



Rendimiento productivo de corderas mestizas alimentadas con tamo de quinua tratada con urea

Productive performance of crossbred ewe lambs fed quinoa chaff treated with urea

Iván Analuisa-Aroca^{1*}; Ruth Solorzano²; Tania Solorzano³

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ESPAM-MFL, Calceta, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Pecuarias, Ingeniería en Zootecnia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

³ Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

ORCID of the authors:

I. Analuisa-Aroca: <https://orcid.org/0000-0002-3798-3122>

R. Solorzano: <https://orcid.org/0009-0006-3979-9368>

T. Solorzano: <https://orcid.org/0000-0002-7758-5081>

RESUMEN

La producción ovina ecuatoriana se realiza en pastos, con bajos porcentajes de proteína y altos niveles de fibra que repercute en las bajas ganancias de peso. Se evaluó en 16 corderos hembras mestizas con un peso inicial de 28.06 kg, el estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial del tamo de quinua en la ingesta, digestibilidad *in vitro* y aporte de energía en proporciones de 0, 100, 200 y 300 gramos del tamo y su rendimiento productivo en corderas mestizas a los 120 días. Se utilizó el diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) en Infostat, posteriormente la prueba de Tukey con los valores significativos de F ($p < 0,01$). Las dietas originaron una ganancia de peso entre 3,74 y 10,49 kg. Acorde las condiciones experimentales el uso de tamo de quinua en raciones. Sin embargo, todas las dietas fueron variables y viables en la alimentación de las corderas hembras proporcionando diferencias en la conversión alimenticia entre 3.13 a 6,52 según la formulación de la dieta. El contenido de tamo de quinua (300 g) mejora la ingesta de nutrientes, sin afectar los hábitos de consumo.

Palabras clave: digestibilidad; ganancia de peso; ovinos; tamo de quinua.

ABSTRACT

Ecuadorian sheep production takes place on pastures with low protein percentages and high fiber levels, which results in low weight gains. The study evaluated 16 crossbred female lambs with an initial weight of 28.06 kg. The study aimed to evaluate the potential of quinoa chaff in terms of intake, *in vitro* digestibility, and energy contribution in proportions of 0, 100, 200, and 300 grams of chaff and its productive performance in crossbred ewe lambs at 120 days. A completely randomized design was used, with four treatments and four replicates. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) in Infostat (2020), followed by Tukey's test with significant F values ($p < 0.01$). The diets resulted in weight gains between 3.74 and 10.49 kg. According to the experimental conditions, the use of quinoa chaff in rations. However, all diets were variable and viable in feeding female lambs, providing differences in feed conversion between 3.13 and 6.52 depending on the diet formulation. The quinoa chaff content (300 g) improves nutrient intake without affecting consumption habits.

Keywords: digestibility; weight gain; sheep; quinoa chaff.

1. Introducción

La alimentación representa el mayor de los costos de producción en cualquier explotación pecuaria alcanzando hasta 70 por ciento, por lo que las tendencias de la producción ovina hacen uso de dietas alimenticias más eficientes y baratas que permitan mayores ganancias. Los productores han usado los esquilmos de maíz para la alimentación del ganado, pero no se han preocupado por hacer más eficiente su uso mediante técnicas de procesamiento químico y/o mecánico que estén disponibles, que sean económicas y sencillas (Castaño-Jiménez & Loaiza Rios, 2023; Coll, 2016). Las principales cosechas producen grandes volúmenes de subproductos fibrosos, como: rastrojo de maíz, de quinua, pajas de sorgo y trigo, afrecho de fréjol, etc; de la transformación agroindustrial de la caña de azúcar, café y frutos se obtienen cantidades considerables de bagazos, pulpas y residuos diversos. Todos estos subproductos se están trabajando en el área de la transformación de los desperdicios. Sin embargo, pocos procesos biotecnológicos, actualmente se han desarrollado para la transformación agroindustrial de esta biomasa celulósica (pajas, bagazos y rastrojos) bastante se ha especulado sobre la transformación de estas materias primas en proteína (Zamzam et al., 2025).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es nativa de las laderas de los Andes; los indígenas de Ecuador, Perú y Bolivia, sur de Colombia, Chile y norte de Argentina la han utilizado desde tiempos ancestrales, particularmente en regiones dominadas por los incas para diversos platos pues la consideran, el alimento de los dioses (Anchico-Jojoa, Montes-Rojas, et al., 2023; Castro-Albán et al., 2023). La proteína de la quinua es rica en histidina y lisina, aminoácidos limitantes en granos como los cereales y se aproxima al patrón dado por la FAO para los requerimientos nutricionales de humanos; lo anterior le confiere un alto valor nutritivo, aspecto que actualmente es atractivo para los mercados nacional e internacional, esto sumado al resurgimiento del cultivo de quinua, sin embargo, hoy uno de los retos más importantes desde su rescate como cultivo de importancia económica y tras la variación de la oferta, con sobreproducciones y producciones bajas secuencialmente (Castro-Albán et al., 2023; Guallo Paca et al., 2022).

