

EFFECTO DEL GLUTAMATO MONOSÓDICO SOBRE LA GANANCIA DE PESO EN OVEJAS: UN ESTUDIO EXPERIMENTAL^a

EFFECT OF MONOSODIUM GLUTAMATE ON WEIGHT GAIN IN EWES: AN EXPERIMENTAL STUDY

Lona-Guzmán, M.I.¹; Maki-Díaz, G.²; Gutiérrez-Chávez, A.J.¹; Hernández-Marín, J.A.^{1*}

¹*Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Irapuato-Silao km 9, Col. Ex-Hacienda del Copal, Irapuato, Guanajuato, México, C.P. 36824.*

²*Departamento de Arte y Empresa, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Carretera Salamanca - Valle de Santiago Km. 3.5+1.8; Comunidad de Palo Blanco; Salamanca, Guanajuato, México, C.P. 36885.*

*E-mail: jahmarin@ugto.mx

Fecha de envío: 20, junio, 2025

Fecha de publicación: 10, diciembre, 2025

Resumen:

El glutamato monosódico (GMS) conocido como potenciador del sabor, tiene efectos fisiológicos que podrían influir en la ganancia de peso en pequeños rumiantes, aunque los mecanismos no están completamente establecidos, su efectividad varía según el contexto nutricional y fisiológico del animal, ya que puede aumentar el consumo voluntario de materia seca, particularmente en dietas con bajo atractivo organoléptico, lo cual es crítico en fases de crecimiento o engorda en pequeños rumiantes. Con el objetivo de evaluar la suplementación durante ocho semanas con GMS y su respuesta en el comportamiento del peso vivo (PV), se utilizaron 15 ovejas de pelo con 1.93 ± 0.88 años y 39.13 ± 7.45 kg de PV, las cuales se asignaron al azar a uno de tres tratamientos (T): T1, n=5: ovejas sin GMS en la dieta base (Testigo); T2, n=5: ovejas con 500 mg de GMS en la dieta por kg^{-1} de PV; y T3, n=5: ovejas con 1000 mg de GMS en la dieta por kg^{-1} de PV. La cantidad total de GMS se adicionó y se mezcló con la dieta base (avena 20%, rastrojo molido de maíz 55%, y alimento comercial 25%; Ovinos-Ganador Plus; Registro SADER A-0544-474). El PV se registró semanalmente durante ocho semanas. Se utilizó un diseño completamente al azar y los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de medidas repetidas. Para contrastar las medias entre tratamientos se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. El PV de las ovejas suplementadas con GMS fue similar entre tratamientos ($p > 0.05$) y durante toda la fase de estudio para cada uno de los tratamientos ($p > 0.05$). Bajo las condiciones del presente estudio, suplementar la dieta con glutamato monosódico no afecta el comportamiento del peso vivo en ovejas de pelo.

Palabras clave: Ovinocultura, suplementación, aminoácidos, nutrición animal, comportamiento de peso.

^aProyecto de investigación del programa de Estímulos Institucionales de Comunidad Universitaria, Investigación y Vinculación para el periodo enero-junio 2025 de la Universidad de Guanajuato.

Abstract:

Monosodium glutamate (MSG), known as a flavor enhancer, has physiological effects that could influence weight gain in small ruminants, although the mechanisms are not fully established, its effectiveness varies depending on the nutritional and physiological context of the animal, since it can increase the voluntary intake of dry matter, particularly in diets with low organoleptic appeal, which is critical in growth or fattening phases in small ruminants. In order to evaluate the supplementation for eight weeks with MSG and its response in the behavior of live weight (LW), 15 hair ewes with 1.93 ± 0.88 years and 39.13 ± 7.45 kg of LW were used, which were randomly assigned to one of three treatments (T): T1, n = 5: ewes without MSG in the basal diet (Control); T2, n = 5: ewes with 500 mg of MSG in the diet per kg^{-1} of LW; and T3, n=5: ewes with 1000 mg of MSG in the diet per kg^{-1} of LW. The total amount of MSG was added and mixed with the basal diet (oats 20%, ground corn stover 55%, and commercial feed 25%; Ovinos-Ganador, Plus; SADER Registry A-0544-474). LW was recorded weekly for eight weeks. A completely randomized design was used, and data were analyzed using a repeated measures analysis of variance. Tukey's multiple comparisons test was used to compare means between treatments with a significance level of $\alpha = 0.05$. The LW of ewes supplemented with MSG was similar between treatments ($p > 0.05$) and throughout the study phase for each of the treatments ($p > 0.05$). Under the conditions of the present study, supplementing the diet with monosodium glutamate does not affect live weight performance in hair ewes.

