ALFA Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias.
Volumen 10, N° 30 / septiembre-diciembre / ISSN: 2664-0902 / ISSN-e: 2664-0902
https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i30.514

Artículo original

Dinámica del comportamiento de rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación

Dynamics of rumination behavior in alpacas (Vicugna pacos) under housing conditions

Eliseo Aime Cjanahuire [a]
✉ eaimec@unjbg.edu.pe

Elizabeth Soledad Chucuya Mamani [a]

Daniel Gandarillas Espezúa [a]

Rosario Milagros Rios Bobadilla [a]

[a] *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*

Palabras clave:
Alpaca; Regurgitación; Remasticación; Rumia; Vicugna pacos

Keywords:
Alpaca; Regurgitation; Remastication; Rumination; Vicugna pacos

Cómo citar:
Aime Cjanahuire E, Chucuya Mamani ES, Gandarillas Espezúa D, Rios Bobadilla RM. Dinámica del comportamiento de rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación. ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. 2026; 10 (30). https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i30.514

CC BY

Resumen

Contexto: La rumia es vital para digerir la fibra, absorber nutrientes y mantener la salud digestiva de los rumiantes. **Objetivo:** Determinar la duración de la remasticación y el intervalo entre la redeglución de un bolo y su posterior regurgitación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación. **Materiales y métodos:** Se evaluaron cinco alpacas machos Huacaya de 3 a 5 años durante 15 días consecutivos en el Centro de Investigación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. Las observaciones directas se realizaron entre las 07:00 y 08:00 horas, antes del suministro de alimento, con tres registros diarios por animal y variable (225 observaciones). Se calcularon la media aritmética, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo. **Resultados:** La duración de la remasticación fue de 37,09 ± 7,02 segundos por bolo (rango 20 a 58 s) y el intervalo entre la redeglución y la posterior regurgitación fue de 3,75 ± 0,78 segundos (rango 2 a 6 s), con variabilidad individual moderada y menor dispersión en el intervalo entre bolos. **Conclusión:** Los valores obtenidos caracterizan cuantitativamente la dinámica temporal de la rumia en alpacas estabuladas alimentadas con heno de alfalfa y concentrado y constituyen una referencia descriptiva para la fisiología digestiva y el manejo alimentario de camélidos sudamericanos.

Abstract

Context: Rumination is vital for digesting fiber, absorbing nutrients, and maintaining the digestive health of ruminants. **Objective:** To determine the duration of remastication and the interval between re-swallowing of a bolus and its subsequent regurgitation during rumination in alpacas (Vicugna pacos) under housing conditions. **Materials and Methods:** Five male Huacaya alpacas aged 3 to 5 years were evaluated for 15 consecutive days at the Research Center of the Jorge Basadre Grohmann National University, Tacna, Peru. Direct observations were conducted between 07:00 and 08:00 a.m., before feeding, with three daily records per animal and variable (225 observations). Mean, standard deviation, minimum and maximum values were calculated. **Results:** Remastication lasted 37.09 ± 7.02 seconds per bolus (range 20 to 58 s) and the interval between re-swallowing and subsequent regurgitation was 3.75 ± 0.78 seconds (range 2 to 6 s), with moderate individual variability and lower dispersion for the inter-bolus

interval. **Conclusion:** The values quantitatively characterize the temporal dynamics of rumination in housed alpacas fed alfalfa hay and concentrate and provide a descriptive reference for digestive physiology and feeding management of South American camelids.

Introducción

La crianza de alpacas (Vicugna pacos) constituye una actividad de importancia socioeconómica, cultural y ecológica para el Perú, particularmente en las zonas altoandinas por encima de los 3800 m s. n. m., donde numerosas familias dependen de la producción de fibra, carne y reproductores de estos camélidos sudamericanos domésticos [1, 2]. Las alpacas se encuentran adaptadas a condiciones ambientales extremas caracterizadas por hipoxia hipobárica, amplia oscilación térmica, estacionalidad forrajera marcada y pastizales naturales de baja digestibilidad, a los cuales responden con adaptaciones anatómicas, fisiológicas y conductuales altamente eficientes [1, 2, 3]. En este contexto, la comprensión de la fisiología digestiva y del comportamiento alimentario resulta esencial para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos forrajeros, sostener la productividad y orientar estrategias de adaptación frente al cambio climático en los sistemas pastoriles de altitud extrema [1, 2, 4].

La alimentación y la eficiencia del aprovechamiento de los recursos forrajeros dependen, entre otros factores, de los procesos digestivos asociados con la rumia. Este comportamiento permite la regurgitación, remasticación, reinsalivación y posterior redeglución del bolo alimenticio, favorece la reducción del tamaño de las partículas, incrementa la superficie de ataque microbiano y contribuye a la regulación del pH del compartimento fermentativo mediante el aporte tamponante de la saliva [5, 6, 7, 8, 9]. La duración de la rumia total diaria, la duración de cada ciclo de remasticación y el intervalo entre bolos sucesivos pueden variar según la especie, el tipo y la calidad de la dieta, el tamaño de partícula, el contenido de fibra físicamente efectiva, el sistema de alimentación y las condiciones de manejo [5, 6, 10, 11, 12, 13]. Asimismo, las características anatómicas y fisiológicas propias de cada especie influyen en el comportamiento ingestivo y en la dinámica del procesamiento del alimento [3, 14, 15].

Los camélidos sudamericanos presentan un estómago compartimentalizado en tres cámaras (C1, C2 y C3) cuya anatomía y motilidad difieren sustancialmente de las del retículo-rumen de los rumiantes verdaderos [3, 4]. Los estudios clásicos de anatomía gruesa describieron la compartimentalización gástrica de la llama y el guanaco y la presencia de sacos glandulares con mucosa especializada que participa en la absorción y en la secreción [3, 5]. Posteriormente se demostró que la motilidad del estómago de la llama y el guanaco exhibe patrones propios de contracción y coordinación entre compartimentos, con implicaciones directas sobre la mezcla, la retención selectiva de partículas y la regurgitación [4]. Estas particularidades sustentan la reconocida eficiencia digestiva de llamas y alpacas frente a forrajes de baja calidad, con menores requerimientos nutricionales por unidad de peso metabólico en comparación con ovinos y bovinos bajo condiciones equivalentes [1, 2].

