48900. Jalisco, México.

⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional km 197. CP. 41940. Guerrero, México.

*Autor de correspondencia:
nutriag181@gmail.com,
agvazquez723@gmail.com

Nota científica

Recibido: 25 de febrero 2021

Aceptado: 27 de octubre 2021

Como citar: Govea-Luciano A, Gómez-Vázquez A, Pinos-Rodríguez JM, Lorenzo-Rodríguez JM, Martínez Martínez R, Rojas García AR (2021) Efecto de la concentración de proteína y nitrógeno ureico sobre el rendimiento de proteína de la leche. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. II: e2888. DOI: 10.19136/era.a8nII.2888

RESUMEN. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del nivel de producción sobre las concentraciones de proteína (%) y nitrógeno ureico en leche (mg dL⁻¹), sobre el rendimiento de proteína de la leche (kg día⁻¹) en vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*. Treinta vacas fueron asignadas de acuerdo con el nivel de producción diaria de leche: bajo (5.0 ± 1.4 kg), medio (7.5 ± 1.0 kg) y alto (10.0 ± 1.4 kg). La concentración de proteína de la leche disminuyó linealmente (p < 0.05) al aumentar el nivel de producción. Contrariamente, el rendimiento de proteína de la leche (kg día⁻¹) aumentó linealmente (p < 0.05) a medida que aumentó el nivel de producción. La concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL) disminuyó cuadráticamente (p < 0.05) al aumentar el nivel de producción. Las concentraciones de proteína y NUL de vaca están asociadas negativamente con los niveles de producción.

Palabras clave: *Bos taurus* x *Bos indicus*, producción de leche, trastornos alimenticios, trópico húmedo, vacas multíparas.

ABSTRACT. We aimed to determine the effect of production level (low, medium and high) on milk protein (%), urea nitrogen concentrations (mg dL⁻¹), and milk protein yield of dual-purpose cows (*Bos taurus* x *Bos indicus*). We allocated 30 multiparous cows to the following groups by daily milk production level: low (5.0 ± 1.4 kg), medium (7.5 ± 1.0 kg), and high (10.0 ± 1.4 kg). Urea nitrogen did not correlate with milk protein concentrations. Milk protein concentration decreased linearly (p < 0.05) as production level increased. Conversely, milk protein yield (kg day⁻¹) increased linearly (p < 0.05) with production level. Milk urea nitrogen concentrations decreased quadratically (p < 0.05) as production level increased. Low-producing cows had the highest average urea nitrogen concentration. Medium- and high-producing cows had similarly low urea nitrogen concentrations (p > 0.05). Protein and nitrogen concentrations in dual-purpose cow milk are negatively associated with production levels.

Key words: *Bos taurus* x *Bos indicus*, milk production, feeding disorders, humid tropic, multiparous cows.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche y carne en el trópico húmedo se basa principalmente en el pastoreo y en las épocas de lluvias y seca son escasos y de baja calidad (Gómez-Vázquez *et al.* 2003). Estos factores explican la importancia de complementar al ganado con fuentes adecuadas de proteína y energía. Con niveles adecuados de proteína y energía, se logra buen rendimiento y producción, por lo que, durante las últimas dos décadas, se han realizado investigaciones para establecer estos niveles y conocer el estado nutricional del ganado (Pardo *et al.* 2008). Las concentraciones del nitrógeno ureico y proteína de la leche se han considerado como indicadores del estado nutricional y de posibles trastornos alimentarios en el ganado lechero (Butler 2000, Arunvipas *et al.* 2003, Miyaji y Nonaka 2018). Según Atashi y Miel (2021) las concentraciones del nitrógeno ureico en la leche reflejan la eficiencia de la síntesis proteínica y proporciona información a los productores de leche sobre el equilibrio entre la proteína cruda y la energía de la dieta (Nousiainen *et al.* 2004, Spek *et al.* 2013). Por lo que el factor principal que afecta el nitrógeno ureico en la leche es la cantidad de proteína en la dieta, sin embargo, factores como la ingesta de agua, el tiempo de alimentación en relación con el tiempo de ordeña, la etapa de lactancia, la genética, la frecuencia de ordeño, la salud del rumen, la función hepática puede afectar el nitrógeno ureico en la leche (Eicher *et al.* 1999, Arunvipas *et al.* 2003, Atashi y Miel 2021). Por otra parte, la demanda de nutrientes puede ser variable de acuerdo con el peso vivo, nivel de producción y etapa de lactancia, por lo cual es importante el consumo adecuado de proteína y energía para una producción óptima (NRC 2001, Bargo *et al.* 2002, Atashi y Miel 2021). La suplementación de energía y proteína aumenta la producción, así como la concentración de grasa y proteína de la leche en el primer tercio (Brun-Laffleur *et al.* 2010, Aghaziarati *et al.* 2011), y por otra parte aumenta la concentración de nitrógeno ureico de la leche, en los dos últimos tercios de la lactancia.

