



EFECTO DEL PROCESAMIENTO FORRAJERO EN LA RESPUESTA ANIMAL Y LA PRODUCCIÓN DE METANO EN LLAMAS Y ALPACAS

EFFECT OF FORAGE PROCESSING ON ANIMAL PERFORMANCE AND METHANE PRODUCTION IN LLAMAS AND ALPACAS

José Eduardo Ramírez Aruquipa¹, Elías Edgar Quispe Colque², Juan Guido Medina Suca³, Bernardo Roque Huanca²

¹ Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Av. La Molina 1981 - La Molina - Lima, Perú. jramirez@unap.edu.pe

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Av. Sesquicentenario N° 1153, Ciudad Universitaria, Puno, Perú.

³ Centro Experimental La Raya, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Melgar, Puno, Perú.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del procesamiento forrajero en la respuesta animal y la producción de metano en llamas y alpacas. Se utilizó 10 llamas y 10 alpacas machos de dos años de edad, alimentadas con una mezcla (1:1) de heno de avena y heno de alfalfa procesados mecánicamente a dos tamaños de partícula: grupo A (12 mm ϕ) y grupo B (24 mm ϕ), cada grupo con 5 animales por especie, en consumo colectivo durante 90 días. Las mediciones fueron: consumo de materia seca, mediante balance de energía; ganancia de peso, por diferencia de pesos; y producción de metano, a través de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, Gasmeter DX-4030), en cámara de acumulación de gases. Los resultados indican que el consumo de materia seca fue diferente ($p < 0.05$) entre grupos, con 2.240 y 2.675 kg/día en llamas, y 1.161 y 1.201 kg/día en alpacas; la ganancia de peso fue también diferente ($p < 0.05$) entre grupos, con 0.180 y 0.250 kg/día en llamas, y 0.081 y 0.086 kg/día en alpacas; mientras que la producción de metano fue similar entre grupos, con 24.61 y 26.67 g/día en llamas, y 11.53 g/día, 13.87 g/día en alpacas. A partir de los resultados se concluye que el procesamiento forrajero tiene efecto en la respuesta animal, más no en la producción de metano; sin embargo, en promedio las llamas producen más metano que las alpacas.

Palabras clave: alpacas, llamas, metano, procesamiento forrajero, respuesta animal

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the effect of forage processing on animal response and methane production in llamas and alpacas. 10 llamas and 10 two-year-old male alpacas were used, fed with a mixture (1:1) of oat hay and alfalfa hay mechanically processed at two particle sizes: group A (12 mm ϕ) and group B (24 mm ϕ), each group with 5 animals per species, in collective consumption for 90 days. The measurements were: dry matter consumption, by means of energy balance; weight gain, by weight difference; and methane production, through Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR, Gasmeter DX-4030), in a gas accumulation chamber. The results indicate that dry matter consumption was different ($p < 0.05$) between groups, with 2,240 and 2,675 kg / day in llamas, and 1,161 and 1,201 kg / day in alpacas; weight gain was also different ($p < 0.05$) between groups, with 0.180 and 0.250 kg / day in llamas, and 0.081 and 0.086 kg / day in alpacas; while methane production was similar between groups, with 24.61 and 26.67 g / day in llamas, and 11.53 g / day, 13.87 g / day in alpacas. From the results it is concluded that forage processing has an effect on the animal response, but not on the production of methane; However, on average, llamas produce more methane than alpacas.

Keywords: alpacas, animal performance, feed processing, llamas, methane

*Autor para correspondencia: jramirez@unap.edu.pe



INTRODUCCIÓN

La baja producción y la alta contaminación son las características de la ganadería de los Andes de Perú, con efectos negativos en la economía y el medio ambiente (Mahecha *et al.*, 2017). La alimentación de los animales está conformada por pastos naturales de alto contenido en fibra y bajo en proteína, reducido consumo y baja digestibilidad que provocan un desequilibrio en la ingestión de nutrientes que conlleva a una disminución de la producción y reproducción (Genin *et al.*, 2002; IICAT, 2016), agravada por el problema de la sarcocistiosis macroscópica (*Sarcocystis aucheniae*) y microscópica (*Sarcocystis masoni*) (Moré *et al.*, 2016), que devalúan la calidad de la carne, causando pérdidas económicas significativas (Saeed *et al.*, 2018).