Desde la perspectiva nutricional, la revisión de San Martín y Bryant [1], estableció las bases del conocimiento sobre la nutrición de llamas y alpacas domesticadas, incluida la selectividad en pastoreo, la composición de la dieta y la capacidad de mantener la condición corporal con forrajes fibrosos. Más tarde, se propuso un enfoque factorial para estimar los requerimientos de nutrientes de los camélidos sudamericanos y se sistematizó criterios para evaluar el estado nutricional en condiciones de campo y estabulación [2, 6]. Estos aportes resultan relevantes porque vinculan el comportamiento ingestivo y la rumia con el balance energético, la salud del compartimento fermentativo y la productividad de fibra, cuya calidad ha sido ampliamente caracterizada en alpacas Huacaya del Perú [16, 17, 18]. No obstante, la información cuantitativa sobre micro-eventos de la rumia, como la duración de la remasticación por bolo y el intervalo entre la redeglución y la regurgitación siguiente, continúa siendo escasa en alpacas, especialmente bajo condiciones controladas de estabulación.

En rumiantes domésticos se han descrito variaciones consistentes en la duración de la remasticación y en el intervalo entre bolos de rumia, asociadas principalmente con la composición química del forraje, el tamaño de las partículas y las características digestivas de cada especie [7, 8, 10, 11, 12]. En este sentido, se demostró que la calidad del forraje modifica el tiempo de rumia en ovinos y bovinos, con mayores tiempos frente a forrajes de menor digestibilidad y mayor contenido de pared celular [11, 12]. Por su parte, Welch [10], integró después estos hallazgos en un marco que vincula rumia, tamaño de partícula y pasaje desde el rumen, vigente hasta la actualidad. Revisiones posteriores confirmaron que la actividad masticatoria refleja la estructura física de la dieta y que factores como la proporción forraje-concentrado, la longitud de picado y el contenido de fibra físicamente efectiva modulan la masticación, la salivación y la fermentación ruminal [6, 9, 12, 13, 19]. En caprinos alimentados con henos, por ejemplo, la química del forraje, la rumia y el tiempo de retención se asociaron con el consumo y la digestibilidad [20], patrón que ilustra la interdependencia entre comportamiento, cinética digestiva y aprovechamiento nutritivo.

La fibra físicamente efectiva constituye un concepto central para interpretar la rumia. Allen [7], vinculó la producción de ácidos de fermentación con el requerimiento de fibra físicamente efectiva y la necesidad de estimular la masticación y el flujo salival para estabilizar el pH. Mertens [8], sistematizó los requerimientos de fibra y los métodos para formular dietas que sostengan la función ruminal sin comprometer el consumo energético. Zebeli et al. [9], revisaron el papel de la fibra físicamente efectiva y la estimación de la adecuación fibrosa en vacas de alta producción, mientras que Tafaj et al. [13], mediante metaanálisis, estimaron los efectos del tamaño de partícula de la ración totalmente mezclada sobre el consumo, la digestión ruminal y la producción láctea. Nasrollahi et al. [21], ampliaron este enfoque con metaanálisis y metarregresión sobre el tamaño, nivel, fuente y método de conservación de los forrajes y sus efectos sobre la masticación y la fermentación. En conjunto, esta literatura indica que dietas con mayor proporción de fibra larga incrementan el tiempo de masticación y rumia, mientras que dietas de mayor calidad y menor tamaño de partícula lo reducen [6, 9, 19].

La salivación y la motilidad forestomacal proporcionan el vínculo mecanístico entre masticación y ambiente fermentativo. Maekawa et al. [22], documentaron diferencias de masticación, producción de saliva y pH ruminal entre vacas primíparas y multíparas, y Beauchemin et al. [23], cuantificaron la secreción salival durante las comidas en bovinos lecheros. Jiang et al. [24], demostraron que el nivel de forraje en la dieta modifica la actividad masticatoria, el pH ruminal y la secreción salival en vacas Holstein. La frecuencia de las contracciones reticulares regula las tasas de pasaje de fluidos y partículas [25] y la absorción de ácidos de fermentación contribuye a la regulación del pH ruminal [26]. Aunque estos mecanismos se describieron en rumiantes verdaderos, resultan pertinentes para interpretar la rumia de camélidos, cuyo compartimento C1 cumple funciones análogas de fermentación y mezcla, si bien con ritmos y secuencias de contracción propios [4].

El sistema de explotación y el ambiente físico modifican también el comportamiento de rumia. Los animales en pastoreo pueden presentar mayores tiempos de rumia que aquellos mantenidos en confinamiento debido a la mayor selección, al desplazamiento y a la estructura del pasto, mientras que el consumo de concentrado y la frecuencia de entrega del alimento también influyen en esta actividad [6, 27]. La investigación sobre la interfaz planta-animal subraya que el comportamiento ingestivo en pastoreo integra decisiones a múltiples escalas, desde el bocado hasta la sesión de pastoreo [28]. En confinamiento, la competencia en el comedero, el espacio disponible y la rutina de manejo alteran la conducta alimentaria, el tiempo de pie y las interacciones sociales [26]. Por ello, la caracterización de la rumia bajo estabulación requiere controlar el horario de observación, la secuencia de oferta de alimento y la densidad animal, pues la rumia se concentra en periodos de reposo y muestra variación circadiana [7, 29].

La medición objetiva del comportamiento de rumia ha avanzado notablemente con el desarrollo de sensores, collares de rumia y sistemas automatizados validados frente a observación directa y registros de video [20, 30, 31]. Schirmann et al. [30], validaron un sistema para monitorear la rumia en bovinos lecheros y Goldhawk et al. [20],

hicieron lo propio con collares en bovinos de carne. Rutten et al. [31], revisaron el uso de sensores para apoyar el manejo sanitario, y diversos trabajos vincularon el tiempo de rumia con el estro, la salud peripartal y el consumo de materia seca [29, 32, 33]. Estos avances metodológicos confirman que la observación directa estructurada, con definiciones operativas precisas y frecuencias de muestreo adecuadas, continúa siendo válida para estudios descriptivos de base, siempre que se estandaricen el entrenamiento de observadores, la ventana temporal y el número de registros [34, 35]. El presente estudio se adscribe a esta tradición observacional, apropiada para un primer nivel descriptivo en una especie con escasa información de referencia.

En el Altiplano peruano-boliviano, la estabulación parcial o total de alpacas responde a necesidades de investigación, sanidad, suplementación estratégica y protección frente a eventos climáticos extremos. La estabulación permite controlar la oferta de heno de alfalfa y concentrado, registrar variables fisiológicas y evaluar respuestas productivas bajo condiciones repetibles [2, 6]. Sin embargo, el confinamiento puede restringir la expresión del comportamiento natural, modificar los presupuestos de tiempo y generar respuestas de estrés si el diseño de corrales, comederos y bebederos no considera el bienestar [29, 36]. La literatura sobre bienestar en rumiantes estabulados muestra que la disponibilidad de espacio, la sincronía alimentaria y la previsibilidad de la rutina favorecen periodos consolidados de descanso y rumia [26, 29]. En camélidos, cuya conducta social incluye jerarquías y proximidad espacial, el fraccionamiento del corral y la dotación de frentes de comedero suficientes resultan relevantes para asegurar acceso equitativo al alimento y condiciones homogéneas de observación.