En Ecuador en especial la provincia de Chimborazo cuenta con 2366 productores orgánicos asociados de quinua que pertenecen a Maquita Cushunchic (MCCH) y Escuelas

Radiofónicas Populares del Ecuador (ERPE), por el alcance geográfico de su organización, por su producción orgánica certificada con enfoque de exportación y por su prestigio a nivel nacional por sus prácticas sostenibles (Guallo Paca et al., 2022; Villaroel, 2021). El sistema de comercialización dentro de la cadena de valor de la quinua orgánica, si se mantiene en su forma actual, debe mejorar el potencial de los granos andinos para generar mejores resultados en la comercialización de los pequeños productores, quienes viven además de los pequeños rumiantes en las zonas altas del país (Analuisa et al., 2020; Organización Internacional del Trabajo, 2016). Una de las condiciones donde se produce quinua está presente en hogares rurales en su mayoría pequeños agricultores que viven en regiones pobladas y zonas vulnerables, donde la respuesta biológica al rendimiento de cultivos es mínima (Lozano-Povis et al., 2021).

Acorde reporta Castaño-Jiménez & Loaiza Rios, (2023), el único dato preciso sobre la digestibilidad de un alimento en particular, por un animal en particular, es aquel medido cuando el alimento es ofrecido a ese animal. En la práctica, sin embargo, el número de alimentos que deben ser probados, es mayor que la posibilidad de medirlos en experimentos con animales y en muchos casos, la cantidad de alimento disponible es muy pequeña para realizar esas pruebas, de manera que se ha dedicado mucho esfuerzo a la investigación de métodos de laboratorio para estimar la digestibilidad de los forrajes, los cuales sean adecuados para examinar muestras pequeñas de muchos forraje (Anchico-Jojoa, Peixoto, et al., 2023; Vinhas et al., 2021). A partir de estos valores de digestibilidad se puede derivar valores de nutrientes digestibles totales, equivalentes almidón y energía neta.

Las relaciones más frecuentemente estudiadas, son entre la digestibilidad de un forraje y su contenido de fracciones químicas, tales como proteína cruda, fibra cruda, celulosa y lignina. El método in vitro para las estimaciones en laboratorio de digestibilidad son muy utilizados en nutrición y alimentación de todas las especies animales (Bocanegra & Rochnotti, 2012).

La crianza ovina es una de las actividades que representa un alto porcentaje de ingresos económicos para los estratos más pobres y vulnerables del Ecuador, pero está sujeta a una alimentación deficiente con pastos de pobre calidad y cantidad, lo cual se refleja en los bajos índices productivos y reproductivos de estos animales (Banco Central del Ecuador, 2021).

Diseñar nuevas estrategias alimenticias que ayuden a fortalecer la alimentación animal es un reto en la investigación científica pecuaria, es aquí donde el profesional pecuario tiene que actuar, para ello se podría valer de todos los subproductos de la industria alimenticia que existe en gran cantidad y que en un bajo porcentaje se les da uso, como son: la harina, la cáscara de maracuyá entre otros, así como el producto en estudio que es el tamo de la quinua, productos reconocidos por su alto valor nutritivo y que hasta ahora no se han probado en la especie animal ovina, en espera es obtener una alta ganancia de peso y mejora de los parámetros productivos con la disminución de los costos de producción (Banco Central del Ecuador, 2021; Castaño-Jiménez & Loaiza Rios, 2023; Sánchez et al., 2013).