La alteración de las características de la dieta y la consecuente alimentación del ganado con mezclas forrajeras procesadas mecánicamente es una estrategia alimenticia que podría posibilitar a resolver el problema de la baja producción y alta contaminación; sin embargo, no se conoce sus efectos en camélidos. Los estudios han mostrado que la reducción del tamaño de partícula tiene efectos sobre el consumo de materia seca, la ganancia de peso, las emisiones de metano, la digestibilidad y consecuentemente sobre la producción en el ganado (Zhao *et al.*, 2017; Thomson *et al.*, 2017; Tayyab *et al.*, 2018), lo cual es necesario investigar en los camélidos sudamericanos.

El ganado rumiante contribuye con la seguridad alimentaria y nutricional de la población mundial, mediante la transformación de alimentos fibrosos en leche, carne y despojos útiles para la alimentación humana (Randolph *et al.*, 2007), así como en la reducción de la pobreza, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Smith *et al.*, 2013); sin embargo, esa importante contribución tiene un alto costo ambiental debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que son responsables del calentamiento global y el cambio climático (IPCC, 2007; Smith *et al.*, 2013). Los cálculos indican que para el año 2050, el consumo mundial de carne aumentará de 229 a 465 millones de toneladas y el de leche de 580 a 1.043 millones de toneladas (FAO, 2009), lo cual significa que la seguridad alimentaria y nutricional de la población mundial tendrá un costo ambiental mucho mayor que actual.

A partir de los argumentos previos, el trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del procesamiento forrajero en la respuesta animal (consumo de materia seca y ganancia de peso vivo) y la producción de metano en llamas y alpacas alimentadas con dietas de avena y alfalfa con dos tamaños de partícula.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito experimental y sus instalaciones

El experimento se realizó en el Centro experimental La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ubicado en el Distrito de Santa Rosa, Provincia de Melgar, Región de Puno, a una altitud de 4200 m, durante los meses de marzo a junio del año 2018, con una temperatura anual promedio de 6.20°C (máxima de 14.16°C y mínima de -1.75°C) y una precipitación pluvial de 525.7 mm (SENAMHI, 2018). Como instalaciones se utilizaron 4 jaulas de alimentación de 5 x 3 m, construidas con troncos de eucalipto, unidos con pernos metálicos, divididas con mallas metálicas y techo de calamina, provistos de comederos y bebederos donde se confinaron los animales durante un periodo de 105 días; una cámara de acumulación de gases de 2 m de altura, 2.5 m de largo y 2 m de ancho, construida con barras de hierro unidas por soldadura y paredes de policarbonato fijadas con tuercas y recubiertas con silicona para un cierre hermético.

Animales y alimentación, Para el experimento se utilizó 10 llamas machos de 2 años de edad con peso promedio de 97.6 ± 9.9 kg y 10 alpacas machos de raza Huacaya de 2 años de edad con peso promedio de 48.8 ± 3.8 kg, clínicamente sanos, procedentes de la población de llamas y alpacas cabaña lloketa (5000 m de altitud.) del Centro Experimental La Raya de la Universidad Nacional del Altiplano. Los animales fueron desparasitados con Closantel al 12% (7 mg/kg de peso corporal), estuvieron en confinamiento y ambiente termoneutro (10.2 °C).

La alimentación estuvo conformada por una mezcla (1:1) de heno de avena (*Avena sativa*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*), ambos procesados mecánicamente a dos tamaños de partícula: dieta A (12

mm) y dieta B (24 mm), con adición de sales minerales y sal común, formulada con adecuación a los requerimientos nutricionales para camélidos, estimados factorialmente (Van Saun, 2006).

El suministro de alimento fue tres veces por día (7, 12 y 16 horas). El recojo de residuos fue en forma diaria, a las 6 horas.