Por lo tanto, según Barros *et al.* (2019), la determinación del nitrógeno ureico de la leche se ha convertido en una herramienta para asegurar el nivel adecuado de proteína en la ración y para determinar la eficiencia en la utilización del nitrógeno para producción de leche. Sin embargo, la eficiencia en la utilización máxima del nitrógeno se lleva a cabo cuando se combinan altos niveles de energía con bajos niveles de proteína en la dieta (Rius *et al.* 2010). Por otra parte, los excesos de amoníaco ruminal y de urea en leche indican un desequilibrio de proteína y energía, lo que a su vez aumenta las necesidades energéticas. Es decir, una alta concentración de proteínas en la dieta aumenta la concentración de nitrógeno ureico de la leche (Wattiaux y Karg, 2004). En países de ingresos altos, se ha encontrado que además de la ingesta de alimento y la composición de la dieta, otros factores, están relacionados con las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche. Dichos factores son tiempo de muestreo de las vacas, método de análisis, peso corporal, parición y producción de leche (Rajala-Schultz y Saville 2003). Sin embargo, en países de bajos ingresos, hay escasez de información sobre las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche y los factores que los afectan. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del nivel de producción (bajo, alto y medio) sobre la concentración de proteína (%) y nitrógeno ureico de la leche (mg dL^{-1}) y sobre el rendimiento de proteína de la leche (kg día^{-1}) en vacas de doble propósito (*Bos taurus* x *Bos indicus*) mantenidas en el trópico húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó en la Ranchería Santa Teresa, perteneciente al municipio de Cárdenas, Tabasco, con latitud norte $17^{\circ} 59' 22''$ y longitud oeste $99^{\circ} 24' 19''$, altitud de 20 msnm, clima Am (f) (i) gw", que corresponde a un clima cálido húmedo con lluvias en verano, medias anuales promedio de temperatura de 26.2°C , precipitación de 1868 mm y humedad relativa de 80% (García 2004).

Tratamientos y manejo de animales

Se asignaron treinta vacas multíparas de doble propósito (*Bos taurus* x *Bos indicus*) por nivel de producción diaria de leche o tratamientos: bajo (5 ± 1.4 kg), medio (7.5 ± 1.0 kg) y alto (10.0 ± 1.4 kg). Las vacas se mantuvieron en corrales individuales con libre acceso a premezcla mineral, agua y ensilado de maíz, se suplementaron con concentrado y tuvieron acceso a un sistema de pastoreo rotativo nocturno (pasto estrella). Las vacas con producción de leche de 5.0, 7.5 y 10 kg fueron suplementadas con 1.5, 2 y 3 kg de concentrado, respectivamente al 16% de proteína cruda.

El secado de las vacas se efectuó en forma intermitente y se suspendió el suministro de concentrado. Para el manejo sanitario se realizaron baños garrapaticidas por aspersión cada 15 días y la vacunación contra derriengue se realizó durante el periodo de lluvias, además se les aplicó sulfato de cobre al 5% para prevenir la incidencia de garrarro.