Keywords: Sheep farming, supplementation, amino acids, animal nutrition, weight performance.

INTRODUCCIÓN

La producción ovina desempeña un papel fundamental en la economía agropecuaria de muchas regiones del mundo, proporcionando carne, lana y otros subproductos de gran valor comercial. La producción de ovinos carne en México tiene una demanda del 40%, muchas veces los sistemas para el crecimiento de animales jóvenes para engorda son lentos y poco eficientes. Sin embargo, la eficiencia productiva de los sistemas ovinos sigue siendo un desafío para los productores, quienes buscan optimizar el crecimiento y desarrollo de los animales mediante estrategias de alimentación más efectivas y rentables (Sañudo et al., 2013). La ganancia de peso es uno de los parámetros clave en la evaluación del rendimiento animal, ya que está directamente relacionada con la conversión alimenticia, la calidad de la canal y la rentabilidad de la producción (Foroughbakhch et al., 2015).

En este contexto, el uso de aditivos nutricionales ha ganado interés como una herramienta para mejorar el desempeño productivo de los rumiantes. Entre estos

aditivos, el glutamato monosódico (GMS) ha sido ampliamente utilizado en la industria alimentaria humana como un potenciador del sabor. Recientemente, se ha sugerido que el GMS podría tener un impacto positivo en el metabolismo de los rumiantes, al modular la digestibilidad y la absorción de nutrientes esenciales, como los aminoácidos y proteínas (Álvarez-Rodríguez et al., 2012; Zhang et al., 2020). En rumiantes, la fermentación microbiana en el rumen transforma los compuestos nitrogenados en aminoácidos esenciales para el crecimiento, y el glutamato podría contribuir a mejorar este proceso mediante su acción sobre la microbiota ruminal (Tadele & Amha, 2021).

El glutamato es un aminoácido no esencial que desempeña un papel fundamental en diversas funciones fisiológicas y metabólicas en los mamíferos. Estudios han demostrado que el glutamato es un precursor clave en la síntesis de otros aminoácidos y participa en la regulación del metabolismo energético, lo que podría influir en la eficiencia alimenticia y la ganancia de peso en animales de producción (Rezaei et al., 2013). El glutamato tiene funciones importantes en el metabolismo celular, participando en el ciclo de Krebs como intermediario energético, y como precursor de otros aminoácidos y neurotransmisores (Li et al., 2009). Esto sugiere que su suplementación podría tener beneficios no solo a nivel de comportamiento alimentario, sino también en la eficiencia metabólica general del animal.

A pesar de estos antecedentes, los estudios sobre el efecto del GMS en la producción ovina son aún limitados y en algunos casos han reportado resultados contradictorios. Algunos investigadores han encontrado que la suplementación con GMS puede mejorar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en rumiantes, mientras que otros no han hallado diferencias significativas en comparación con dietas convencionales sin este aditivo (Pinos-Rodríguez et al., 2008; Wu, 2013).

Estas discrepancias pueden deberse a diferencias en las dosis administradas, el tipo de dieta base utilizada, el estado fisiológico de los animales y las condiciones ambientales de cada estudio. Dado que la optimización de la alimentación es un factor determinante en la sostenibilidad de la producción ovina, es necesario realizar investigaciones más detalladas para evaluar la efectividad del GMS como un suplemento potencial en la dieta de los ovinos. En este sentido, la aplicación de modelos estadísticos de estimación de ganancia de peso puede proporcionar