Las corderas mestizas en crecimiento, requieren de grandes cantidades de nutrientes y que con la alimentación convencional se los priva, solo cuando se logre cubrir todos los requerimientos nutricionales se espera tener en el futuro mejores animales para la reproducción que darán una descendencia con mayores posibilidades de superar los bajos parámetros productivos y reproductivos a los cuales están sujetos estos animales porque no nos hemos preocupado en mejorar su nutrición con alternativas no convencionales de alimentación, por lo que con el presente trabajo se espera superar esta deficiencia (Campos-Rodríguez et al., 2022; Castaño-Jiménez & Loaiza Rios, 2023).

Experiencias previas donde se sintetiza los resultados del comportamiento productivo y caracterización general de los diversos experimentos en ovinos, los factores que incidieron en la conversión alimenticia son la cantidad de suplemento, la calidad y cantidad de forraje, el peso vivo inicial y el sexo del animal (Noriega-Márquez et al., 2022; Rúa-Bustamante et al., 2022).

El objetivo de este estudio fue evaluar la digestibilidad in vitro, y el aporte de energía del tamo de la quinua tratado con urea y su efecto sobre la producción en ovejas mestizas utilizando tres niveles (100, 200, 300 g) de tamo de quinua con el 2% de melaza en la alimentación suplementaria de corderas mestizas en crecimiento.

2. Metodología

Descripción del lugar de estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Tunshi, en la Unidad Académica y de Investigación Ovina-Caprina (UAI OC), Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP) de la Escuela Superior

Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), cantón de Riobamba, Ecuador. La estación experimental ubicada a 79° 40' Longitud Oeste y 01° 65' de Latitud Sur, presenta variables bioclimáticas a una altitud de 2750 m.s.n.m, la precipitación media anual es de 575 mm, la humedad relativa de 60% y la temperatura anual media ronda los 15 °C (ESPOCH, 2025).

Previo al inicio del experimento se realizaron prácticas de bioseguridad, además de las adecuaciones del aprisco, para la identificación de los tratamientos con separadores de madera, equipados con comederos y bebederos para las dietas y suministro de agua, con una permanencia de 120 días, distribuidos en dos fases. Las corderas pasaron por un periodo de acostumbramiento de 15 días en los que consumieron tamo y una cantidad de suplemento, en la primera fase fue la determinación de la digestibilidad del tamo de la quinua, y la segunda fase, establecer el comportamiento productivo de las corderas mestizas en crecimiento que recibieron como suplemento el tamo de quinua más melaza.

Composición química de los residuos de la quinua

Posterior al muestreo y separación de la muestra total (lámina de hoja, tallo y material muerto) se realizó un análisis bromatológico utilizando el análisis aproximado de Weende (determinación de humedad inicial, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno) (FAO, 2024; Vinas et al., 2021).

Animales, tratamiento y dietas experimentales

Se utilizaron 16 corderos hembras mestizos, con un peso corporal inicial de $28,05 \pm 1,2$ kg. En la etapa inicial los animales fueron tratados contra ectoparásitos y endoparásitos, y distribuidos en los corrales correspondientes (1,0*1,2 m).

Para la formulación del suplemento alimenticio de las dietas en forma de ensilaje, compuesto de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) más melaza, la determinación de la digestibilidad del tamo de la quinua, las unidades experimentales fueron 5 muestras tomadas al azar del tamo sobrante de la producción de la quinua que mantiene el Programa de quinua desarrollado (ERPE), siendo el tamaño de cada unidad experimental (muestra) de 100 g.

Los datos se analizaron estadísticamente como un diseño completamente al azar utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de Infostat (2020) de acuerdo con el siguiente modelo (Torres, 2013):

$$\gamma_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

donde: γ_{ij} es la observación del parámetro en determinación, μ es la media general, α_i el efecto de los tratamientos y ε_{ij} el efecto del error experimental asociado a la observación γ_{ij} .