Variables

Las vacas se ordeñaron dos veces al día, por la mañana y al final de la tarde. Los niveles de nitrógeno ureico y de proteína de la leche se determinaron utilizando un Milko Tester Minor 1841 (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca). Se midió y registró la producción por ordeña en hojas de registro semanales.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando SAS (2011), donde los niveles de producción de leche se consideraron como tratamientos. Las vacas se consideraron aleatorias en el modelo. La relación entre las concentraciones de nitrógeno ureico y proteína de la leche se obtuvo mediante regresión cuadrática (SAS 2011). Las diferencias entre tratamientos se consideraron significativas a $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo correlación entre la concentración de nitrógeno ureico y concentración de proteína de la

leche, lo que coincide con lo reportado por Rajala-Schultz y Saville (2003), quienes observaron que no existe correlación entre estos dos parámetros. La concentración de proteína de la leche disminuyó linealmente ($p < 0.05$) a medida que aumentaba el nivel de producción (Figura 1). Por el contrario, el rendimiento de proteína de la leche (kg día^{-1}) aumentó linealmente ($p < 0.05$) a medida que aumentaba el nivel de producción (Figura 2). Lo que explica que la reducción de la concentración de proteína de la leche en vacas de mayor producción, puede deberse a un efecto de dilución.

La concentración de nitrógeno ureico de la leche, disminuyó cuadráticamente ($p < 0.05$) al aumentar el nivel de producción (Figura 3), por lo tanto, la concentración más alta de esta variable se encontró en vacas con baja producción. Las vacas con producción media y alta tuvieron concentraciones similares de concentración de nitrógeno ureico de la leche: en promedio 12.45 mg dL^{-1} , el cual se aproxima a los valores reportados en vacas lecheras (11.3 y 12.04 mg dL^{-1}) por otros autores (Rajala-Schultz y Saville 2003, Wattiaux y Karg 2004).

El desequilibrio en la alimentación de proteínas y de energía puede conducir a un exceso de proteína en el rumen, ya que el nitrógeno de la proteína que no es utilizada por los microorganismos del rumen se convierte en amoníaco, lo que conduce a desequilibrios como: El amoníaco se difunde a través de la pared del rumen hacia la sangre, el cual va al hígado y se convierte en urea (García-Nuñez et al. 2013, Kananub et al. 2018). Posteriormente, la urea circula en la sangre y se elimina a través de tres vías. 1) reciclado por medio de la saliva, 2) secretado a través de la leche y 3) es excretado vía orina. Las causas de urea alta, permite un cambio en el pH uterino, y esto es tóxico para los espermatozoides lo que conduce a óvulos y embriones de baja fertilidad (Kananub et al. 2018). Por lo tanto los altos niveles de proteína en la dieta generan más amoníaco disponible en el rumen, lo que puede aumentar las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche (Jonker et al. 1998). Godden et al. (2001a) observaron una alta correlación positiva pero no lineal entre la concentración del nitrógeno ureico de la leche

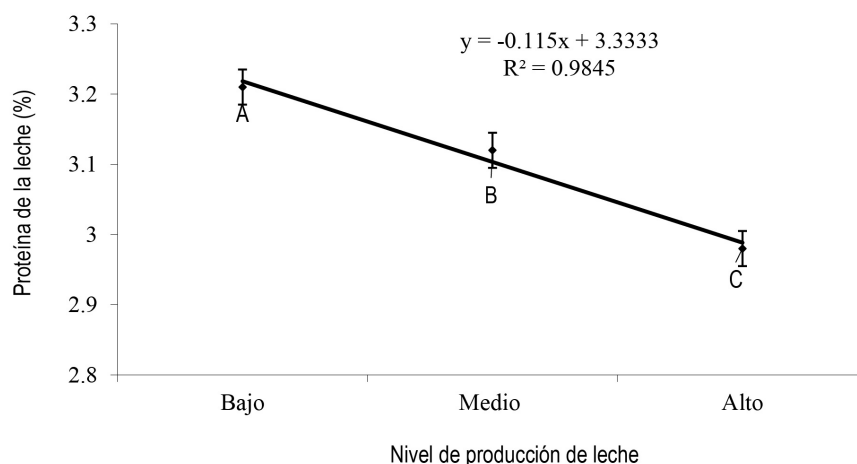


Figura 1. Concentración de proteína de la leche de vacas de doble propósito de bajo, medio y alto nivel de producción, bajo = 5 ± 1.4 kg; medio = 7.5 ± 1.0 kg; alto = 10.0 ± 1.4 kg.