Tabla 1. Dieta experimental para la alimentación de llamas y alpacas machos.

Alimentos	Mezcla %	Valor nutricional de la mezcla (en 100 % de materia seca)	
Heno de avena	49.80	Energía Metabol., kcal/g	2.178
Heno de alfalfa	49.80	Proteína Cruda, % mín.	12.00
Suplemento comercial®	0.200	Fósforo, % mín.	0.30
Sal común	0.200	Sodio, % mín.	0.18
Total	100	FDN, % mín.	51.56

Medición de las variables en estudio

Los animales, previo a un período de acostumbramiento de 15 días, fueron alimentados en forma grupal con la mezcla forrajera, dentro de su tratamiento, en consumo *ad libitum* por un período de 90 días. Las cantidades fueron ajustándose conforme la evolución del peso vivo. En forma diaria se hizo el control de alimento ofrecido y alimento rechazado en colectivo. El control de peso vivo fue quincenal. Las mediciones de metano fueron en forma diaria. El consumo de materia seca se estimó mediante balance de energía, como la diferencia entre el requerimiento energético de los animales, kcal/día dividido por el contenido de energía metabolizable del alimento, 2226 kcal/kg de materia seca en llamas y 2212 kcal/kg de materia seca en alpacas; la ganancia de peso, por diferencia entre el peso inicial y el peso final; y la producción de metano, mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), con el analizador de gases Gasmeter 4030 (Lassen *et al.*, 2012), en una cámara de acumulación de gases (Goopy *et al.*, 2011), dos veces por día (6:00 y 18:00 horas) (Tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos energéticos diarios de llamas y alpacas machos en crecimiento.

Especie	Mantenimiento	Ganancia de peso
Llamas	$EM_m = 86.4 \text{ kcal/kgPV}^{0.75}$	$EM_g = 9.2 \text{ kcal/g de peso}$
Alpacas	$EM_m = 82.6 \text{ kcal/kgPV}^{0.75}$	$EM_g = 11.4 \text{ kcal/g de peso}$

Fuente: Roque *et al.*, (2019). En prensa.

Los datos fueron expresados con medidas de tendencia central y dispersión (promedio y desviación estándar, respectivamente). Los datos de consumo de materia seca, ganancia de peso y producción de metano se evaluaron a través del análisis de varianza en diseño completo al azar con arreglo factorial 2 x 2 en diseño, con dos especies (llamas y alpacas) y dos tamaños de partícula del alimento procesado (Grupo A 12 mm ϕ y Grupo B 24 mm ϕ), con 5 réplicas por grupo, con el programa VassarStats.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de materia seca en llamas y alpacas

Los promedios para consumo de materia seca kg/día , $\text{g/W}_{\text{kg}}^{0.75}/\text{día}$, % del peso vivo, en llamas y alpacas, con letras diferentes en las mismas fila indican que existe diferencia estadística en el consumo de materia seca por efecto tamaño partícula de forraje de la dieta experimental, grupo A (alimento molido a 12 mm ϕ) frente al grupo B (alimento picado a 24 mm ϕ) de tamaño partícula del forraje,



estos resultados reflejan que los animales alimentados con la dieta experimental a 24 mm ϕ grupo B mostraron mayor consumo de materia seca con relación a 12 mm ϕ grupo A, este efecto se observó tanto en llamas como alpacas respectivamente ($p < 0.05$).

Estas diferencias se pueden atribuir a varios factores intrínsecos y extrínsecos que intervienen en el consumo de materia seca, una de ellas es la selectividad que los camélidos desarrollaron por su adaptabilidad de sobrevivir en ambientes áridos esta cualidad de los camélidos es independiente al factor especie, siendo así que las llamas tienen preferencia a los forrajes fibrosos de mayor tamaño de partícula altos en fibra y bajos en proteína por sus características selectivas se le considera como ramoneadores (Pinares-Patiño *et al.*, 2003) (Tabla 3).

Tabla 3. Consumo de materia seca de dietas con diferentes tamaños de partícula en llamas y alpacas.

