

Perfil bromatológico de ajo acebollado y escobeteado en Zacatecas

Anselmo Hernández-Tovar¹
Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹
Alejandro Espinoza-Canales¹
Daniel García-Cervantes¹
Edith Ramírez-Segura^{2,§}
Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹

1 Universidad Autónoma de Zacatecas-Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo km 31.5, Gral. Enrique Estrada, Zacatecas, México. CP. 98500.

2 Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP. Carretera Ojuelos-Lagos de Jalisco km 8.5, Ojuelos, Jalisco, México.

Autor para correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx.

Resumen

El objetivo fue determinar el perfil nutricional de ajo acebollado y escobeteado en clima semiárido de Zacatecas, México. Los ajos fueron obtenidos de un predio ubicado en Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. Se utilizaron 10 muestras seleccionadas al azar de cada tipo de ajo. Las variables determinadas fueron cenizas, proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN, % MS), fibra detergente ácida (FDA, % MS), energía neta de mantenimiento (Mcal kg⁻¹) y energía neta de ganancia (Mcal kg⁻¹). La proteína cruda fue de 22.6 vs 10.7, la FDN promedió 38.1 vs 19.3, la FDA 24.4 vs 13.2, la ENm 0.74 vs 0.87 y la ENg 0.47 vs 0.58 respectivamente, para ajo acebollado y ajo escobeteado. Se concluyó que el ajo acebollado y escobeteado proveen suficiente cantidad de proteína para ser usado en programas de suplementación y contienen cantidades energéticas para satisfacer requerimientos de mantenimiento y moderadas tasas de ganancia en pequeños rumiantes.

Palabras clave:

cajo, alternativa forrajera, energía, proteína, sequía.



Introducción

El ajo (*Allium sativum* L.) originario de Asia Central y meridional es una planta con bulbos procedente de la familia *Alliaceae*. Cada año a nivel mundial se producen 27 millones de toneladas, los principales países productores son China, India, Corea del Sur, Egipto y Estados Unidos de América (Lee *et al.*, 2020; Rouf *et al.*, 2020). México ocupa el onceavo lugar, registrando en 2022 una producción de 94 748 t y Zacatecas es el principal estado productor nacional con 49 748 t, aportando el 52% de la producción (SIAP, 2022).

El ajo ha sido ampliamente reconocido por sus propiedades medicinales y beneficios en la alimentación, salud humana y animal. Tradicionalmente, se ha utilizado por sus propiedades culinarias, apreciado por su sabor distintivo y su capacidad para realzar el sabor de otros ingredientes. Como suplemento alimenticio al mejorar la salud humana, debido a sus propiedades antibacterianas, antivirales, antiparasitarias y estimulantes del sistema inmunológico (Vieira *et al.*, 2015; Juárez-Segovia *et al.*, 2019; Qiu *et al.*, 2020).

Algunos estudios han probado sus efectos antiparasitarios en animales. Las plantas del género *Allium* tienen un alto contenido en minerales, aminoácidos esenciales, fibras, vitaminas y compuestos fenólicos. Los organosulfurados son uno de los metabolitos secundarios principales de este género, responsables de sus propiedades bioactivas. La alicina es un compuesto azufrado que se extrae del ajo, el cual inhibe el crecimiento de varias cepas de hongos por sus efectos antimicrobianos, antifúngicos y antioxidantes (Juárez *et al.*, 2019). La composición química del ajo se modifica según el cultivo, condiciones de crecimiento, densidad de plantas, tipo de suelo, fertilizantes, tasa de aplicación y método de procesamiento de estos productos (Petropoulos *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2019; Kewan *et al.*, 2021).

Los bulbos ideales de ajo deben presentar un perímetro circular, compacto, de forma globosa, con dientes grandes y en número reducido, lo que le confiere valor de mercado. Sin embargo, frecuentemente se presentan malformaciones que le restan valor comercial al ajo y generalmente estos son desechados, pudiendo ocasionar un impacto ambiental negativo. Existe un fenómeno conocido como escobeteado o rebrotado, en donde los ajos son cosechados con bulbos abiertos (espacio entre dientes), poco firmes e irregulares. Se aparece uno o más brotes entre la vaina de una hoja y el pseudotallo, asociándose a un exceso de vigor. Entre las causas del rebrote de ajos se mencionan, la exposición de semillas a bajas temperaturas, tanto antes como después de la siembra, promoviendo la manifestación del rebrote. Cuanto más baja es la temperatura o mayor el tiempo de exposición durante el almacenamiento, es mayor el número de plantas con rebrote (escobetado). El escobeteado o rebrotado es la tendencia de los bulbos a brotar anticipadamente, estando próximos a ser cosechados, con lo que disminuye su valor comercial (Reveles-Hernández *et al.*, 2009).