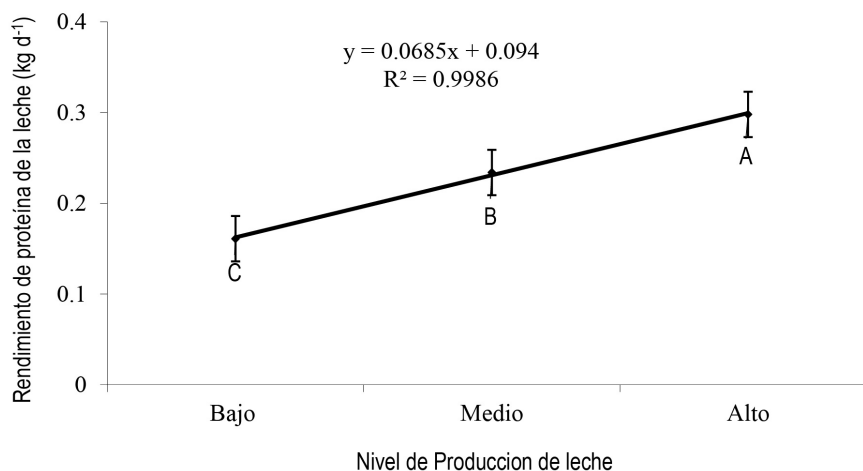


Figura 2. Rendimiento de proteína de la leche (kg d^{-1}) en vacas de doble propósito de bajo, medio y alto nivel de producción, bajo = 5 ± 1.4 kg; medio = 7.5 ± 1.0 kg; alto = 10.0 ± 1.4 kg.

y la producción y sugirieron que este resultado se debe al uso de dietas elevadas en proteína para vacas altamente productoras. Por otro lado, Pardo *et al.* (2008) indicaron que las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche por debajo de 10 mg dL^{-1} podrían estar asociadas con deficiencia de proteínas en la dieta de las vacas de doble propósito. Usando estos enfoques, las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche encontradas en este estudio indican que están en niveles óptimos en asociación con el nivel de producción de vacas de doble propósito. Las concentraciones elevadas de nitrógeno ureico de

la leche en vacas de alta producción, en general, se encuentran asociadas con niveles más altos de proteína en las dietas en comparación con lo que podría esperarse en las vacas de baja producción (Rajala-Schultz y Saville 2003). En este experimento se encontró que, una mayor producción correspondió con una menor concentración de nitrógeno ureico de la leche. Godden *et al.* (2001a) demostraron que los hatos con altas concentraciones de nitrógeno ureico de la leche tenían una fuerte tendencia a tener menores rendimientos de leche. Estos hallazgos sugieren que las vacas pueden ser alimentadas para