Variables	Llamas		Alpacas	
	12 mm ϕ (n = 5)	24 mm ϕ (n = 5)	12 mm ϕ (n = 5)	24 mm ϕ (n = 5)
Peso corporal promedio, 90 días	108.55	117.63	53.19	54.52
Peso metabólico promedio, $W_{kg}^{0.75}$	33.59	35.69	19.69	20.05
Ganancia de peso, g/día/animal.	180.00	250.22	80.89	86.22
Partición de EM, kcal				
PC; $EM_m = 86.95 \text{ kcal}/W_{kg}^{0.75} / \text{día}^1$	2,920.65	3,103.25	1,647.86	1,677.98
RE; $EM_g = 10.88 \text{ kcal}/g^2$	1,958.40	2,722.39	880.08	938.07
Consumo de energía metabolizable (EM_c)				
EM_c , kcal/día	4,879.05	5,825.64	2,527.94	2,616.06
EM_c , kcal/ $W_{kg}^{0.75}$ /día	145.25	163.23	128.39	130.48
Consumo de MS, promedio kg/día ³	2.240 ^b	2.675 ^a	1.161 ^b	1.201 ^a
Consumo de materia seca, g/ $W_{kg}^{0.75}$ /día	66.69 ^b	74.94 ^a	58.95 ^b	59.91 ^a
Proporción del peso vivo, %	2.06	2.27	2.18	2.20
Humedad del alimento H° , %	10	8	10	8
Consumo de alimento como tal, MF	2.49	2.907	1.290	1.306
Alimento ofrecido, kg/día. MS	2.520	2.760	1.260	1.288
Alimento rechazado kg/día. MS	0.280	0.085	0.099	0.087

EM= Energía metabolizable, PC= Producción de calor, RE= Retención de energía.

^{1,2} Estimado con requerimientos energético para llamas (Ramirez, 2017).

³ Energía metabolizable del alimento: $EM = 2178.0 \text{ kcal}/\text{kg MS}$.

El consumo de materia seca depende de la composición química del alimento, la disponibilidad, y la digestibilidad del forraje (Trabalza *et al.*, 2001); depende también del contenido de proteína (San Martín y Bryant, 1989), y fibra detergente neutro del forraje. La fibra dietaria (fibra efectiva, fibra física, fibra funcional o FDN efectiva) es uno de los componentes dietarios que influye en el consumo de materia seca, este factor a su vez está relacionado con la tasa de pasaje ruminal, esto significa que los procesamientos físicos de los forrajes influyen en el consumo es decir que a menor tamaño partícula del forraje es menor el consumo de alimento (Ángeles, 2014).

Ganancia de peso corporal en llamas y alpacas

Los promedios para ganancia de peso, kg/día para llamas y alpacas alimentadas con concentrado fibroso elaborado con pacas de avena y alfalfa durante un periodo de 90 días, con mínima actividad física y en ambiente termo neutral, con letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia estadística en ganancia de peso g/día para el factor especie y el factor dieta experimental del grupo A;



alimento picado a 12 mm de diámetro frente a la dieta experimental del grupo B; alimento picado a 24 mm de diámetro del tamaño de partícula del forraje, ($p < 0.05$) (Tabla 4).

Tabla 4. Ganancia de peso vivo en llamas y alpacas alimentadas con dietas de diferente tamaño de partícula. Período de alimentación, 90 días.

Variables	Llamas		Alpacas	
	12 mm \emptyset (n = 5)	24 mm \emptyset (n = 5)	12 mm \emptyset (n = 5)	24 mm \emptyset (n = 5)
Peso inicial, kg	99.08 \pm 12.60	103.32 \pm 5.55	49.08 \pm 1.98	49.92 \pm 2.91
Peso final, kg	115.28 \pm 13.88	125.84 \pm 7.90	56.36 \pm 2.34	57.68 \pm 4.09
Peso metabólico promedio, $W_{kg}^{0.75}$	33.59 \pm 2.91	35.69 \pm 1.44	19.69 \pm 0.65	20.05 \pm 1.02
Ganancia de peso, kg en 90 días	16.20 ^b \pm 5.73	22.52 ^a \pm 2.90	7.28 ^b \pm 0.90	7.76 ^a \pm 1.90
Ganancia de peso, kg/día/animal.	0.180 ^b \pm 0.064	0.250 ^a \pm 0.032	0.081 ^b \pm 0.010	0.086 ^a \pm 0.021
Ganancia de peso corporal, g/ $W_{kg}^{0.75}$ /día	5.35 \pm 1.90	6.99 \pm 0.71	4.11 \pm 0.48	4.28 \pm 0.95