información valiosa sobre la influencia del GMS en el rendimiento animal, permitiendo ajustar estrategias nutricionales basadas en evidencia científica. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la suplementación con glutamato monosódico y su respuesta en el comportamiento del peso vivo en ovejas de pelo durante ocho semanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 10 de marzo al 02 de mayo de 2025 en la Posta Zootécnica de la División de Ciencias de la Vida, de la Universidad de Guanajuato, en el municipio de Irapuato, Guanajuato. Irapuato se localiza en la región centro de Guanajuato con coordenadas 100° 0.91' longitud oeste y 20° 30.9' de latitud norte, con límites territoriales que colindan al norte con los municipios de Guanajuato y Silao, al este con el municipio de Salamanca, al oeste con los municipios de Romita y Abasolo y al sur con los municipios de Abasolo y Pueblo Nuevo. El clima de Irapuato debido a su altitud es semiárido con lluvias en verano con promedio de temperatura máxima de 29.1° C y mínima anual de 13° C, con precipitación pluvial media anual de 716 mm.

El estudio se realizó con 15 ovejas de pelo de las razas Blackbelly y Katahdin, con edad de 1.93 ± 0.88 años y 39.13 ± 7.45 kg de peso vivo (PV). Todas las ovejas se encontraron clínicamente sanas previo a la fase experimental, las cuales se asignaron al azar a uno de tres tratamientos (T): T1, n=5: ovejas sin GMS en la dieta base (Testigo); T2, n=5: ovejas con 500 mg de GMS en la dieta por kg^{-1} de PV; y T3, n=5: ovejas con 1000 mg de GMS en la dieta por kg^{-1} de PV.

La cantidad de GMS a ofrecer fue distinta entre los tratamientos T2 y T3. El GMS se adicionó a la mezcla de la dieta base, y se calculó con base en el promedio total del PV de las ovejas de cada tratamiento para la dosis de 500 mg y 1000 mg por kg de PV, para T2 y T3, respectivamente. Los cambios del peso vivo se registraron en kg y se evaluaron durante ocho semanas con una báscula romana (Modelo BAS-100R; México, 2015). El presente estudio se realizó de acuerdo con los estándares para el uso y cuidado de animales de investigación de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-024-ZOO-1995 y la NOM-051-ZOO-1995 (NOM-024-ZOO-1995; NOM-051-ZOO-1995). Los datos se registraron en una hoja de cálculo

de Excel (Microsoft) y analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc, 2012). Para evaluar el comportamiento del peso vivo se realizó un análisis de varianza (ANOVA); de acuerdo con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

En donde: Y_{ij} = Variable respuesta, μ = media poblacional, τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento, α_j = Efecto del j-ésimo periodo, $\tau\alpha_{ij}$ = Efecto de la interacción, ε_{ij} = Error experimental.

Se empleó un ANOVA de medidas repetidas para determinar el efecto del tratamiento (factor entre sujetos), el efecto del tiempo (factor dentro de sujetos) y la interacción tratamiento \times tiempo sobre la variable dependiente (peso vivo). Para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey con $\alpha = 0.05$ y se realizó entre tratamientos (mismo periodo de tiempo) y dentro de tratamientos (todos los periodos de tiempo). Para contrastar las medias entre tratamientos en cada punto de evaluación, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA no mostraron un efecto significativo del tiempo sobre el peso vivo ($p > 0.05$), lo cual indica que no hubo un incremento general en el peso vivo a lo largo de las ocho semanas. El efecto principal del tratamiento tampoco fue significativo ($p > 0.05$), sugiriendo que no existieron diferencias generales entre los tres tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambio de peso vivo (kg) entre tratamientos en ovejas de pelo suplementadas con diferentes dosis de glutamato monosódico en la dieta durante ocho semanas.

Table 1. Live weight change (kg) between treatments in hair ewes supplemented with different doses of monosodium glutamate in the diet evaluated for eight weeks.

Tratamiento	n	Periodo experimental (Semanas)							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
T1, Testigo	5	38.8a	39.0a	41.8a	41.6a	42.0a	44.0a	44.8a	45.4a
T2, GMS 500 mg	5	40.6a	40.6a	43.8a	44.0a	44.2a	46.4a	48.4a	49.2a
T3, GMS 1000 mg	5	38.0a	39.6a	41.8a	42.6a	41.4a	44.4a	45.6a	47.2a

a: Medias con literal similar en cada fila son iguales ($p > 0.05$; Tukey).