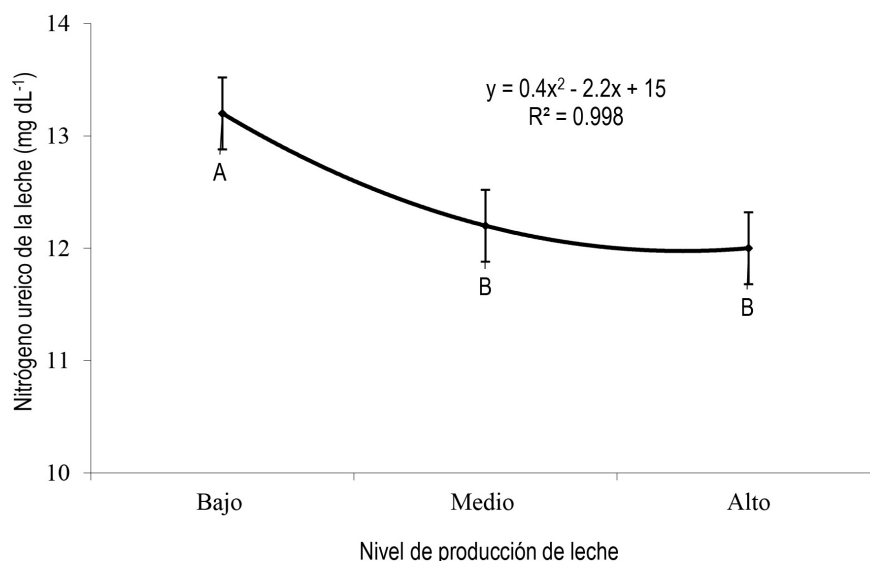


Figura 3. Concentración de nitrógeno ureico de la leche en vacas de doble propósito de bajo, medio y alto nivel de producción, bajo = 5 ± 1.4 kg; medio = 7.5 ± 1.0 kg; alto = 10.0 ± 1.4 kg.

lograr alta producción sin necesariamente tener altas concentraciones de nitrógeno ureico de la leche.

Diversos estudios mencionan que concentraciones altas (Jonker *et al.* 1998, Godden *et al.* 2001b) y bajas (Godden *et al.* 2001b) de nitrógeno ureico de la leche pueden indicar algún tipo de problema en los hatos de ganado lechero como: Los valores altos de nitrógeno ureico de la leche pueden ser un signo de exceso de proteína degradable en rumen (PDR) y posiblemente un exceso de proteína no degradable en el rumen (PNDR), así como un aumento en la proteína cruda (PC) de la dieta, los valores bajos de nitrógeno ureico de la leche pueden ser un signo de deficiencia de PC de la dieta, cantidades limitadas de PDR y PNDR en la dieta o alta tasa de fermentación en el rumen de carbohidratos no estructurales (Godden *et al.* 2001b). Según Meyer *et al.* (2006), una posible explicación del aumento en las concentraciones de nitrógeno ureico de la leche,

con respecto al aumento en la producción, podría ser el hecho de que el nutriente más limitante para las vacas de alta producción es la energía. Por tanto, para obtener el aporte energético requerido, el animal aumentaría su consumo de proteína. Por otro lado, Eicher *et al.* (1999) no encontraron correlación entre la producción de urea y el volumen de leche, mientras que Trevaskis y Fulkerson (1999) observaron que la producción en vacas en pastoreo se asoció negativamente con la concentración de urea de la leche.

Se concluye que la dieta no contenía exceso de proteína, por lo que la concentración de nitrógeno ureico de la leche en vacas de doble propósito fue mayor cuando el nivel de producción fue bajo. Por lo tanto, las concentraciones de nitrógeno ureico y proteína de la leche resultaron asociadas negativamente con los niveles de producción. Además, el rendimiento de proteína de la leche aumentó al aumentar el nivel de producción.

LITERATURA CITADA

- Aghaziarati N, Amanlou H, Zahmatkesh D, Mahjoubi E, Yazdi MH (2011) Enriched dietary energy and protein with more frequent milking offers early lactation cows a greater productive potential. *Livestock Science* 136: 108-113.
- Arunvipas P, Dohoo IR, VanLeeuwen JA, Keefe GP (2003) The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 59: 83-93.

DOI: 10.1016/s0167-5877(03)00061-8.