Donde las llamas y alpacas que consumieron la dieta experimental B; 24 mm \emptyset del tamaño partícula mostraron una mayor ganancia de peso en comparación con los animales fueron alimentados con la dieta experimental A; 12 mm \emptyset de tamaño partícula. Estos resultados se deberían al contenido de la fibra física dietaria, asociada a la tasa de pasaje de la ingesta siendo de mayor tiempo de fermentación para la dieta experimental B (24 mm \emptyset de tamaño partícula del forraje), lo que garantiza una mayor digestión del alimento, el tipo de carbohidrato fibrosos procesado mecánicamente tiene una alta relación con la fermentación acetato:propionato además que facilita su digestión evitando el gasto energético para su metabolismo fermentativo (Carmona *et al.*, 2005).

Producción de metano entérico

La producción de metano entérico en llamas y alpacas alimentados con dos dietas experimentales grupo A; 12 mm y grupo B; 24 mm de diámetro del forraje procesado mecánicamente, para evaluar el efecto tamaño partícula del forraje sobre la producción de metano, con letras diferentes en la misma fila indican que existe diferencia significativa en la producción de metano para el factor especie ($p < 0.05$), sin embargo, no se observó diferencia estadística para el efecto dieta experimental (Tabla 5).

Tabla 5. Producción de metano en llamas y alpacas alimentadas con dietas con diferente tamaño de partícula. Período de alimentación, 90 días.

Variables	Llamas		Alpacas	
	12 mm \emptyset (n = 5)	24 mm \emptyset (n = 5)	12 mm \emptyset (n = 5)	24 mm \emptyset (n = 5)
PV, kg	108.55 ^a \pm 12.54	117.63 ^a \pm 6.27	53.19 ^b \pm 2.33	54.52 ^b \pm 3.74
$W_{kg}^{0.75}$	33.59 ^a \pm 2.91	35.69 ^a \pm 1.44	19.69 ^b \pm 0.65	20.05 ^b \pm 1.02
IMS, kg/d	2.240 ^a \pm 0.368	2.675 ^a \pm 0.211	1.161 ^b \pm 0.064	1.201 ^{ab} \pm 0.135
CH ₄ , ppm/20min	50.83 ^a \pm 7.79	55.025 ^a \pm 7.68	23.71 ^b \pm 3.54	28.65 ^b \pm 7.01
CH ₄ , g/d	24.61 ^a \pm 3.67	26.67 ^a \pm 3.49	11.53 ^b \pm 1.82	13.87 ^b \pm 3.39
CH ₄ , CO ₂ eq	615.14 \pm 91.66	666.63 \pm 87.23	288.34 \pm 45.61	346.77 \pm 84.72
CH ₄ , g/ $W_{kg}^{0.75}$	0.73 \pm 0.07	0.75 \pm 0.10	0.59 \pm 0.09	0.69 \pm 0.14



CH ₄ , mol/d	1.53 ^a ± 0.23	1.66 ^a ± 0.22	0.72 ^b ± 0.11	0.86 ^b ± 0.21
CH ₄ , g/kg MSI	11.06 ± 1.19	10.01 ± 1.38	9.97 ± 1.70	11.53 ± 2.23
CH ₄ , kcal/d	326.69 ^a ± 48.68	354.04 ^a ± 46.33	153.13 ^b ± 24.22	184.16 ^b ± 44.99
CH ₄ , L/d	59.75 ^a ± 9.11	64.95 ^a ± 9.02	28.06 ^b ± 4.19	33.89 ^b ± 8.28
CH ₄ , L/Kg MSI	26.85 ± 2.87	24.37 ± 3.41	24.24 ± 3.90	28.17 ± 5.67
CH ₄ , L/W _{kg} ^{0.75}	1.77 ± 0.18	1.82 ± 0.24	1.42 ± 0.20	1.68 ± 0.35