La eficiencia alimentaria constituye otro marco interpretativo pertinente. Connor [19], revisó los desafíos y posibilidades para mejorar la eficiencia en producción lechera, destacando la partición de la energía entre mantenimiento, producción y actividad conductual. La masticación y la rumia representan costos energéticos y temporales que deben optimizarse frente al beneficio digestivo. En alpacas alimentadas con heno de alfalfa y concentrado, la duración de la remasticación por bolo y la brevedad del intervalo entre bolos reflejan el equilibrio entre procesamiento mecánico, tasa de pasaje y capacidad fermentativa del C1. Una remasticación prolongada incrementa la reducción de partículas y la salivación por bolo, pero prolonga el ciclo; un intervalo corto entre bolos sugiere una regurgitación eficiente y una coordinación motora estable [10, 21, 37]. La cuantificación de ambos parámetros permite inferir la dinámica temporal del ciclo de rumia y su variabilidad individual, base para comparaciones entre dietas, edades y sistemas de manejo.

Pese a su relevancia, existe limitada información específica sobre estos parámetros en alpacas mantenidas bajo condiciones de estabulación. La mayoría de reportes disponibles corresponden a descripciones generales de manejo o a extrapolaciones desde ovinos y bovinos, sin mediciones directas del ciclo de rumia en Vicugna pacos [1, 2]. La caracterización de estos eventos puede contribuir al conocimiento de la fisiología digestiva de la especie y proporcionar información útil para la evaluación de estrategias de alimentación y manejo, incluida la formulación de raciones con fibra físicamente efectiva adecuada, el diseño de horarios de oferta y la interpretación de indicadores conductuales de salud y bienestar [9, 17, 31]. Asimismo, valores de referencia obtenidos en condiciones controladas facilitan el diseño de estudios posteriores con mayor tamaño muestral, diseños factoriales y análisis inferenciales que evalúen efectos de edad, sexo, raza, estado fisiológico y calidad forrajera.

En la región Tacna, donde la producción alpaquera complementa la ganadería mixta altoandina y periurbana, los centros experimentales cumplen una función articuladora entre investigación, formación veterinaria y transferencia a productores. La estabulación controlada en estos centros permite evaluar dietas con insumos locales como heno de alfalfa, cebada y suplementos minerales, optimizar costos y generar recomendaciones aplicables a módulos familiares que suplementan en época seca. La literatura sobre requerimientos y evaluación nutricional en camélidos enfatiza que las decisiones de suplementación deben basarse en condición corporal, calidad forrajera y etapa fisiológica, y que los indicadores conductuales complementan a los indicadores productivos y bioquímicos [2, 6, 38]. En tal sentido, la cuantificación de la rumia bajo estabulación en Tacna no solo

aporta conocimiento básico, sino que fortalece la capacidad local para monitorear respuestas a raciones prácticas y para entrenar observadores y tesistas en etología aplicada de camélidos.

Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la duración de la remasticación y el intervalo entre la redeglución de un bolo y su posterior regurgitación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación. Se hipotetizó que ambos parámetros presentarían valores estables dentro de rangos fisiológicos compatibles con una dieta mixta de heno de alfalfa y concentrado, con variabilidad individual moderada atribuible a diferencias de edad, jerarquía y eficiencia masticatoria. Los resultados aportan una referencia descriptiva para caracterizar la dinámica de la rumia y orientar futuras investigaciones sobre fisiología digestiva y manejo alimentario en camélidos sudamericanos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo y fue desarrollado en el Centro de Investigación de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede Los Granados, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicado en el distrito, provincia y región Tacna, Perú. Tacna se sitúa en la costa sur peruana, con clima árido-semicálido y marcada estacionalidad; el centro experimental dispone de infraestructura de corrales, comederos y bebederos de concreto, áreas de almacenamiento de forraje y ambientes para el manejo sanitario y reproductivo de camélidos sudamericanos. El periodo de evaluación comprendió 15 días consecutivos, con rutina diaria estandarizada de limpieza, inspección clínica somera y suministro de agua y alimento. Las condiciones ambientales de temperatura, humedad y manejo se mantuvieron estables durante el ensayo, sin traslados, esquilas, dosificaciones ni eventos estresantes programados que pudieran alterar el comportamiento de rumia [2, 6, 29].

Se evaluaron cinco alpacas machos de la raza Huacaya, con edades comprendidas entre 3 y 5 años, clínicamente sanos al examen físico, con condición corporal homogénea y sin antecedentes de trastornos digestivos, respiratorios o locomotores en los tres meses previos. La raza Huacaya, predominante en el Perú y caracterizada por fibra densa, rizada y de crecimiento perpendicular al cuerpo, concentra la mayor parte de la investigación nacional sobre calidad de fibra y parámetros productivos [16, 17, 18]. Se seleccionaron machos adultos jóvenes para minimizar la variabilidad asociada con la gestación, la lactancia y el crecimiento temprano, etapas que modifican el consumo, la cinética digestiva y los presupuestos de tiempo [2]. Los animales fueron identificados individualmente mediante aretes numerados (M002, M004, M007, M010 y M011) y sometidos a un periodo previo de acostumbramiento de siete días a las instalaciones, a la rutina de manejo y a la presencia de observadores, con el fin de reducir respuestas de alerta y habituar la conducta alimentaria al horario experimental, conforme a recomendaciones para estudios conductuales en rumiantes estabulados [34, 35].

Los animales fueron mantenidos bajo condiciones de estabulación permanente en un corral dividido en tres espacios intercomunicados y equipado con comederos lineales y bebederos de concreto. La subdivisión permitió el descanso simultáneo sin hacinamiento, el acceso equitativo al frente de comedero y la observación individual sin interferencia social excesiva. Cada espacio dispuso de sombra parcial, piso de tierra compactada con cama de paja de recambio periódico y ventilación natural. La densidad animal se mantuvo baja para favorecer periodos consolidados de reposo y rumia, pues el hacinamiento y la competencia en comedero fragmentan la conducta alimentaria y reducen la sincronía de descanso en bovinos confinados [26]. El diseño del alojamiento consideró principios de bienestar adaptados a camélidos, incluida la necesidad de proximidad social sin contacto agonístico sostenido, la previsibilidad de la rutina y la minimización de ruidos y movimientos extraños durante la ventana de observación [29, 36].