- Atashi H, Miel H (2021) Genetic parameters for milk urea and its relationship with milk yield and compositions in Holstein dairy cows. *Plos ONE* 16: 1-10. DOI: 10.1371/journal.pone.0253191.
- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW (2002) Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science* 85: 1777-1792. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5.
- Barros T, Reed KF, Olmos Colmenero JJ, Wattiaux MA (2019) Milk urea nitrogen as a predictor of urinary nitrogen and urea nitrogen excretions of late lactation dairy cows fed nitrogen-limiting diets. *Journal of Dairy Science* 102: 1601-1607. DOI: 10.3168/jds.2018-14551.
- Brun-Lafleur L, Delaby L, Husson F, Faverdin P (2010) Predicting energy x protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 4128-4143. DOI: 10.3168/jds.2009-2669.
- Butler WR (2000) Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60-61: 449-457. DOI: 10.1016/s0378-4320(00)00076-2.
- Eicher R, Bouchard E, Bigrass-Poulin M (1999) Factors affecting milk urea nitrogen and protein concentrations in Quebec dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 39: 53-63. DOI: 10.1016/s0167-5877(98)00139-1.
- Eicher R, Bouchard E, Tremblay A (1999) Cow level sampling factors affecting analysis and interpretation of milk urea concentrations in 2 dairy herds. *Canadian Veterinary Journal* 40: 487-492. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1539750/>.
- García E (2004) *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen* 4ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217 p.
- García-Nuñez JG, Lopez-Villalobos N, Burke JL, Sandbrook T, Vazquez-Pelaez CG (2013) Spatial time correlation between milk urea with milk components and somatic cell score of bulk milk samples from farms supplying milk for cheese and milk powder manufacturing. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production* 73: 108-113.
- Godden SM, Lissemore KD, Kelton DF, Leslie KE, Walton JS, Lumsden JH (2001a) Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84: 107-114. http://remugants.cat/2/upload/llet_urea_llet_factors_associats_jdsc_2001.pdf.
- Godden SM, Lissemore KD, Kelton DF, Leslie KE, Walton JS, Lumsden JH (2001b) Relationships between milk urea concentrations and nutritional management, production, and economic variables in Ontario dairy herds. *Journal of Dairy Science* 84: 1128-1139. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74573-0.
- Gómez-Vázquez A, Pérez PJ, Mendoza MGD, Aranda IE, Hernández GA (2003) Fibrolytic exogenous enzymes improve performance in steers fed sugar cane and stargrass. *Livestock Production Science* 82: 249-254.
- Jonker JS, Kohn RA, Erdman RA (1998) Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2681-2692. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75825-4.
- Kananub S, Jawjoroensri W, VanLeeuwen J, Stryhn H, Arunvipas P (2018) Exploring factors associated with bulk tank milk urea nitrogen in Central Thailand. *Veterinary World* 11: 642-648. DOI: 10.14202/vetworld.2018.642-648.
- Meyer PM, Machado PF, Coldebella A, Cassoli LD, Coelho KO, Mazza RPH (2006) Fatores não-nutricionais e concentração de nitrogênio uréico no leite de vacas da raça holandesa. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35: 1114-1121. DOI: 10.1590/S1516-35982006000400024.

- Miyaji M, Nonaka K (2018) Effects of altering total mixed ration conservation method when feeding dry-rolled versus steam-flaked hulled rice on lactation and digestion in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101: 1-10. DOI: 10.3168/jds.2017-13802.
- Nousiainen J, Shingfield K, Huhtanen P (2004) Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science* 87: 386-98. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1.
- NRC (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council Seventh Revised. Edition 2001, Washington, DC. (Ed). National Academy Press. Washington, USA. 381p. DOI: 10.17226/9791.
- Pardo O, Carulla JE, Hess HD (2008) Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 21: 387-397. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023540008.pdf>.
- Rajala-Schultz PJ, Saville V (2003) Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. *Journal of Dairy Science* 86: 1653-1661. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73751-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73751-5/pdf).
- Rius AG, McGilliard ML, Umberger CA, Hanigan MD (2010) Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 93: 2034-2043. DOI: 10.3168/jds.2008-1777.
- SAS Institute, Inc (2011) Statistical Analysis Software (SAS/STAT). Version 9.33 Ed. Cary NC. USA. 528p.
- Spek J, Dijkstra J, Van Duinkerken G, Bannink AA (2013) A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science* 151: 407-23. DOI: 10.1017/S0021859612000561.
- Trevaskis LM, Fulkerson WJ (1999) The relationship between various animal and management factors and milk urea, and its association with reproductive performance of dairy cows grazing pasture. *Livestock Production Science* 57: 255-265. DOI: 10.1016/S0301-6226(98)00174-2.
- Wattiaux MA, Karg KL (2004) Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: I. Lactational response and milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science* 87: 3480-3491. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73483-9.