Estos resultados se deberían al tipo procesamiento físico de los forrajes no habiendo una diferencia amplia entre el rango de molienda que fue de 12 y 24 mm de diámetro del tamaño partícula. Así mismo la manipulación física de los forrajes producen una fermentación propionica este tipo de fermentación es común en los sistemas de alimentación de rumiantes donde se suministran altas cantidades de concentrados donde participa el tratamiento físico de los forrajes (Johnson y Johnson, 1995). El picado y peletizado de los forrajes son los procesamientos más utilizados para disminuir la producción de metano. Este aspecto al parecer se debe a la rápida tasa de pasaje que contribuye a la disminución en la producción de este gas. Pero cuando el consumo no es adecuado este efecto se pierde (Roque, 2012; Vargas, 2013; Cerón, 2016).

CONCLUSIONES

El procesamiento forrajero tiene efecto en la respuesta animal de llamas y alpacas, con un mayor consumo de alimento y ganancia de peso vivo con dietas de mayor tamaño de partícula, mientras que la producción de metano fue similar entre tamaños de partícula; sin embargo, en promedio las llamas producen más metano (25.6 g/día) que las alpacas (12.7 g/día).

LITERATURA CITADA

- Ángeles, S. C. (2014). Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras, Departamento Nutrición Animal y Bioquímica FMVZ UNAM, (May). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/237315199>. AOAC. 2005. International. Official methods of analysis, 17th edition. -1381.
- Carmona, C, Zoot Esp, Diana B. y Luis G. . (2005). "El Gas Metano En La Producción Ganadera y Alternativas Para Medir Sus Emisiones y Aminorar Su Impacto a Nivel Ambiental y Productivo." 18: 49-63.
- Cerón Cucchi, M.E, 2016. "CONFERENCE TITLE Diversidad Microbiana Del Estómago de Los Camélidos Sudamericanos." (Octubre 2015).
- Dehority BA (2003). Rumen microbiology. (Nottingham University Press ed.). Nottingham UK. 372 pp.
- FAO. 2005. Situación Actual de los Camélidos Sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914.
- FAO. (2009). Howtofeedtheworld in 2050. 2009. towards 2030/2050. High-Level Expert Forum.Rome 12-13 October 2009. FAO, Rome.
- Flores, E. y Guevara, V. (1994). Estimation of Metabolizable Energy Requirements for Maintenance and Gain in Growing Alpacas (Lama pacos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Genin, D., Abasto, P., Choque S. y Magne, J. (2002). Dung ash treatment of a native forage to improve livestock feeding in low-input Andean pastoral systems. *Livestock Research for Rural Development*. 14: 1-7.
- Genin, D., Villca, Z. y Abasto, p. (1994). Diet selection and utilization by llama and sheep in a high altitude-arid rangeland of Bolivia. *J. Range Manag.* 47:245-248.
- Goopy, P., Woodgate, R., Donaldson, A., Robinson, D. L., & Hegarty, R. S. (2011). Validation of a short-term methane measurement using portable static chambers to estimate daily methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 219-226.
- Heinrichs, A. J., Lammers, B. P y Buckmaster, D. R. (1999). Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 180-186.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. En *Metodología de la Investigación* (6ª ed., pp. 170-191). México: McGraw-Hill. (2014).
- Hook, S. E., Wright, G. y McBride, B. W. (2010). Methanogens: Methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea*. 2010:1-11.
- IICAT, Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Tecnología. (2016). "Composición de La Ingesta Seleccionada Por Llamas (Lama Glama , Linnaeus (1758). de La Provincia José Manuel Pando , Municipio Santiago De Machaca