La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) según de la Rosa- Zariñana et al. (2023), se calculó con la MS inicial adicionada a cada funda de muestra y la MS residual obtenida por filtración utilizando la siguiente formula (2):

$$DIVMS = \frac{MS \text{ inicial} - MS \text{ residual}}{MS_{\text{inicial}}} * 100 \quad (2)$$

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presenta la composición del tamo de quinua usada en la investigación de los laboratorios referenciales. Los parámetros experimentales de impacto se muestran en la Tabla 2.

A los 30 días, los pesos de las corderas mestizas en crecimiento presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), por efecto de las cantidades de tamo de quinua aplicados en cada tratamiento, los animales que recibieron 100 y 300 g/día del tamo de quinua registraron los mayores pesos (37,08 y 38,11 kg, respectivamente), en contraste, en donde se aplicó suplemento, los pesos fueron inferiores (promedio de 30,86 kg), mientras que las corderas que fueron alimentadas la cantidad de 200 g/día de tamo de quinua, presentaron respuestas intermedias entre los tratamientos mencionados. Esta respuesta está respaldada por los resultados obtenidos al aplicar un análisis de la regresión donde se estableció que existe una relación entre el peso final que presentan las corderas frente a la cantidad de tamo de quinua suministrada en su alimentación de tendencia altamente significativa (Tabla 2).

Tabla 1

Composición química del tamo de quinua como ofrecido expresado en Materia Seca (MS)

Table 1

Chemical composition of quinoa straw as offered, expressed in Dry Matter (DM)

Fracción	INIAP ^a	ESPOCH ^b	Promedio
Materia seca, %	9,66	89,6	93,63
Humedad, %	2,34	10,4	6,37
Cenizas, %	15,65	15,59	15,62
Extracto etéreo, %	2,55	3,04	2,80
Proteína, %	15,23	13,11	14,63
Fibra, %	16,98	17,4	17,19
Extracto libre de nitrógeno, %	49,58	40,46	45,02
Digestibilidad in vitro, %			84,95
Energía digestible (Mcal/kg)			25,40

^a Laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

^b Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias (ESPOCH).

Tabla 2

Resumen de los resultados experimentales en los ovinos

Table 2

Summary of experimental results in sheep

Parámetros	Niveles de tamo de quinua					
	T0-0 g	T1-100 g	T2-200 g	T3-300 g	EE	Prob
Peso inicial, kg	27,13 a	30,59 a	26,88 a	27,63 a	0,736	0,266
Peso final, kg	30,86 b	37,08 a	34,55 ab	38,11 a	0,954	0,014
Ganancia de peso, kg	3,74 d	6,50 c	7,67 b	10,49 a	0,625	0,000
Consumo de forraje, kg ms/día	0,81 b	1,09 a	0,78 c	0,83 b	0,032	0,000
Consumo de tamo, kg ms/día	0,00 d	0,09 c	0,17 d	0,27 a	0,026	0,000
Consumo alimento día. kg ms	0,81 d	1,18 a	0,96 c	1,09 b	0,036	0,000
Consumo total, kg ms	24,38 d	35,25 a	28,81 c	32,84 b	1,068	0,000
Consumo diario de proteína, g	0,14 d	0,20 a	0,16 c	0,18 b	0,001	0,000
Consumo diario de ED Mcal	2,17 d	3,13 a	2,54 c	2,89 b	0,934	0,000
Conversión alimenticia	6,52 a	5,43 b	3,76 c	3,13 d	0,347	0,000
Costo/kg gan peso, dólares	2,28 a	1,86 b	1,25 c	1,03 d	0,127	0,000

EE Error estándar de la media.

abc Medias seguidas de letras diferentes difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a nivel del 1% de probabilidad.