Otro problema frecuente es cuando los dientes en los bulbos del ajo no se distinguen en su totalidad ya que algunas túnicas o catáfilos exteriores obtienen una gruesa firmeza con un aspecto 'acebollado' (Macías *et al.*, 2000). También conocido como ajo bombón, ajo cebolla o ajo porro, son ajos con formación de bulbo tunicado no presenta dientes o bulbillos o bien, pueden presentar dos o tres bulbillos, resultando en un bulbo único y redondo, recordando una cebolla pequeña. Se atribuye a la presencia de un fotoperiodo inferior al requerido por el genotipo, a exceso de nitrógeno o humedad disponible, así como a periodos de calor o frío durante el proceso de diferenciación, aunque también puede estar relacionada con la presencia de virus (Olmedo, 2003; Saluzo, 2003).

Las sequías recurrentes han provocado que los productores utilicen residuos de cosechas y alternativas forrajeras en la alimentación de su ganado. En 2023 se registró una sequía extrema en el estado de Zacatecas y prácticamente en todo el país, en donde la escasez de lluvias no permitió la producción adecuada de forrajes, ni el desarrollo de pastos en los agostaderos y pastizales. Zacatecas, al ser el principal productor nacional de ajo, produciendo más del 50% del volumen nacional, tuvo grandes cantidades de residuos de cosecha de este producto. Los problemas de escobeteado y acebollado afectaron entre el 10 hasta el 30% de la producción de los productores del estado de Zacatecas y debido a la sequía, los productores estuvieron dando los residuos de cosecha de ajo a pequeños rumiantes, desconociendo el aporte nutricional de estos forrajes.

El contenido de proteínas del ajo en polvo es aproximadamente de 22.9%, mientras que la piel de ajo contiene 13.5% y las hojas tienen un 12.80% de proteínas en base de materia seca (Kongmun *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2013; Panthee *et al.*, 2017). El ajo en polvo tiene altos contenidos de carbohidratos totales con un aproximado de 74.25% en base a materia seca (Drzeczyk *et al.*, 2019; Kewan *et al.*, 2021). Se reporta que el contenido de fibra detergente neutro en base de materia seca de la piel de ajo es de 31.81%, la hoja 59.8% y la paja 51.18%, mientras que el contenido de fibra detergente ácido es de 29.85% para la piel de ajo, 23% la hoja y 43.81% la paja de ajo (Panthee *et al.*, 2017; Li y Fen, 2019; Wang *et al.*, 2021a, 2021b). Los contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de la piel, la hoja y la paja de ajo son superiores a los del polvo, se pueden utilizar como sustituto para el forraje en una dieta básica de rumiantes (Wang *et al.*, 2021a, 2021b). La piel de ajo, las hojas y la paja tienen altos contenidos de cenizas, esto debido a su alto contenido de células epidérmicas que contienen grandes cantidades de sílice (Redoy *et al.*, 2020).

No se tiene información bromatológica del ajo escobeteado y acebollado, y se necesitan los estudios para establecer su uso en programas de suplementación nutricional de ganado y realizar un uso eficiente de este forraje alternativo. Son usados como fuentes forrajeras en la alimentación de ovejas, al ser accesibles y económicos en ciertas regiones productoras de ajos. Especialmente en condiciones de sequía, donde el acceso a fuentes agrícolas forrajeras tradicionales para el ganado son limitadas. Además, su uso permite aprovechar recursos forrajeros que de otra forma se tiran, desperdician y contaminan. Debido a la carencia de información bromatológica y la necesidad de dar recomendaciones factibles a productores ganaderos en su uso, se planteó como objetivo evaluar el perfil bromatológico y nutricional de ajo acebollado y escobeteado en clima semiseco de Zacatecas, México.