- Composition Selected by Llamas Intake (Lama Glama , Linnaeus 1758) of José Manuel Pando Province , Municip.” 2(1).
- Iñiguez, L, Alem R, Wauer A y Mueller J. (1998). Fleece types, fiber characteristics and production system of an outstanding llama population from Southern Bolivia. *Small Ruminant Res* 30: 57-65.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate change, the physical science basis*. Camb. Univ. Press, Cambridge, U.K.
- Janssen, P.H. y M. Kirs, 2008. Structure of the archaeal community of the rumen. *Applied and environmental microbiology*. 74:3619-3625.
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B. y Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. *Environmental Science and Technology* 28, 359-362.
- Johnson, K.A. y D.E. Johnson, (1995). Methane Emissions. *J. Anim. Sci.* 73: 2483-2492.
- Kim, M., Morrison, M. y Z. Yu. (2011). Status of the phylogenetic diversity census of ruminal microbiomes. *Fems microbiology ecology*. 76:49-63.
- Knapp, J. R., Laur G. L., Vadas P. A., Weiss W. P., y Tricarico J.M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy Sci.*, 97:3231-3261.
- Kristjanson P., Krishna,A., Radeny, M., Kuan, J., QuilcaG., Sanchez-Urrelo ,A. y Leon-Velarde, C. (2007). Poverty dynamics and the role of livestock in the Peruvian Andes. *Agricultural Systems*, 94:294-308.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de Experimentos. Principios Estadísticos para el Diseño y Análisis de Investigaciones*. Versión Española de la 2da Edición. Thomson-Learning. TheUniversity of Arizona.
- Lassen, J., Løvendahl, P. y Madsen, J. (2012). Accuracy of noninvasive breath methane measurements using Fourier transform infrared methods on individual cows. *J. Dairy Sci.*, 95:890-898.
- Lund, K. E., Maloney, S. K., Milton, J. T. B. y Blache, D. (2012). Gradual training of alpacas to the confinement of metabolism pens reduces stress when normal excretion behavior is accommodated. *ILAR Journal*. 53: E22-E30.
- Madsen, J., Bjerg, B. S., Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R. y Lund, (2010). Methane and carbon dioxide ratio in excreted air for quantification of methane production in ruminants. *Livest. Sci.*, 129:223-227.
- Mahecha, L. Liliana, A. Joaquín Angulo, Ernández Barragán, y Wilson, Á. (2017). “Calidad Nutricional, Dinámica Fermentativa y Producción de Metano de Arreglos Silvopastoriles.” *Agronomía Mesoamericana* 28(2):371.
- Manrique, A., Riveros, A., Fiorella, A., Sigua, O. y Contreras, J. (2018). Composición botánica de la dieta seleccionada por vicuñas (*Vicugna vicugna*) y especies domésticas (*Vicugna pacos*, *Lama glama* y *Ovis aries*) en simpatía.
- Moré G., C. Regensburger, M. L. Gos, L. Pardini, S. K. Verma, J. Ctibor, M. E. Serrano-Martínez, J. P. Dubey, y M. C. Venturini. (2016). *Sarcocystis masoni*, n. sp. (Apicomplexa: Sarcocystidae), and redescription of *Sarcocystis aucheniae* from llama (*Lama glama*), guanaco (*Lama guanicoe*) and alpaca (*Vicugna pacos*). *Parasitology*, 143(5):617-626.
- Patra A. K. (2016). Recent advances in measurement and dietary mitigation of enteric methane emissions in ruminants. *Front. Vet. Sci.*, 3:39.
- Pinares-Patiño, C. S., Ulyatt, M. J., Waghorn, G. C., Lassey, K. R., y Barry. T. N. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial yegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *J. Agric. Sci.*, 140:215-226.
- Pinto, C., Martín y M. D. (2010). South american camelids: classification, origen and characteristics. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 4(1):2336.
- Polidori, P., Renieri, C., Antonini, M. y Lebboroni, G. (2007). Llama Meat Nutritional Properties. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6 (S1): 857-858.
- Ramírez, J. (2017). Efecto del nivel de consumo de alimento sobre la retención de energía en llamas y alpacas. Tesis de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional del altiplano Puno- Perú.
- Randolph, T. F., Schelling, E., Grace, D., Nicholson, F., Leroy, L., Cole, C., Demment, M. W., Omoro, O., Zinsstag, J. y Ruel, M. (2007). Invited Review: Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries. *J. Anim. Sci.*, 85:2788-2800.
- Reiner, R. J., Bryant, F. C., Farfan, R. D. y Craddock B. F. (1987). Forage intake of alpacas grazing andean rangeland in Perú. *J. Anim. Sci.*, 64:868-871.
- Roque, B. (2009). Determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento y ganancia de peso de alpacas (*Vicugna pacos*) en crecimiento mediante la técnica de sacrificio comparativo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Roque, B., J. L. Bautista, M. J. Aranibar, R. D. Rojas, D. Pineda, A. Flores, F. Rojas y C. Pinares. (2012). Uso de concentrado fibroso en el incremento de la productividad y la disminución de las emisiones de metano entérico en ganadería de altura. XXXV Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA 2012). Libro de Resúmenes, pp 11-19.
- Saeed M. A., Rashid, M. H., Vaughan, J. y Jabbar, A. (2018). Sarcocystosis in South American camelids: The state of play revisited. *Parasites & Vectors*, 11:146.
- San Martín, F. y Bryant, F. C. (1989). Nutrition of domesticated South American llamas and sheep. *Small Ruminant Res*. 2:191-216.
- SENAMHI. 2018. Servicio nacional de meteorología e hidrografía Puno - Perú.
- Smith, J., K. Sones, D. Grace, S. MacMillan, S. Tarawali, and M. Herrero. 2013. Beyond milk, meat, and eggs: Role of livestock in food and nutrition security. *Anim. Front.*, 3:6-13.
- Suman, S. P., y McMillin, K. W. (2014). Contributions of non-traditional meat animals to global food security and agricultural economy. *Anim. Front.*, 4:4-5.
- Tajima, K., T., Nagamine, H. Matsui, M. Nakamura, y Aminov, R.I. (2001). Phylogenetic analysis of archaeal 16s rRNA libraries from the rumen suggests the existence of a novel group of archaeas not associated with known methanogens. *Fems microbiology letters*. 200: 67-72.