El peso de los ovinos se mejora cuando se los suministra 100 g/día, tendencia que disminuye cuando se eleva a 200 g/día, y al aplicar un nivel de 300 g/día de tamo de quinua la relación indica nuevamente el mejoramiento en el peso que presentan los animales, comportamiento que demuestra que el tamo de quinua es asimilado y aprovechado en gran medida por los animales, debido al alto valor de digestibilidad que posee el alimento analizado, ya que los animales que recibieron este suplemento presentaron un mayor crecimiento y por consiguiente un mayor peso.

Los valores promedio de consumo del suplemento alimenticio por día que ingirieron las corderas registraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), por efecto de la adición de tamo de quinua en diferentes niveles, ya que las respuestas obtenidas están en función de las cantidades proporcionadas del suplemento objeto de estudio, aseveración que parte de los valores reportados ya que se obtuvieron consumos del tamo de quinua iguales a 0,09, 0,17 y 0,27 kg/día, que son sus equivalentes de las cantidades proporcionadas del suplemento (100, 200 y 300 g/día respectivamente). Los resultados obtenidos son respaldados por el hecho que los animales con mayor disponibilidad del tamo de quinua consumirán en mayor proporción dicho suplemento, lo que mejora su desarrollo por lo mencionado previamente, en vista a la mejor digestión, disponibilidad de nutrientes por el tratamiento químico con la urea, equilibrio en el contenido de nutrientes que maximiza el aprovechamiento de los mismos, factores productivos que se traducen una mejor rentabilidad.

Al respecto Castaño-Jiménez & Loaiza Ríos, (2023) evaluaron la digestibilidad en ovinos de la raza OPC alimentados con ensilaje de

Pennisetum purpureum suplementados con afrecho de yuca, en Colombia, registraron que no afecta el consumo total en base húmeda, ni de forraje. Existiendo diferencias en el consumo de afrecho de yuca e igual forma se encontraron diferencias en el consumo de MS (total, relativo al PV y peso metabólico). El tamo de quinua químicamente tratado con urea mejora la disponibilidad de los nutrientes para la digestión de los animales, es decir, que la urea transforma la composición de la quinua a componentes de menor complejidad facilitando los procesos metabólicos que generan el desarrollo productivo de los animales.

Según Bevenuto da Silva et al. (2022), al utilizar ensilaje con base a nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) en la alimentación de 40 corderos machos cruzados intactos, en el Campo experimental de Caatinga, municipio de Petrolina en Brasil, obtuvieron una ingesta de 820 gr/animal/día, con una fermentación deseable y alta aceptabilidad de los animales valores más altos a los recomendados por la NRC. A pesar de esta condición los animales no alcanzaron la ganancia diaria esperada de los 200 g.

Actualmente no se dispone de estudios del tamo de la quinua, sin embargo en los estudios de quinua con base a Campos-Rodriguez et al., (2022), al comparar presenta valores nutricionales (g/100 g de materia seca) en humedad de 13,30, energía (kcal) 368, fibra 7, cenizas de 2,38, proteína con 14,10, además de tener un balance aminoácido alto en lisina, y metionina, además de minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso) y vitaminas, de igual forma en ácidos grasos y su conservación por el contenido de vitamina E.

Tabla 3

Variable	Alimento	Tratamiento	Valor	Referencia
Materia seca	Rastrojo de maíz	Físico (picado)	76,30%	Fuentes (2001)
	Torta gruesa de maíz	Químico (enzimas exógenas)	73,20%	Tang et al. (2008)
Contenido de proteína	Tamo de quinua	Químico (urea)	14,63%	Solórzano (2015)
	Harina zootécnica de maíz	Físico (molienda)	10,33%	Bressán (2008)
Digestibilidad <i>in vitro</i>	Tamo de quinua	Químico (urea)	84,95%	Solórzano (2015)
	Canavalia marítima	Físico (troceado)	64%	Sevilla et al. (2012)
	Rastrojo de maíz	Químico (urea)	61,13%	Sánchez (2012)
	Restos de caña de azúcar	Químico (hidróxido de sodio)	47,00%	Hanke (1985)
Energía digestible	Harina zootécnica de maíz	Físico (molienda)	37,90 Mcal/kg	Bressán (2008)
Cenizas	Avena Bachiniva	Físico (molienda)	7%	Zamudio-Flores (2015)
	De rastrojo de maíz	Físico (amoniaco)	1,76%	Fuentes (2001)