Materiales y métodos

Ubicación

La siembra de ajo se llevó a cabo en una parcela ubicada en Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México, durante el año 2022 y cosechada en 2023, localizado en la longitud 102° 42' 08", latitud 22° 56' 57" con una altitud de 2 169 m, con temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación media anual de 416 mm, la cual se presenta en mayor proporción en verano (junio a septiembre)(Medina *et al.*, 2023).

Características del suelo, material genético y sistema de labranza

Las características del suelo utilizado para siembra fueron textura media (franco arcillo-arenoso), 19.1% de humedad a capacidad de campo, 11.4% de humedad a punto de marchitamiento permanente, con un punto de saturación de 36%, una densidad aparente de 1.35 g cm⁻³, pH de 8.16, 2.44% de materia orgánica, salinidad (CE extracto) 0.58 dS m⁻¹ y 2.04% de carbonatos totales. La preparación del suelo se llevó a cabo el 01 de agosto de 2022, en donde se realizó rotura del suelo con un subsuelo de cinceles. Después de la rotura del suelo se efectuó cuatro pasos con una rastra de 24 discos, para reducir el tamaño del terrón. Se niveló el terreno con un rodillo desterronador junto con un riel el cual se acopló en la parte trasera del rodillo.

Posteriormente se marcaron las camas y al mismo tiempo se fertilizó, se utilizó 600 kg ha⁻¹ del fertilizante Entec (3S) 20-10-10. Después se procedió a encamar, tirar cintilla y marcar con una plancha marcadora de ajo para formar una cama de seis hilos, la cual se regó de la siguiente manera: tres cintas de agua para seis hilos de ajo, los cuales fueron a una separación de 18 cm de hilo a hilo. En la siembra, se utilizó semilla de ajo de la variedad Prosur con una densidad de siembra equivalente a 850 000 plantas ha⁻¹, a razón de 3 t de grano de ajo por hectárea. Las siembras se realizaron el 05 de agosto de 2022. La siembra de ajo se realizó manualmente a una distancia de 4 cm de grano a grano, con una profundidad de 3 cm.

Se procedió a regar la parcela con un riego negro de una duración de 8 a 10 h de agua. Después se repitió un riego a los ocho días con una duración de 5 h. Se esperó a que el ajo germinara, el cual tuvo una duración de 10 a 15 días. Después de que el ajo nació y estuvo enraizado, se utilizaron dos frascos de 300 ml ha⁻¹ de Biogea (micorrizas, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*) el cual ayuda a fortalecer la raíz de la planta. Después de 15 días se aplicó un frasco de 300 ml ha⁻¹ de Biogea. Posteriormente se aplicaron riegos de 1 h ha⁻¹ cada 10 días durante dos meses. Se continuó con la aplicación de dos y medio frascos de 500 ml de herbicida GoalTender para terminar con malezas, un frasco y medio de Grasadin de 250 ml y 300 ml de Surfare (adherente).

Después el 30 de septiembre de 2022 se aplicó un riego por cintilla de 2 L de Inovextar y 1 L de Raigreen Gruindag 10-30-00 en la cintilla. A partir de octubre se llevaron a cabo diversas aplicaciones de fertilización y riegos: el 06 de octubre se utilizaron 25 kg de sulfato de amonio y 12.5 kg de MAP y 12.5 de NKS y 3 L de Fitomicrox Gruindag. El 15 de octubre se aplicó un riego solo con agua durante 1 h. El 23 de octubre se aplicaron 12.5 kg de nitrato de calcio, 12.5 kg de nitrato de magnesio y 4 L de Germi calcio. Dinámicas similares de nutrición e irrigación continuaron sistemáticamente durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, empleando rotaciones con nitratos de calcio y magnesio, sulfato de amonio, Ducor Mix, Citafrut Zn y K, Bionare, entre otros agroquímicos y micronutrientes, con intervalos regulares de riego.