- Tayyab U., Wilkinson, R. G., Charlton, G. L., Reynolds, C. K. y Sinclair, L. A. (2018). Grass silage particle size when fed with or without maize silage alters performance, reticular pH and metabolism of Holstein-Friesian dairy cows. *Animal*, 9:1-9.
- Teye, F. K., Alkkiomaki, E., Simojoki, A. Pastell, M. y Ahokas, J. (2009). Instrumentation, measurement and performance of three air quality measurement systems for dairy buildings. *Appl. Eng. Agric.*, 25:247-256.
- Thomson A. L., D. J. Humphries, A. K. Jones, and C. K. Reynolds (2017). The effect of varying proportion and chop length of lucerne silage in a maize silage-based total mixed ration on diet digestibility and milk yield in dairy cattle. *Animal*, 11(12):2211-2219.
- Trabalza, M., C. Stelletta., D. Beghelli., y Morgante, V. (2001). Feeding behavior and energy metabolism of alpaca in central Italy during late pregnancy and early lactation. *Progress in South American Camelids research*, EAAP publication No 105.
- Van Saun, R.J. (2006). Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Rum. Res.* 61:165-186.
- Vargas Martínez y Juan de Jesús. (2013). "Producción de Metano in Vitro e in Vivo de Gramíneas y Leguminosas Presentes En Sistemas de Producción Bovina En Trópico Alto Colombiano.": 137. <http://www.bdigital.unal.edu.co/11743/>.
- Zhao Y. G., Annett, R. y Yan. (2017). Effects of forage types on digestibility, methane emissions, and nitrogen utilization efficiency in two genotypes of hill ewes. *J. Anim. Sci.*, 95(8):3762-3771.