De igual forma, la interacción tratamiento \times tiempo no mostró significancia ($p > 0.05$), lo cual implica que las curvas de peso vivo entre tratamientos fueron similares estadísticamente a lo largo del periodo experimental (Figura 1).

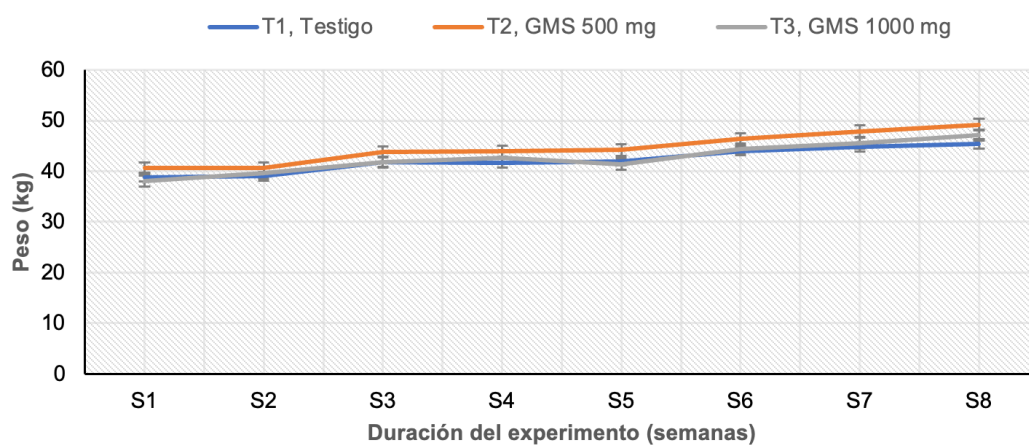


Figura 1. Cambio de peso vivo (kg) por efecto de la interacción *tratamiento x semana* en ovejas de pelo suplementadas con diferentes dosis de glutamato monosódico en la dieta durante ocho semanas.

Figure 1. Live weight change (kg) due to the effect of the treatment \times week interaction in hair ewes supplemented with different doses of monosodium glutamate in the diet for eight weeks.

Las estrategias de alimentación en los animales domésticos están relacionadas con la determinación de la viabilidad económica de los sistemas de producción animal; en donde, por lo general, la baja productividad de los animales se relaciona con el valor nutritivo del forraje durante algunas épocas del año (García et al., 2006), o su escasez en épocas de sequía y la carga parasitaria, reducen la productividad de los ovinos (Torres-Acosta & Hoste, 2008).

Existen factores ambientales como el manejo nutricional, el cual repercute de manera directa en el comportamiento productivo de los animales (Chay-Canul et al., 2016). Así, los requerimientos energéticos de mantenimiento se incrementan, ya que parcialmente la energía es usada para disipar la carga de calor corporal por la activación de diferentes mecanismos compensatorios, ya sean de tipo fisiológico, endocrinológico o metabólico (Macías-Cruz et al., 2013).

La comunicación neuroendocrina se favorece por la acción de compuestos que actúan como neurotransmisores, cuya actividad se incrementa con aminoácidos estimuladores (AAE; Brann & Mahesh, 1995). Los AAE se consideran neurotransmisores del sistema nervioso central (SNC) porque regulan la excitación sináptica dentro del cerebro (Urbanski et al., 1994). La capacidad de las neuronas para sintetizar un neurotransmisor específico depende de la disponibilidad de precursores obtenidos de la dieta. Se consideran algunas moléculas como neurotransmisores que actúan en el SNC y se caracterizan por ser compuestos nitrogenados derivados a partir de proteínas de la dieta (Downing & Scaramuzzi, 1991).