Para el manejo de plagas y enfermedades, el 17 de diciembre se aplicó una fumigación con aspersor aplicando medio litro de tornado, 2 kg de insecticida manto, 1 L de bionare, medio L de Germi Max, 1 L de dimetoato, 300 ml de adherente Surfare; y el 11 de febrero se fumigó con aspersor de 600 L aplicando 0.5 L de fungicida Enable, 1.5 L de Tropa, 1 L de Bionare, medio L de Germi MAX y 300 ml de Sulfare ha⁻¹. Del día 25 de marzo hasta el día 30 de abril se regó solo con agua durante 3 h cada tres días.

El 02 mayo se realizaron dos escardas seguidas para sacar humedad de la parcela. Después se ingresó una aflojadora de ajo para que manualmente se comience a engavillar (taparse con sus propias hojas) el ajo el cual duró de 8 a 10 días secándose en el barbecho. Se continuó con el corte de raíz y de tallo, el tallo se dejó con un tamaño de 4 cm de largo. La cosecha se obtuvo el 01 de mayo del 2023. El ajo se recolectó manualmente en cajas plásticas las cuales fueron almacenadas para ser seleccionadas por tamaño y empacadas en cajas de cartón. En esta etapa fueron seleccionadas al azar las muestras de ajos acebollados y escobeteados para su análisis de laboratorio.

Técnicas y procedimientos empleados

La evaluación bromatológica se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Los estudios de suelo se realizaron en el Laboratorio de Análisis Agrícola (FERTILAB) Celaya, Guanajuato. Se procedió a tomar muestras de ajo acebollado y ajo escobeteado fresco de forma aleatoria durante la selección de ajos de la parcela. Posteriormente, el ajo escobeteado y acebollado se cortaron de la raíz y el tallo, únicamente en el ajo fresco se cortaron los bulbos en partes de 3 cm de longitud. Se colocaron dentro de bolsas de papel y se deshidrataron en una estufa a 65 °C por 48 h o hasta obtener peso constante. Las muestras de materia seca de cada tratamiento se molieron en un molino Wiley con una criba de 1 mm y se almacenaron en bolsas ziploc para su posterior análisis bromatológico.

La cantidad de cenizas se determinaron incinerando las muestras a 550 °C por 4 h. La determinación de proteína cruda (PC, %), se realizó mediante la cuantificación del nitrógeno total por análisis de combustión usando el equipo Leco®, utilizando como gas acarreador el Helio ultrapuro (Leco FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI) y multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor de corrección de 6.25. La fibra detergente neutra se obtuvo usando el equipo Ankom200®, utilizando bolsas F57, solución de fibra detergente neutro y enzima alfa amilasa termoestable de la misma empresa, después se determinó de forma secuencial la fibra detergente ácida, con las soluciones de la empresa y el mismo equipo (Ankom Technology, Macedon, Nueva York, EUA). Todos los análisis de laboratorio se realizaron por duplicado.

Análisis estadístico

El análisis se realizó con el procedimiento Proc Glm del paquete estadístico SAS usando la prueba de Tukey con probabilidad <0.05 . La unidad experimental fue la muestra del ajo (SAS Institute, 2011).

Resultados y discusión

Determinar el perfil bromatológico de alternativas forrajeras, permite mejorar su uso en épocas de sequía, cuando el acceso a forrajes convencionales es limitado. Los resultados bromatológicos y nutricionales se presentan en el Cuadro 1. Se observa diferencia estadística ($p < 0.001$) en todas las variables. En cenizas se presentó un incremento de 159%, y en PC de 110% en ajo acebollado en comparación con ajo escobeteado.

Cuadro 1. Perfil bromatológico y energético de ajos acebollados y escobeteados de regiones semiáridas de Zacatecas, México.

Variables	Ajo acebollado	Ajo escobeteado	EE	P
Cenizas	10.96	4.23	0.44	0.001
Proteína	22.57	10.71	0.78	0.001
FDN	38.06	19.29	1.74	0.001
FDA	24.36	13.22	0.84	0.001
ENm	1.03	1.04	0.01	0.001
ENg	0.67	0.68	0.01	0.001

FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; ENm= energía neta de mantenimiento; ENg= energía neta de ganancia; EE= error estándar; P= probabilidad.

Los niveles de FDN fueron 97% y de FDA 84% más elevados en ajo acebollado en comparación con ajo escobeteado. En contraste, las energías representaron valores similares, con poca diferencia biológica, aunque con diferencia estadística del 85% y 81% de ENm y de ENg, en ajo acebollado en comparación con ajo escobeteado.