La alimentación consistió en 1 kg de heno de alfalfa y 110 g de concentrado por animal por día. El concentrado estuvo constituido por 50 g de conejina, 50 g de cebada molida y 10 g de suplemento mineral vitamínico

(Suplamin Difos). El agua se suministró ad libitum en bebederos de concreto higienizados diariamente. La ración se proporcionó en dos ofertas, a las 08:00 y 15:00 horas, fraccionamiento que distribuye el consumo, estabiliza el ambiente fermentativo y reproduce prácticas comunes de suplementación estratégica en sistemas altoandinos [1, 2]. El heno de alfalfa, leguminosa de alta aceptabilidad y contenido proteico, aportó fibra larga físicamente efectiva capaz de estimular la masticación, la salivación y la motilidad forestomacal, mientras que el concentrado complementó energía y minerales sin deprimir la función fibrolítica por exceso de almidón rápidamente fermentable [7, 8, 9]. La composición de la dieta se mantuvo constante durante los 15 días para evitar efectos de adaptación sobre la rumia [11, 12].

El comportamiento de rumia fue evaluado durante 15 días consecutivos, entre las 07:00 y 08:00 horas, antes del suministro matutino de alimento. Este horario fue seleccionado debido a la presencia consistente de actividad de rumia durante el periodo previo a la alimentación, cuando los animales, en reposo y sin interferencia del consumo reciente, expresan ciclos de rumia consolidados. La rumia en rumiantes muestra organización circadiana con predominio nocturno y en periodos interingestivos de descanso [7, 29]; la ventana matutina preprandial ofrece condiciones estandarizadas de luz, temperatura y manejo para la comparación entre días y animales. Durante la observación, los corrales permanecieron en silencio, sin ingreso de personal ajeno ni oferta de alimento, y los observadores se ubicaron a distancia suficiente para no interrumpir la conducta, con visibilidad completa de los movimientos mandibulares, deglutorios y de regurgitación.

Para cada alpaca se realizaron tres registros diarios de cada variable de estudio, mediante observación directa focal continua con cronómetro digital de precisión de centésimas de segundo y planilla estructurada. Dos observadores previamente entrenados y calibrados mediante sesiones piloto condujeron las mediciones; la concordancia entre observadores se verificó por comparación pareada en 20 ciclos preliminares, con diferencias menores de 1 s. La técnica de observación directa constituye el estándar de referencia frente al cual se validan sensores y collares automatizados [20, 30, 31] y, cuando se aplican definiciones operativas estrictas y frecuencias de muestreo adecuadas, proporciona mediciones exactas de eventos de corta duración [34, 35]. Se priorizó la observación directa por su disponibilidad, bajo costo y adecuación a instalaciones experimentales sin instrumentación electrónica, y porque permite discriminar visualmente el inicio y fin de la remasticación y el momento preciso de la regurgitación, hitos difíciles de inferir solo por acelerometría en camélidos.

Las variables evaluadas fueron: (i) duración de la remasticación, definida como el tiempo transcurrido, en segundos, desde el inicio hasta la finalización de la remasticación de un bolo regurgitado, identificado por el ascenso visible del bolo por el esófago, la reanudación rítmica de movimientos mandibulares laterales y su culminación con la interrupción masticatoria y la deglución; y (ii) intervalo entre bolos de rumia, definido como el tiempo transcurrido, en segundos, entre la redeglución de un bolo y la posterior regurgitación del siguiente bolo, identificado por la pausa deglutoria, la contracción abdominal sutil y el nuevo ascenso esofágico. Ambas definiciones se alinean con la literatura sobre masticación y rumia, que distingue ingestión, remasticación y pausas interbolo como componentes del ciclo [7, 10, 28]. Se excluyeron registros con interrupciones por alerta, vocalización, desplazamiento o interacción social, y se repitió la medición en el siguiente ciclo completo para asegurar la integridad del dato.

Considerando cinco animales, tres registros diarios por variable y 15 días de evaluación, se obtuvieron 225 observaciones para el análisis de las variables estudiadas (5 × 3 × 15 = 225). Este esfuerzo de muestreo proporciona una base descriptiva sólida para estimar la tendencia central y la dispersión en condiciones controladas, aunque el número de unidades experimentales (n = 5) limita la generalización poblacional y el poder para contrastes inferenciales entre individuos. El diseño se concibió como estudio observacional descriptivo transversal repetido, apropiado para una primera caracterización de referencia en una especie con escasos antecedentes cuantitativos. Estudios conductuales en bovinos han mostrado que frecuencias de muestreo y tamaños de ventana adecuados permiten estimar con precisión presupuestos de tiempo y eventos discretos [34,

[35]; en este trabajo se optó por registro continuo de eventos focales en lugar de muestreo instantáneo, maximizando la exactitud de duraciones breves del orden de segundos.

Los datos fueron organizados en planilla electrónica, depurados por rango y valores atípicos aparentes, y analizados mediante estadística descriptiva. Para cada variable, global y por animal, se calcularon la media aritmética y la desviación estándar como medidas de tendencia central y dispersión, y se determinaron los valores mínimo y máximo observados. Los resultados fueron expresados en segundos, con dos decimales para la media y la desviación. No se aplicaron pruebas inferenciales debido al carácter descriptivo, al reducido número de animales y a la ausencia de grupos comparativos, en coherencia con el objetivo de establecer valores de referencia y no de contrastar hipótesis de diferencia. Este enfoque es consistente con estudios descriptivos iniciales en camélidos y con la necesidad de acumular líneas base antes de abordar diseños factoriales sobre dieta, edad, sexo o sistema de manejo [1, 2]. La variabilidad individual se interpretó considerando edad, jerarquía social y eficiencia masticatoria, sin atribuir causalidad.

Para controlar sesgos, los observadores rotaron diariamente el orden de animales focales, se alternó el cronómetro utilizado y se registró la hora exacta de cada ciclo para verificar ausencia de deriva temporal dentro de la hora. Las planillas incluyeron campos de calidad (ciclo completo, interrumpido o dudoso) y solo los ciclos completos integraron el análisis; los ciclos dudosos se reemplazaron por el siguiente ciclo completo del mismo animal. Este control de calidad es análogo al aplicado en validaciones de sistemas automáticos, donde la sincronización entre observación y sensor determina la exactitud [20, 30]. Asimismo, se evitó ofrecer alimento, agua o estímulos auditivos durante la ventana, y se prohibió el ingreso al corral, pues la llegada del alimento anticipa excitación y fragmenta la rumia en rumiantes [26, 29].

El manejo de los animales respetó principios éticos de bienestar, con manipulación mínima, sin privación de agua ni ayuno experimental más allá del intervalo nocturno habitual previo a la oferta matutina, y sin procedimientos invasivos, fármacos o muestreos biológicos. La observación se limitó al registro visual a distancia y no alteró la rutina. Por tratarse de un estudio observacional no invasivo en animales de propiedad universitaria, bajo manejo estándar y sin intervención experimental sobre la dieta basal del centro, no se requirió certificación de comité de ética específico, lo cual se declara expresamente conforme a las normas de la revista. Se contó con la autorización del Centro de Investigación y la supervisión de médicos veterinarios responsables del bienestar. Los procedimientos se alinean con directrices de medición conductual que priorizan la habituación, la previsibilidad y la reducción del estrés por observador [26, 29].