Valores significativos al estudio en la sierra de Huancayo y Cuzco en Perú de 17 variedades de quinua en el análisis proximal (porcentaje en base seca) con 9,79 de humedad, 17,27 de proteína, Grasa de 6,76, fibra bruta de 2,10 y cenizas de 3,07 presentados acorde a la Normativa Técnica Peruana 205.062 (de León Saavedra & del Carmen Valdez-Arana, 2021). Adicional, Manzanilla-Valdez et al. (2024) mencionan el contenido de factores anti-nutricionales (ANF) como: antocianinas, saponinas, lecitinas, taninos, oxalatos, inhibidores de tripsina, ácido fítico.

Sin embargo en un estudio diferencial de (Bai et al., 2025) al analizar las características del metano en el ensilaje de alfalfa, quinua y la mezcla, se observaron disminuciones significativas en el pH ruminal de los ovinos cuando se suplemento quinua al 50%, sin embargo, se observó un incremento en la relación acetato/propionato y los ácidos grasos volátiles junto con las emisiones totales de gas y CH₄ en aumento en la adición de quinua en el alimento.

Las pruebas de digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo, quedando disponibles para el animal; por lo que en base a estas afirmaciones, se considera que el tamo de quinua presenta ser altamente digestible por los ovinos, por cuanto el valor determinado de la digestibilidad in vitro fue de 84,95%, así como también posee un alto contenido energético que es alrededor de 2,54 Mcal/kg de tamo de quinua, de ahí que su empleo como suplemento alimenticio en las corderas mestizas en crecimiento, presentaron resultados halagadores como se verá al analizar el comportamiento productivo de estos animales. De igual manera para los valores de la digestibilidad in vitro de proteínas (porcentaje) de muestras en Perú, acorde a de León Saavedra & del Carmen Valdez-Arana (2021), reportan valores con un promedio de 83,6%, adicional no encontraron efectos negativos en la calidad proteica ni en la digestibilidad en presencia de saponinas en los granos. El aporte de forraje en las dietas es determinante en la digestibilidad para los ovinos, con menor proporción de forraje se observa mayor digestibilidad en las dietas con incrementos significativas de fibra (de la Rosa- Zariñana et al., 2023).

La alta digestibilidad de la quina se ve reflejada en su valor nutricional, la ventaja de la descomposición de la proteína por las enzimas digestivas (de Carvalho Oliveira et al., 2024). Acorde a la bibliografía la digestibilidad de

proteína in vitro (IVPD) puede incrementarse, disminuir o mantenerse sin cambios después del procesamiento, tipo y naturaleza de la proteína.

Para el mayor desarrollo de los animales es necesario que los mismos consuman una cantidad proporcional de proteína, en vista a que los principales nutrientes consumidos (carbohidratos y lípidos) son utilizados principalmente como fuente de energía y la proteína es destinada a la generación de la masa corporal resulta necesario que los animales que presenten una mayor ganancia de peso y conversión alimenticia registren además un mayor consumo de proteína para respaldar a los procesos biológicos que generan la ganancia de dicha masa. Aseveración que respalda los resultados obtenidos, en vista a que las corderas alimentadas con el tamo de quinua presentaron un mayor consumo de proteína por día, y además como se verificó previamente, dicho consumo es acompañado en por un mayor peso final de los animales y mayor ganancia de peso, variables de desarrollo que son sostenidas por el consumo de proteína.

La conversión alimenticia representa la eficiencia con que el alimento consumido se transforma en ganancia de peso, es decir, mide el aprovechamiento del alimento suministrado al animal y que se traduce en una mayor ganancia de peso. Como se registró previamente las corderas alimentadas con el tamo de quinua registraron mayores ganancias de peso, pesos finales y consumos de alimento y al realizar el análisis de la conversión alimenticia se registró que dicha tendencia se presenta además en la eficiencia del alimento para producir un mayor desarrollo en el animal, es decir que 1 kg de alimento donde se adiciono tamo de quinua por sus características genera una mayor ganancia de peso del animal que la misma cantidad de un alimento que no presente el suplemento de quinua, fundamento para inferir en que la quinua tratada químicamente con urea incrementa la eficiencia del alimento suministrado a las corderas.