Las cenizas de los ajos muestran gran variación. El nivel de cenizas puede influir en la calidad del forraje. Generalmente las cenizas contienen calcio, fósforo, magnesio, potasio y otros elementos traza. La piel de ajo, las hojas y la paja tienen altos contenidos de cenizas, esto debido a su alto contenido de células epidérmicas que contienen grandes cantidades de sílice (Redoy *et al.*, 2020). La mayor cantidad de proteína observada en el ajo acebollado pudiera ser debido a que este retiene el nitrógeno, en cambio en el escobeteado el nitrógeno se acumula en otras partes del ajo (Saluzzo, 2003).

Al tener más del 20% de proteína el ajo acebollado, este se considera dentro de la clasificación internacional de alimentos, como un concentrado proteico, pudiendo establecerse en programas de suplementación proteica. Los requerimientos de PC en borregas en mantenimiento son del 8-10%, en etapa de gestación del 10-14% y hembras lactantes y corderos en crecimiento pueden alcanzar 14-16% (NRC, 2007). Considerando estos niveles, el ajo acebollado se puede usar en programas de suplementación y usarse como concentrado. En borregas en pastoreo, especialmente durante periodos donde la calidad o cantidad de forraje es baja (en invierno y en épocas de sequía), la suplementación con concentrados puede ser necesaria para satisfacer los requerimientos nutricionales.

Durante épocas de estiaje, la proteína en los pastos decrece drásticamente, a niveles de 3 a 6%, comprometiendo la productividad y salud del ganado (Abusuwar y Ahmed, 2010). Niveles óptimos de proteína mejoran la fermentación de forrajes de baja calidad, ya que la escasa proteína ingerida limita la digestibilidad de la fibra consumida. Con los niveles proteicos del ajo escobeteado, éste puede ser usado en programas de mantenimiento de ovinos, y en etapas tempranas de gestación. La suplementación proteica en el ganado es costosa, por el precio que llegan a alcanzar las harinas de oleaginosas y otros concentrados proteicos, sin embargo, al utilizar esquilmos agrícolas,

los costos disminuyen drásticamente. La cantidad de concentrado suplementario depende de la cantidad y calidad del forraje disponible, en la práctica, se inicia con el 0.5% del peso corporal de las borregas. Es importante evitar la desnutrición y el ganado improductivo en los hatos.

La FDN incluye principalmente la celulosa, hemicelulosa y lignina y es un indicador de la cantidad de fibra del alimento, importante para estimular la rumia y la salivación. Además, regula o limita la ingesta de alimento debido al espacio que ocupa en el rumen. Las cantidades observadas en el ajo acebollado se consideran adecuadas para estimular la rumia. En ganado lechero se recomendaban niveles de 25 a 35% de FDN, dependiendo el nivel de ingestión y la cantidad de leche producida (NRC, 1989). Sin embargo, en el ajo escobeteado, los niveles de FDN son bajos. La FDA es una parte de la FDN, que incluye principalmente celulosa y lignina, pero no hemicelulosa. Generalmente es usada como indicador de digestibilidad del forraje, en donde a medida que aumenta su valor, la digestibilidad disminuye. El NRC (1989) recomendaba niveles de 19 a 27% de FDA, dependiendo la producción de leche. El ajo acebollado tiene cantidades recomendables para animales en producción de leche; sin embargo, el ajo escobeteado tiene bajos niveles de FDA. Algunos nutricionistas recomiendan que los niveles no superen el 25% de FDA, para no afectar la digestibilidad del forraje. Las necesidades energéticas de las borregas y otros rumiantes varían según su peso, estado fisiológico, condición corporal y actividad física. Tomando como referencia el contenido energético de pajas y rastrojo, de 0.65 a 0.67 Mcal kg⁻¹ de ENm, los valores observados en los ajos son 56% mayores.