El uso del GMS en diferentes especies animales se ha utilizado para estudiar su efecto sobre los mismos. En terneros recién destetados mejoró la aceptación del iniciador en la dieta. En lechones, se demostró que la ingesta de iniciadores que contenían GMS mejoró la ingesta del alimento en comparación con iniciadores con contenido al 10% de sacarosa (Klay, 1964). En un estudio con corderos se ofrecieron cinco dosis de GMS: 0.0, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5%, y en un grupo adicional con 0.0 y 0.3% de GMS, se observó mayor consumo de alimento de los corderos con 0.3% de GMS, con una diferencia marcada en el consumo de alimento (32.5 y 57.3 kg, respectivamente), lo cual generó mayor ganancia de peso entre los 7 y 95 días de edad (Waldern & Van Dyk, 1970). Henson et al. (1962) utilizaron GMS en alimentos iniciadores, y observaron mayor consumo de alimento en 0.1%, comprobando que no hubo relación positiva, de que, a mayor cantidad de GMS ofrecido, mayor cantidad de alimento consumido, ya que las demás raciones contenían mayor cantidad de GMS, pero el consumo de alimento y los cambios de peso vivo fueron similares.

Este comportamiento coincide con observado en el presente estudio, en el cual las ovejas suplementadas con las dos diferentes dosis de GMS tienden a mantener el comportamiento del peso vivo de manera similar, en comparación con las ovejas del tratamiento testigo. Lo anterior, puede ser debido al efecto que genera el GMS adicionado en la dieta y su función es la degustación de los alimentos para hacerla más placentera mediante la estimulación del gusto umami (Albarracín et al., 2016).

Colucci & Grovum (1993) determinaron los efectos de la suplementación dietética con GMS sobre la ingesta de alimento de ovejas adultas con o sin fístulas esofágicas durante 64 días. La ingesta de paja suelta finamente molida (25 g/30 min) por ovejas con fístulas esofágicas fue mucho menor que la de paja molida y granulada (711 g/30 min). La suplementación dietética con 0.5 al 4% de materia seca (MS) a paja fina y gruesa aumentó la ingesta de alimento de ovejas con fístulas esofágicas en 146 y 164%, respectivamente. De manera similar, la suplementación dietética con 0.5 y 4% de GMS aumentó la ingesta de alfalfa granulada en 16 y 40%, respectivamente (Grovum & Chapman, 1988). En conjunto, estos resultados indican que la ingesta de paja o alfalfa por parte de las ovejas puede mejorarse añadiendo GMS a los pellets o cubos del alimento comercial.

La identificación de aditivos o suplementos con mecanismos neuroestimuladores podría ofrecer nuevas herramientas para el mejoramiento productivo en sistemas de producción ovina, de acuerdo con los principios de sostenibilidad y bienestar animal; mejorando las condiciones controladas de la fase experimental, como aumentar el número de animales experimentales, clasificar por estado fisiológico, edad, peso y, asegurar la disponibilidad de alimento de buena calidad.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio, suplementar la dieta con glutamato monosódico no afecta el comportamiento del peso vivo en ovejas de pelo durante ocho semanas.

Agradecimientos

El primer autor agradece la beca otorgada por el programa de Estímulos Institucionales de Comunidad Universitaria, Investigación y Vinculación para el periodo enero-junio 2025 de la Universidad de Guanajuato.