El uso de derivados o sustitutos alimenticios tiene como objetivo la reducción de costos de alimentación y proporcionar la sostenibilidad de la producción pecuaria (Daza et al., 2025). Residuos como la fécula de yuca reemplaza al maíz en la alimentación de los ovinos disminuyendo significativamente los costos de producción (Cabral et al., 2025). La producción ovina para carne, lana y mixta en Ecuador, son extensivos y dependen directamente del crecimiento y calidad de los pastos y demás subproductos de cosecha.

El tamo de quinua es un recurso forrajero económico (\pm USD\$ 1,03 a 2,28) dependiendo de la concentración y producción teniendo un efecto directo en el costo de la dieta para la ganancia de peso (kg). Sin embargo, debemos considerar el crecimiento variable de la quinua durante el año, siendo el invierno la época donde no se dispone de forraje para la suplementación del requerimiento animal. En consecuencia, es en verano donde se expresa el mayor potencial productivo de la quinua y será el momento de conservar el tamo, para suplementar en épocas de escases.

4. Conclusiones

El tamo de quinua puede proveer una importante cantidad de forraje de buena calidad en los sistemas productivos y prácticas de manejo en ovinos, pero su contenido de pared celular puede afectar el consumo y la digestibilidad. Las diferencias en la composición del tamo de quinua pueden ser expuestas por factores bioclimáticos como el suelo, clima, prácticas sostenibles del cultivo y las variedades o fenotipo de la planta. Los resultados en la digestibilidad *in vitro* estuvieron dentro de los valores reportados en la literatura científica, pero se muestran cambios en el componente nutricional y funcional de la quinua. Los resultados sugieren una adición de tamo de quinua (300 gramos) como alternativa en la alimentación de ovinos mestizos puesto que aumenta la ingestión de nutrientes, sin afectar los hábitos de consumo y la disponibilidad de residuos de quinua en zonas altas de la sierra ecuatoriana.

El impacto de la digestibilidad *in vitro*, pueden deberse al desdoblamiento y accesibilidad a las enzimas digestivas. Se necesitan más investigaciones para dilucidar como influye la digestibilidad del consumo de tamo de quinua y comprender el efecto en las diferentes etapas de vida de los rumiantes menores y su influencia en el sexo del animal realizados.

Es necesario contrastar que la disponibilidad de los recursos en nuestro medio es escasos y acorde a los sistemas de explotación equiparan los costos de determinados factores en la producción, en nuestro caso la producción de la quinua fortalece la productividad y sostenibilidad de ovinos en los páramos. Se recomienda acorde los resultados mantener y considerar otros factores en el rendimiento productivo y reproductivos de las ovejas mestizas, considerando la disponibilidad del tamo de quinua tratada con diferentes niveles de urea.