Conclusiones

Se demuestra que tanto el ajo acebollado como el escobeteado pueden ser utilizados como suplementos forrajeros en la alimentación de pequeños rumiantes en condiciones de sequía. El ajo acebollado mostró un contenido significativamente mayor de proteína cruda (22.6%), lo que lo posiciona como un concentrado proteico viable para programas de suplementación, especialmente durante etapas fisiológicamente exigentes como la gestación, lactancia y crecimiento. En contraste, el ajo escobeteado, aunque con menor concentración proteica (10.7%), resulta adecuado para cubrir los requerimientos de mantenimiento y etapas de baja demanda nutricional.

Ambos tipos de ajo presentaron contenidos de energía neta de mantenimiento y de ganancia similares a los de forrajes convencionales, lo cual refuerza su potencial como recurso alternativo en sistemas de producción ovina extensiva. Además, su aprovechamiento contribuye a disminuir el impacto ambiental derivado de los residuos agrícolas, al tiempo que mejora la eficiencia del sistema productivo. Se sugiere complementar estos hallazgos con estudios de digestibilidad *in vivo*, aceptación por parte de los animales, efectos sobre parámetros productivos y sanitarios, así como análisis económicos, para establecer protocolos de inclusión más precisos en dietas prácticas bajo distintas condiciones de manejo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Conahcyt, a través del programa de becas nacionales y el sistema nacional de posgrados, la beca de maestría otorgada a Anselmo Hernández-Tovar, dentro del programa de Maestría en Producción Animal en Zonas Áridas, de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas 'Francisco García Salinas'.

Bibliografía

- 1 Abusuwar, A. O. and Ahmed, E. O. 2010. Seasonal variability in nutritive value of ruminant diets under open grazing system in the semi-arid rangeland of Sudan (South Darfur State). Agriculture and Biology Journal of North America. 1(3):243-249. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.3.243.249>.

- 2 Chen, C.; Cai, J.; Liu, S. Q.; Qiu, G. L.; Wu, X. G.; Zhang, W.; Chen, C.; Qi, W.; Wu, Y. and Liu Z. 2019. Comparative study on the composition of four different varieties of garlic. *PeerJ*. 7:e6442. <https://doi.org/10.7717/peerj.6442>.
- 3 Drszczyk, J. E.; Kopec, A.; Bucki, P.; Ambroszczyk, A. M. and Skowera, B. 2019. The enhancing effect of plants growth biostimulants in garlic cultivation on the chemical composition and level of bioactive compounds in the garlic leaves, stems and bulbs. *Not. Bot. Horti. Agrobot. Cluj-Napoca*. 47(1):81-91. <https://doi.org/10.15835/nbha47111074>.
- 4 Juárez, S. K. G.; Díaz, G. E. J.; Méndez, L. M. D.; Pina, C. M. S.; Pérez, S. A. D. y Sánchez, M. M. A. 2019. Efecto de extractos crudos de ajo (*Allium sativum*) sobre el desarrollo *in vitro* de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus Níger*. *Polibotánica*. 47:99-111.
- 5 Kewan, K. Z.; Ali, M. M.; Ahmed, B. M.; El-Kolty, S. A. and Nayel, U. A. 2021. The effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), garlic (*Allium sativum*) and their combination as feed additives in finishing diets on the performance, ruminal fermentation, and immune status of lambs. *Egypt. J. Nutr. Feeds*. 24(1):55-76. <https://doi.org/10.21608/EJNF.2021.170304>.
- 6 Kongmun, P.; Wanapat, M.; Pakdee, P.; Navanukraw, C. and Yu, Z. 2011. Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. *Livest. Sci.* 135(1):84-92. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.131>.
- 7 Lee, J. S.; Kang, S.; Kim, M. J.; Han, S. G. and Lee, H. G. 2020. Dietary supplementation with combined extracts from garlic (*Allium sativum*), brown seaweed (*Undaria pinnatifida*), and pinecone (*Pinus koraiensis*) improves milk production in Holstein cows under heat stress conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 33(1):11-19. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0536>.
- 8 Li, H. G. and Fen, X. L. 2019. Studies on degradation characteristics of four unconventional feed ingredients in rumen. *Modern Animal Husbandry*. 10:7-15. Doi: cnki: sun: dayz.0.2019-10-007.
- 9 Macías, V. L. M.; Robles, E. F. J. y Velásquez, V. R. 2000. Guía para que los productores de ajo seleccionen su semilla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Pabellón Aguascalientes, Aguascalientes, México. Folleto para productores núm. 27. 12 p.
- 10 Medina, G. G.; Casas, F. J. I.; Rodríguez, M. V. M. y Ramírez, C. N. Y. Z. 2023. Estadísticas climatológicas horarias del estado de Zacatecas (Periodo 2002 # 2022). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas, México. Publicación esp. núm. 24. 803 p.
- 11 NRC. 1989. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 108-142 pp. <https://doi.org/10.17226/11654>.
- 12 NRC. 2007. National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC. The National Academies Press. 97-132 pp. <https://doi.org/10.17226/11654>.
- 13 Olmedo, F. T. 2003. Curso producción de ajo. Universidad Arturo Prat. Chile. In : <http://www.unap.cl/>.
- 14 Panthee, A.; Matsuno, A.; Al-Mamun, M. and Sano, H. 2017. Effect of feeding garlic leaves on rumen fermentation, methane emission, plasma glucose kinetics, and nitrogen utilization in sheep. *J. Anim. Sci. Technol.* 59(14):14-23. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0139-3>.
- 15 Qiu, Z.; Zheng, Z.; Zhang, B.; Sun-Waterhouse, D. and Qiao, X. 2020. Formation, nutritional value, and enhancement of characteristic components in black garlic: a review for maximizing the goodness to humans. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19(2):801-834. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12529>.