Resultados

Durante los 15 días de evaluación se completaron 225 observaciones válidas, sin pérdidas por interrupciones conductuales ni fallas instrumentales. Todos los animales expresaron ciclos de rumia consolidados en la ventana matutina preprandial, en posición de decúbito esternal o en pie en reposo, con secuencias rítmicas de regurgitación, remasticación, redeglución y pausa interbolo claramente discriminables. No se registraron eventos adversos, signos de timpanismo, sialorrea anormal, anorexia ni alteraciones locomotoras durante el periodo. La rutina de oferta en dos tiempos y la disponibilidad permanente de agua no generaron competencia excluyente en comederos, y la subdivisión del corral permitió el descanso simultáneo. En conjunto, las condiciones de alojamiento, dieta y manejo proporcionaron un marco estable para la medición repetida de los dos micro-eventos del ciclo de rumia definidos en la metodología.

La duración de la remasticación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación, expresada en segundos, presentó una media global de 37,09 ± 7,02 s por bolo, con valores comprendidos entre 20 y 58 s (Tabla 1). Este resultado evidencia variación en la duración del proceso de remasticación entre los bolos observados durante la rumia, con un coeficiente de variación aproximado de 18,9 %, indicativo de

variabilidad moderada. A nivel individual, M007 presentó la mayor media (43,29 ± 4,87 s), mientras que M002 registró la menor (29,49 ± 3,68 s). Los demás animales presentaron valores próximos a la media general, con M004 (38,84 ± 7,33 s), M010 (37,33 ± 5,59 s) y M011 (36,51 ± 5,14 s). El rango individual más amplio correspondió a M010 (20 a 49 s) y M004 (24 a 54 s), mientras que M007 mostró valores consistentemente elevados (35 a 58 s) y M002 breves (21 a 36 s). En conjunto, los resultados muestran variabilidad individual en la duración de la remasticación durante la rumia, sin traslape completo entre los extremos, lo que sugiere diferencias sostenidas de eficiencia o estilo masticatorio entre animales bajo la misma dieta y manejo.

Tabla 1. *Duración de la remasticación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación, expresada en segundos (s).*

Número de arete	n	Media ± DE (s/bolo)	Mínimo	Máximo
M002	45	29,49 ± 3,68	21	36
M004	45	38,84 ± 7,33	24	54
M007	45	43,29 ± 4,87	35	58
M010	45	37,33 ± 5,59	20	49
M011	45	36,51 ± 5,14	24	45
Total	225	37,09 ± 7,02	20	58

Nota: DE: desviación estándar.

El intervalo entre la redeglución de un bolo y su posterior regurgitación durante la rumia, expresado en segundos, presentó una media global de 3,75 ± 0,78 s, con valores comprendidos entre 2 y 6 s (Tabla 2). El mayor promedio correspondió a M002 (4,27 ± 0,84 s) y el menor a M010 (3,49 ± 0,84 s). Los animales M007 (3,93 ± 0,69 s), M011 (3,53 ± 0,69 s) y M004 (3,51 ± 0,51 s) presentaron valores cercanos a la media general. El rango observado fue estrecho en todos los casos, con amplitud máxima de 4 s y predominio de valores de 3 y 4 s, lo que indica un ciclo interbolo breve, rítmico y relativamente estereotipado. En conjunto, se observó menor variabilidad entre animales y entre bolos en el intervalo entre bolos respecto a la duración de la remasticación, con coeficiente de variación aproximado de 20,8 % pero sobre una media pequeña en términos absolutos (menos de 1 s de desviación). Notablemente, el animal con remasticación más breve (M002) exhibió el intervalo interbolo más prolongado, mientras que el animal con remasticación más prolongada (M007) mostró un intervalo intermedio, patrón que sugiere compensación parcial del tiempo total del ciclo entre componentes.

Tabla 2. *Intervalo entre la redeglución de un bolo y su posterior regurgitación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación, expresado en segundos (s).*

Número de arete	n	Media ± DE (s)	Mínimo	Máximo
M002	45	4,27 ± 0,84	3	6
M004	45	3,51 ± 0,51	3	4
M007	45	3,93 ± 0,69	3	6
M010	45	3,49 ± 0,84	2	5
M011	45	3,53 ± 0,69	2	5
Total	225	3,75 ± 0,78	2	6

Nota: DE: desviación estándar.

La distribución conjunta de ambas variables configura un ciclo de rumia por bolo de aproximadamente 40 a 41 s en promedio (suma de remasticación más intervalo), con predominio del componente masticatorio (alrededor de 91 % del tiempo del ciclo) frente al componente de pausa y regurgitación (alrededor de 9 %). Esta partición

temporal es coherente con la función primordial de reducción mecánica de partículas y salivación durante la remasticación, frente a la función de transferencia motora del intervalo interbolo. La estabilidad del intervalo entre bolos entre días y animales contrasta con la mayor plasticidad de la duración masticatoria, que respondió presumiblemente a microvariaciones en el tamaño del bolo regurgitado, el grado de hidratación y la facilidad de desmenuzamiento, factores vinculados con la estructura física del heno de alfalfa y la proporción de concentrado. La ausencia de valores extremos o distribuciones bimodales respalda la calidad del registro y la homogeneidad de las condiciones experimentales.

Discusión

El tiempo promedio de remasticación de 37,09 ± 7,02 s por bolo se encuentra dentro de los rangos reportados para rumiantes domésticos y resulta fisiológicamente plausible para alpacas alimentadas con heno de alfalfa y concentrado bajo estabulación. En bovinos se han descrito tiempos de 30 a 60 s por bolo [10, 39], con valores cercanos a 50–60 s para la remasticación e insalivación de cada bolo en dietas fibrosas [8, 14]. Además, se reportó que la calidad del forraje determina el tiempo de rumia en bovinos y ovinos, con incrementos frente a forrajes de menor digestibilidad [11, 12]. La revisión de De Boever et al. [39], sistematizó los factores que afectan la actividad masticatoria como indicador de estructura física, incluidos tamaño de partícula, contenido de pared celular y proporción de concentrado. En este marco, el valor de 37 s refleja una dieta mixta de calidad intermedia: el heno de alfalfa aporta fibra larga que sostiene la rumia, mientras que el concentrado (11 % de la materia seca aproximada) modera el tiempo por bolo frente a dietas exclusivamente forrajeras [9, 19].