LITERATURA CITADA

- Albarracín, S. L., Baldeón, M. E., Sangronis, E., Petruschina, A.C., & Reyes, F.G. R. (2016). *L-Glutamato: un aminoácido clave para las funciones sensoriales y metabólicas*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 66 (2), 101-112.
- Álvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., Joy, M., & Delfa, R. (2012). *Efecto del nivel de suplementación sobre la eficiencia productiva en corderos de raza Rasa Aragonesa en pastoreo de praderas de montaña*. *Archivos de Zootecnia*, 61(233), 59-70. <https://doi.org/10.21071/az.v61i233.6992>
- Brann, D. W., & Mahesh, V. B. (1997). Excitatory amino acids: Evidence for a role in the control of reproduction and anterior pituitary hormone secretion. *Endocrine Reviews*. 18 (5): 678-700.
- Chay-Canul, A. J., Magaña-Monforte, J. G., Chizzotti, M. L., Piñeiro-Vázquez, A. T., Canul-Solís, J. R., Ayala-Burgos, A. J., Ku-Vera, J. C., & Tedeschi, L. O. (2016). Requerimientos energéticos de ovinos de pelo en las regiones tropicales de Latinoamérica. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1), 105-125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i1.415>
- Colucci, P. E., & Grovum, W. L. (1993). Factors affecting the voluntary intake of food by sheep. 6. The effect of monosodium glutamate on the palatability of straw diets by sham-fed and normal animals. *British Journal of Nutrition*, 69(1), 37–47. <https://doi.org/10.1079/BJN19930007>.
- Downing, J. A., & Scaramuzzi, R.J. (1991). Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 43: 209-227.
- Foroughbakhch, R., Rocha-Estrada, A., Hernández-Piñero, J. L., & Alvarado-Vázquez, M. (2015). Impacto del manejo nutricional en la ganancia de peso en ovinos de engorda en sistemas semi-intensivos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(4), 543-555.
- García, D., Noda, Y., Medina, M., Martín, G., & Soca, M. (2006). La morera: Una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(1), 55–72. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83710105>
- Grovum, W. L., & Chapman, H. W. (1988). Factors affecting the voluntary intake of food by sheep. 4. The effect of additives representing the primary tastes on sham intakes by oesophageal-fistulated sheep. *British Journal of Nutrition*, 59(1), 63–72. <https://doi.org/10.1079/BJN19880010>
- Henson, J. N., Bogdonoff, P. D., & Trasher, G. W. (1962). Levels of monosodium glutamate in pig starter preference. *Journal of Animal Science*. Recuperado de [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(71\)85822-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(71)85822-8/pdf)

- Klay, R. F. (1964). Monosodium glutamate in pig creep ration. *Journal of Animal Science*. Recuperado de [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(71\)85822-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(71)85822-8/pdf)
- Li, P., Knabe, D. A., Kim, S. W., Lynch, C. J., Hutson, S. M., & Wu, G. (2009). Lactating porcine mammary tissue catabolizes branched-chain amino acids for glutamine and aspartate synthesis. *Journal of Nutrition*, 139(8), 1502–1509. <https://doi.org/10.3945/jn.109.105957>.
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C., & Avendaño-Reyes, L. (2013). Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *Journal of Thermal Biology*, 38(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2012.09.002>
- NORMA Oficial Mexicana. NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995_161095.pdf
- NORMA Oficial Mexicana. NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203479/NOM-051-ZOO-1995_230398.pdf
- Pinos-Rodríguez, J. M., Velázquez, J. C., González, S. S., & Mendoza, G. D. (2008). Uso de aditivos alimenticios en rumiantes: una revisión crítica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(1), 83-89.
- Rezaei, R., Wang, W., Wu, Z., Dai, Z., Wang, J., & Wu, G. (2013). Analysis of metabolite and enzyme profiles in the liver of pigs fed diets supplemented with glutamate and glutamine. *Amino Acids*, 44(2), 405-417. <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1360-8>
- Sañudo, C., Santolaria, M. P., María, G. A., Osorio, M., & Sierra, I. (2013). Influencia de la alimentación y el manejo sobre la calidad de la carne de ovino. *Producción Animal*, 11(3), 203-214.
- SAS, Institute Inc. 2012. SAS user's Guide Statistics, version 9.4 (TS1MO). Cary, N.C. USA.
- Tadele, Y., & Amha, N. (2021). The effect of feed additives on ruminant animal productivity: A review. *International Journal of Livestock Research*, 11(2), 1-17. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20201218080418>
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant*

- Urbanski, H. F., Fahy, M. M., Daschel, M., & Mashul, C. (1994). N-methyl-D-aspartate receptor gene expression in the hamster hypothalamus and in immortalized luteinizing hormone-releasing hormone neurons. *Journal of Reproduction and Fertility*. 100: 5-9.
- Waldern, D. E., & Van Dyk, R. D. (1971). Effect of monosodium glutamate in starter rations on feed consumption and performance of early weaned calves. *Journal of Dairy Science*, 54(2), 262–265. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)85822-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85822-8)
- Wu, G. (2013). *Amino acids: Biochemistry and nutrition*. CRC Press.
- Zhang, X., Wang, X., Li, X., & Zhang, J. (2020). Effects of dietary glutamate supplementation on rumen fermentation, nitrogen metabolism, and microbiota in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114621. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114621>