- 16 Redoy, M. R. A.; Shuvo, A. A. S.; Cheng, L. and Al-Mamun, M. 2020. Effect of herbal supplementation on growth, immunity, rumen histology, serum antioxidants and meat quality of sheep. *Animal*. 14(11):2433-2441. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001196>.
- 17 Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas, México. Libro técnico núm. 11. 272 p.
- 18 Rouf, R.; Uddin, S. J.; Sarker, D. K.; Islam, M. T.; Ali, E. S.; Shilpi, J. A.; Nahar, L.; Tiralongo, E. and Sarker, S. D. 2020. Antiviral potential of garlic (*Allium sativum*) and its organosulfur compounds: a systematic update of pre-clinical and clinical data. *Trends Food Sci. Technol*. 104:219-234. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.006>.
- 19 Saluzzo, J. A. 2003. Nutrición nitrogenada, crecimiento y rendimiento de ajo (*Allium sativum*) en respuesta a la fertilización nitrogenada en el SE de Buenos Aires, Argentina. *Agroscientia*. 20:50-63.
- 20 SAS Institute. 2011. Base SAS® 9.3 Software. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- 21 SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Regional (SADER). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 22 Vieira, R. L.; Silva, A. L.; Zaffari, G. R.; Steinmacher, D. A.; Freitas, H. P. and Guerra, M. P. 2015. Efficient elimination of virus complex from garlic (*Allium sativum* L.) by cryotherapy of shoot tips. *Acta Physiol Plant*. 37:1733-1746. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1733>.
- 23 Wang, F.; Hu, M.; Zhu, H.; Yang, C.; Xia, H.; Yang, X.; Yang, L. and Sun, G. 2021a. MyD88 determines the protective effects of fish oil and perilla oil against metabolic disorders and inflammation in adipose tissue from mice fed a high-fat diet. *Nutr. Diabetes*. 11:23. <https://doi.org/10.1038/s41387-021-00159-y>.
- 24 Wang, J. L.; Wei, Y. H.; Wu, X. Q. and Zhao, G. Q. 2021b. Comparative study on rumen degradation characteristics of different parts of garlic by-products and common roughages for dairy cows. *Anim Nutr*. 7(4):5708-5716. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-267x.2021.10.030>.
- 25 Wang, S. W.; Li, X. W. and Chen, Q. X. 2013. Effects of garlic skin on growth, physiological and biochemical indexes of sheep. *China Herbivore Sci*. 33(6): 39-42. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-3887.2013.06.010>.



Perfil bromatológico de ajo acebollado y escobeteado en Zacatecas

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 October 2025
Date accepted: 01 February 2026
Publication date: 01 January 2026
Publication date: Jan-Feb 2026
Volume: 17
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3975
DOI: 10.29312/remexca.v17i1.3975

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

ajo
alternativa forrajera
energía
proteína
sequía

Counts

Figures: 0

Tables: 2

Equations: 0

References: 25