La desviación estándar de 7,02 s evidencia una variabilidad moderada entre bolos y entre animales, posiblemente asociada con características fisiológicas de la especie, diferencias individuales de dentición y eficiencia masticatoria, jerarquía social y microvariaciones en el tamaño y cohesión del bolo regurgitado. El sistema de explotación y la dieta pueden modificar el comportamiento de rumia: los animales en pastoreo pueden presentar mayores tiempos de rumia que aquellos mantenidos en confinamiento debido a la selección y al desplazamiento [6, 27], mientras que el consumo de concentrado también puede influir en esta actividad al reducir la necesidad de reprocesamiento [8, 9]. Asimismo, una mayor proporción de fibra físicamente efectiva puede incrementar el tiempo de rumia, mientras que dietas de mayor calidad y menor tamaño de partícula pueden reducirlo [9, 19]. Por ello, el valor obtenido debe interpretarse considerando la dieta basada en heno de alfalfa y concentrado y las condiciones de estabulación, sin extrapolación directa a pastoreo altoandino con gramíneas nativas de alta fibra y baja proteína [1, 2].

La comparación interespecífica apoya la coherencia de los hallazgos. En ovinos, Welch y Smith [12], documentaron tiempos de rumia sensibles a la calidad del forraje, y Coleman et al. [40] vincularon química del forraje, rumia y retención con consumo y digestibilidad en caprinos. En bovinos, Kononoff et al. [15], demostraron que la reducción del tamaño de partícula del ensilado disminuye la masticación y altera la fermentación, y Yang y Beauchemin [37], mostraron que la proporción de forraje y la longitud de partícula modulan la masticación y el pH ruminal. Akbari-Afjani et al. [27], confirmaron que proporciones de ensilado de maíz y heno de alfalfa modifican el consumo, la masticación y la producción. Frente a estos antecedentes, las alpacas del presente estudio exhibieron duraciones por bolo ligeramente inferiores a las de bovinos con dietas altas en forraje largo, lo cual es consistente con su menor tamaño corporal, menor tamaño de bolo y mayor eficiencia de masticación por unidad de fibra, atributos vinculados con su anatomía compartimentalizada y su motilidad característica [3, 4].

El intervalo entre bolos de 3,75 ± 0,78 s aporta información novedosa sobre la ritmicidad del ciclo de rumia en Vicugna pacos. Este valor es inferior a los intervalos de 4 a 10 s descritos en bovinos según tipo de dieta y método de registro [7, 37]. Estas diferencias pueden relacionarse con el tipo de dieta, el tamaño del bolo, la longitud esofágica y las particularidades anatómicas y fisiológicas de cada especie, incluidos los patrones de contracción

del C1-C2 frente al retículo-rumen [3, 4]. Un intervalo breve y estable sugiere una coordinación motora eficiente entre redeglución, contracción forestomacal y regurgitación, con escasa interferencia conductual durante el reposo matutino. La menor dispersión del intervalo frente a la remasticación indica que el componente de transferencia es más estereotipado y menos plástico que el componente masticatorio, hipótesis compatible con el control reflejo de la regurgitación frente al control más voluntario-modulable de la masticación [7, 10, 25].

La variabilidad individual observada merece interpretación cuidadosa. M007 combinó la remasticación más prolongada con un intervalo intermedio, mientras que M002 combinó la más breve con el intervalo más largo, sin que ello alterara sustancialmente el tiempo total del ciclo. Este patrón podría reflejar estilos masticatorios compensatorios: animales con masticación más intensa por bolo requerirían pausas similares o ligeramente menores, mientras que animales con masticación breve prolongarían la pausa antes de la siguiente regurgitación. Diferencias de edad (3 a 5 años), desgaste dentario, dominancia y estado emocional pueden contribuir, como ocurre en bovinos donde la paridad y la jerarquía modifican masticación y salivación [22]. No obstante, dado el reducido número de animales y el diseño descriptivo, estas inferencias deben considerarse hipótesis para estudios factoriales con mayor tamaño muestral, registro de dominancia y evaluación odontológica, y no conclusiones confirmatorias.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio presenta algunas limitaciones. Como el reducido número de animales (n = 5), pues impide generalizar a toda la población de alpacas y limita análisis inferenciales por edad, peso o jerarquía. Por ello, los resultados deben considerarse descriptivos y de referencia preliminar, no generalizables sin replicación. Asimismo, el estudio se circunscribió a machos Huacaya adultos jóvenes, una dieta única, una estación no especificada y una ventana matutina, sin evaluar variación circadiana completa, efectos de sexo, raza (Suri frente a Huacaya), estado fisiológico, calidad estacional del forraje ni sistemas de pastoreo. La ausencia de mediciones complementarias (tamaño de partícula fecal, pH forestomacal, salivación, cinética de pasaje, consumo individual) impide vincular mecanísticamente la conducta con la función digestiva, vínculo establecido en bovinos mediante mediciones paralelas de masticación, pH y salivación [22, 23, 24]. Futuros trabajos deberían integrar estas variables y emplear diseños cruzados o factoriales con análisis inferenciales.

Las implicaciones prácticas son relevantes para el manejo alimentario en estabulación. Valores de referencia de 37 s de remasticación y 3,8 s de intervalo permiten calibrar expectativas de comportamiento normal en alpacas suplementadas con heno de alfalfa y concentrado, detectar desviaciones sugestivas de disconfort, acidosis subclínica forestomacal o dolor, y evaluar el efecto de cambios de dieta o de horario de oferta. En bovinos, la monitorización de la rumia apoya la detección de estro, trastornos metabólicos y alteraciones sanitarias [29, 31, 32, 33]; en camélidos, donde la instrumentación automatizada es incipiente, la observación estructurada de ciclos puede servir como indicador de bajo costo en centros experimentales y unidades productivas tecnificadas. Además, la partición temporal (91 % masticación, 9 % intervalo) orienta la formulación hacia fibra físicamente efectiva suficiente para sostener la rumia sin prolongar excesivamente el ciclo, en línea con recomendaciones para rumiantes [8, 9].

En el contexto altoandino, la estabulación experimental no sustituye al pastoreo extensivo, pero proporciona un modelo controlado para parametrizar respuestas que luego se contrastan en campo. La eficiencia digestiva de camélidos en pastizales nativos [1, 2] sugiere que en pastoreo los tiempos por bolo podrían prolongarse frente a forrajes más fibrosos y heterogéneos, como ocurre en ovinos y bovinos al disminuir la calidad [11, 12, 40]. La comparación estabulación-pastoreo, la evaluación de henos de gramíneas nativas frente a alfalfa y la manipulación de la longitud de picado y la proporción de concentrado constituyen líneas prioritarias, abordables con los metaanálisis disponibles como marco de predicción [13, 21]. La caracterización de la fibra de alpacas Huacaya peruanas [16, 17, 18] y la estacionalidad forrajera altoandina deberían integrarse para vincular comportamiento ingestivo, nutrición y calidad de fibra en un enfoque de sistema.

Una agenda futura debería incluir la validación de collares de acelerometría y micrófonos mandibulares específicamente en alpacas, pues los algoritmos desarrollados para bovinos no son directamente transferibles por diferencias de frecuencia masticatoria, amplitud y anatomía del cuello. Los trabajos de validación en bovinos de leche y carne muestran el camino metodológico: comparación ciega frente a observación, análisis de concordancia por bolo y por hora, y evaluación en distintas dietas [20, 30]. La disponibilidad de sensores para camélidos permitiría registrar la rumia durante 24 horas, cuantificar la distribución circadiana completa, relacionarla con consumo individual y pH, y detectar celo, estrés calórico o enfermedad temprana como ya se hace en bovinos [29, 31, 32, 33]. Hasta entonces, los valores aquí reportados servirán como ancla para calibrar inspecciones visuales y para diseñar muestreos instantáneos con intervalos apropiados [34, 35].

Adicionalmente, los resultados constituyen una caracterización cuantitativa inicial del comportamiento de rumia de las alpacas bajo las condiciones evaluadas y aportan una línea base para la fisiología digestiva comparada de camélidos. La coherencia con rangos de rumiantes, la estabilidad del intervalo interbolo y la variabilidad individual moderada son biológicamente plausibles a la luz de la anatomía compartimentalizada [3, 5], la motilidad forestomacal propia [4] y los principios de fibra físicamente efectiva y salivación [7, 8, 9, 28, 39, 40]. La replicación con mayor número de animales, ambos sexos, diferentes edades y dietas, mediante estadística inferencial y, cuando sea posible, sensores validados para camélidos [20, 30, 31], permitirá consolidar estos valores como normas de referencia para la especie y fortalecer su utilidad en bienestar, salud y eficiencia alimentaria.

Conclusiones

La duración de la remasticación durante la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación presentó un promedio global de 37,09 ± 7,02 segundos por bolo, con rango de 20 a 58 segundos, evidenciando una variabilidad moderada en el tiempo empleado para el procesamiento mecánico, la insalivación y la reducción de partículas de cada bolo. A nivel individual, los promedios oscilaron entre 29,49 ± 3,68 s (M002) y 43,29 ± 4,87 s (M007), con valores intermedios próximos a la media en M004, M010 y M011. Esta dispersión, obtenida bajo dieta constante de heno de alfalfa y concentrado y rutina estandarizada, refleja diferencias individuales sostenidas de eficiencia masticatoria compatibles con la fisiología de camélidos y con la plasticidad de la masticación frente a la estructura física del forraje descrita en rumiantes. El valor medio se sitúa dentro de rangos reportados para bovinos y ovinos y resulta coherente con una dieta mixta de calidad intermedia que sostiene la rumia sin prolongarla excesivamente.

El intervalo entre la redeglución de un bolo y su posterior regurgitación durante la rumia presentó un promedio global de 3,75 ± 0,78 segundos, con rango de 2 a 6 segundos, caracterizando un intervalo temporal breve, rítmico y relativamente estereotipado entre eventos sucesivos del ciclo de rumia. Los promedios individuales variaron entre 3,49 ± 0,84 s (M010) y 4,27 ± 0,84 s (M002), con menor dispersión absoluta y relativa que la remasticación. Esta estabilidad sugiere una coordinación motora eficiente del complejo deglución-contracción-regurgitación en el estómago compartimentalizado de la alpaca y aporta un parámetro novedoso escasamente reportado en la especie. La brevedad del intervalo frente a valores bovinos de 4 a 10 s y su superioridad frente a 1,5 s en búfalos ilustran diferencias interespecíficas atribuibles a dieta, tamaño de bolo y patrones de motilidad forestomacal.

En conjunto, los valores obtenidos para ambas variables permiten establecer una caracterización cuantitativa de la dinámica temporal de la rumia en alpacas (Vicugna pacos) bajo condiciones de estabulación, con un ciclo promedio por bolo de aproximadamente 40 a 41 segundos, compuesto en alrededor de 91 % por remasticación y 9 % por intervalo interbolo. Esta partición cuantifica el predominio funcional del procesamiento mecánico y salival frente a la transferencia motora y constituye una referencia descriptiva preliminar para estudios posteriores sobre comportamiento ingestivo, fisiología digestiva y manejo alimentario en esta especie. Dada la limitación del

tamaño muestral (cinco animales), los resultados no son generalizables a toda la población y deberán consolidarse con investigaciones que incluyan mayor número de animales, ambos sexos, diferentes edades, razas, dietas y sistemas de manejo, mediante diseños factoriales, análisis inferenciales y, cuando sea factible, mediciones complementarias de consumo, tamaño de partícula, pH y cinética digestiva, así como tecnologías de monitoreo validadas para camélidos.

Acerca de

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron en la conceptualización del estudio, desarrollo metodológico, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica de su contenido intelectual.

Financiamiento: Los autores declaran que no recibió financiamiento para esta investigación.

Agradecimiento: Los autores expresan su gratitud al Proyecto de Investigación de Biotecnología Reproductiva en Camélidos Sudamericanos de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por la cesión de sus instalaciones para la realización de las observaciones del presente estudio.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no presentar conflictos de intereses en relación con la publicación de este artículo, ni con la revista, la entidad editorial o las entidades financiadoras.

Consideraciones éticas: El estudio incluyó observaciones directas de alpacas. Corresponde garantizar el bienestar animal durante el manejo y la observación, así como contar con las autorizaciones institucionales y éticas aplicables para la investigación con animales.

Historia del artículo: Artículo recibido 05 de agosto 2026 | Aceptado 09 de septiembre 2026 | Publicado 03 de noviembre 2026

Referencias

1. San Martín F, Bryant FC. Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. Small Rumin Res. 1989;2(3):191-216. https://doi.org/10.1016/0921-4488(89)90001-1

2. Van Saun RJ. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. Small Rumin Res. 2006;61(2-3):165-186. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.006

3. Vallenas A, Cummings JF, Munnell JF. A gross study of the compartmentalized stomach of two New-World camelids, the llama and guanaco. J Morphol. 1971;134(4):399-423. https://doi.org/10.1002/jmor.1051340403

4. Vallenas A, Stevens CE. Motility of the llama and guanaco stomach. Am J Physiol. 1971;220(1):275-282. https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1971.220.1.275

5. Cummings JF, Munnell JF, Vallenas A. The mucigenous glandular mucosa in the complex stomach of two New-World camelids, the llama and guanaco. J Morphol. 1972;137(1):71-109. https://doi.org/10.1002/jmor.1051370106

6. Van Saun RJ. Nutritional requirements and assessing nutritional status in camelids. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2009;25(2):265-279. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.03.003

7. Beauchemin KA. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. J Dairy Sci. 2018;101(6):4762-4784. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13706

8. Allen MS. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. J Dairy Sci. 1997;80(7):1447-1462. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0

9. Mertens DR. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J Dairy Sci. 1997;80(7):1463-1481. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2

10. Welch JG. Rumination, particle size and passage from the rumen. J Anim Sci. 1982;54(4):885-894. https://doi.org/10.2527/jas1982.544885X

11. Welch JG, Smith AM. Forage quality and rumination time in cattle. J Dairy Sci. 1970;53(6):797-800. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86293-2

12. Welch JG, Smith AM. Influence of forage quality on rumination time in sheep. J Anim Sci. 1969;28(6):813-818. https://doi.org/10.2527/jas1969.286813x

13. Tafaj M, Zebeli Q, Baes Ch, Steingass H, Drochner W. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. Anim Feed Sci Technol. 2007;138(2):137-161. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.020

14. Zebeli Q, Aschenbach JR, Tafaj M, Boguhn J, Ametaj BN, Drochner W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. J Dairy Sci. 2012;95(3):1041-1056. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421

15. Kononoff PJ, Heinrichs AJ, Lehman HA. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2003;86(10):3343-3353. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73937-X

16. Liñan-Sánchez B, Espil-Incil G, Hobán-Vergara C, Torrel-Pajares S, Coronado-León J, Cerna-Cabrera C, et al. Caracterización de la fibra de alpaca Huacaya (Vicugna pacos) macho de Cajamarca, Perú. Rev Inv Vet Peru. 2025;36(3):e26180. https://doi.org/10.15381/rivep.v36i3.26180

17. Ramos VA, Melendez KA. Fiber analysis of white huacaya alpaca (Vicugna pacos) in Aymaraes and Antabamba, Peru. Acta Sci Anim Sci. 2026;48:e76146. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v48i1.76146

18. Roldan-Juarez J, Lozano F, Machaca V, Pinares R. Variación de porcentaje de fibras meduladas y colorimetría en fibra blanca de alpaca Huacaya y Suri. Rev Inv Vet Peru. 2024;35(4):e28778. https://doi.org/10.15381/rivep.v35i4.28778

19. Connor EE. Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: challenges and possibilities. Animal. 2015;9(3):395-408. https://doi.org/10.1017/S1751731114002997

20. Goldhawk C, Schwartzkopf-Genswein K, Beauchemin KA. Technical note: Validation of rumination collars for beef cattle. J Anim Sci. 2013;91(6):2858-2862. https://doi.org/10.2527/jas.2012-5908

21. Nasrollahi SM, Imani M, Zebeli Q. A meta-analysis and meta-regression of the impact of particle size, level, source and preservation method of forages on chewing behavior and ruminal fermentation in dairy cows. Anim Feed Sci Technol. 2016;219:144-158. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.012

22. Maekawa M, Beauchemin KA, Christensen DA. Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2002;85(5):1176-1182. Disponible en: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74180-5

23. Beauchemin KA, Eriksen L, Nørgaard P, Rode LM. Short communication: Salivary secretion during meals in lactating dairy cattle. J Dairy Sci. 2008;91(5):2077-2081. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0726

24. Jiang FG, Lin XY, Yan ZG, Hu ZY, Liu GM, Sun YX, et al. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. J Dairy Sci. 2017;100(4):2660-2671. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11559

25. Okine EK, Mathison GW, Hardin RT. Effects of changes in frequency of reticular contractions on fluid and particulate passage rates in cattle. J Anim Sci. 1989;67(12):3388-3396. https://doi.org/10.2527/jas1989.67123388x

26. Aschenbach JR, Penner GB, Stumpff F, Gäbel G. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. J Anim Sci. 2011;89(4):1092-1107. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3301

27. Akbari-Afjani A, Zali A, Gangkhanlou M, Dehghan-Banadaky M, Nasrollahi SM, Yang WZ. Dietary ratios of maize silage to lucerne hay affect feed intake, chewing activity and milk production of dairy cows. Anim Prod Sci. 2013;54(3):263-269. https://doi.org/10.1071/AN12214

28. Forbes TDA, Hodgson J. Researching the plant-animal interface: The investigation of ingestive behavior in grazing animals. J Anim Sci. 1988;66(9):2369-2379. https://doi.org/10.2527/jas1988.6692369x

29. Clément P, Guatteo R, Delaby L, Rouillé B, Chanvallon A, Philipot JM, et al. Short communication: Added value of rumination time for the prediction of dry matter intake in lactating dairy cows. J Dairy Sci. 2014;97(10):6531-6535. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7860

30. Schirmann K, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. J Dairy Sci. 2009;92(12):6052-6055. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2361

31. Rutten CJ, Velthuis AGJ, Steeneveld W, Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. J Dairy Sci. 2013;96(4):1928-1952. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107

32. Reith S, Hoy S. Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. J Dairy Sci. 2012;95(11):6416-6420. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5316

33. Reith S, Brandt H, Hoy S. Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. Livest Sci. 2014;170:219-227. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.10.013

34. Dong RL, Chibisa GE, Beauchemin KA. Estimating optimal observational sampling frequency of behaviors for cattle fed high- and low-forage diets. J Anim Sci. 2018;96(3):783-796. https://doi.org/10.1093/jas/skx073

35. Hämäläinen W, Ruuska S, Kokkonen T, Orkola S, Mononen J. Measuring behaviour accurately with instantaneous sampling: A new tool for selecting appropriate sampling intervals. Appl Anim Behav Sci. 2016;180:166-173. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.04.006

36. Fowler ME, Bravo PW. Medicine and surgery of camelids: llama, alpaca, vicuña, guanaco, dromedary & bactrian camels. 3rd ed. Ames (IA): Wiley-Blackwell; 2010. https://www.finna.fi/Record/jamk.993636112206251?lng=en-gb

37. Yang WZ, Beauchemin KA. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: chewing and ruminal pH. J Dairy Sci. 2007;90(6):2826-2838. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0032

38. National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. Washington (DC): National Academies Press; 2007. https://doi.org/10.17226/11654

39. De Boever JL, Andries JI, De Brabander DL, Cottyn BG, Buysse FX. Chewing activity of ruminants as a measure of physical structure — A review of factors affecting it. Anim Feed Sci Technol. 1990;27(4):281-291. https://doi.org/10.1016/0377-8401(90)90143-V

40. Coleman SW, Hart SP, Sahlu T. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. Small Rumin Res. 2003;50(1-2):129-140. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00116-0

Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0).