Referencias bibliográficas

- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2024). *Manual de Análisis. Análisis Proximales*. <https://www.fao.org/4/AB489S/AB489S03.htm>
- Analuisa, I., García, S., & Paredes, P. (2020). Ensayo para medir el beneficio de la cadena de valor del chocho-Provincia de Cotopaxi. *Fipcaec*, 5(5), 40-61.
- Anchico-Jojoa, W., Montes-Rojas, C., Mosquera-Chacón, A., & Samboni-Zemanate, D. M. (2023). Agronomic evaluation of quinoa intercropped with coffee at an altitude of 1,800 m a.s.l. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 17(3), 1-10. <https://doi.org/10.17584/rcch.2023v17i3.16195>
- Anchico-Jojoa, W., Peixoto, J. R., & De Oliveira Junior, A. A. (2023). Physicochemical characterization and antioxidant capacity of quinoa progenies from Colombia, Brazil and Ecuador produced in the Brazilian Savanna. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 17(1), 1-11. <https://doi.org/10.17584/rcch.2023v17i1.15696>
- Bai, J., Tang, L., Liu, M., Jiao, T., & Zhao, G. (2025). Effects of substituting alfalfa silage with whole plant quinoa silage on rumen fermentation characteristics and rumen microbial community of sheep *in vitro*. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1565497>
- Banco Central del Ecuador, (BCE). (2021). Reporte de Coyuntura. Sector Agropecuario. En *Banco Central del Ecuador*.
- Bevenuto da Silva, J. K., Garcia Leal de Araújo, G., Santos, E. M., Silvade Oliveira, J. S., Sena Campos, F., Costa Gois, G., Santos Silva, T., Gomes da Silva Matias, A., Lolato Ribeiro, O., Fernandes Perazzo, A., & De Moura Zanine, A. (2022). Rendimiento de corderos alimentados con ensilaje como alimento total a base de nopal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 19-31. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5849>
- Bocanegra, D., & Rochnotti, D. (2012). Estimación de la digestibilidad *in vitro* mediante la técnica propuesta por Theodorou et al. (1994). *RIA*, 38(1994), 2011-2013.
- Cabral, I. da S., Oliveira, S. S., Silva, J. R. da, Azevêdo, J. A. G., Lima, R. F. de, Oliveira Junior, A. R. B. de, Oliveira, C. E. do A. S. R. de, Matos, I. G. da S., & Silva, T. C. da. (2025). Resíduo de fecularia de mandioca substitui o milho na alimentação de ovinos. *Observatório De La Economia Latinoamericana*, 23(6), e10247. <https://doi.org/10.55905/oelv23n6-056>
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Castañero-Jiménez, G., & Loaiza Rios, M. (2023). Ovinos OPC alimentados con ensilado de Pennisetum purpureum suplementados con afrecho de yuca. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 15(2), e990. <https://doi.org/10.24188/recia.v15.n2.2023.990>
- Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. del P., & Alvarado-Capó, Y. (2023). Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) nativa tipo Chimborazo en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 53229. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53229>
- Coll, F. (2016). Sector Agropecuario. *Estudio Integral de la Frontera México-Belice. Análisis Socioeconómico*, 77-98.
- Daza, J. I., Beltrán, I. E., González, V., Estroz, D., Reyes, C., Urrejola, J. L., & Moldenhauer, R. (2025). Efecto de la inclusión del bagazo cervicero sobre el rendimiento productivo y parámetros económicos de temeras en la Patagonia Chilena. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 2, 40-50. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v2i2.28>
- de Carvalho Oliveira, L., Santos, F. H., Janser Soares de Castro, R., Fonseca Monteiro, S., & Cristianini, M. (2024). Modulating the techno-functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein concentrate using high-pressure technologies and their impact on *in vitro* digestibility: A comparative study. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 97, 103833. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103833>
- de la Rosa-Zariñana, A., Miranda-Romero, L. A., Martínez-Hernández, P. A., Vargas-Villamil, L. M., & Elmasry, A. (2023). Nivel de proteína y energía en la fermentación *in vitro* de dietas

- para borregos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3545>
- de León Saavedra, P. P., & del Carmen Valdez-Arana, J. (2021). Nutritional and functional evaluation of 17 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) accessions cultivated in the Andean area of Peru. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 15-23. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.002>
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (ESPOCH). (2025). *Estación Agrometeorológica*. Estación Agrometeorológica. <https://www.esPOCH.edu.ec/estacion-agrometeorologica/>
- Guallo Paca, M. J., Andrade Albán, M. J., Mejía Gallegos, F. A., & Barahona Barrera, S. E. (2022). Inseguridad alimentaria y nivel de ansiedad en productores de quinoa de la provincia de Chimborazo. *Revista Cubana de Reumatología*, 24(2), 1-17.
- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). Climate change in the Andes and its impact on agriculture: a systematic review. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.012>
- Manzanilla-Valdez, M. L., Boesch, C., Orfila, C., Montañó, S., & Hernández-Álvarez, A. J. (2024). Unveiling the nutritional spectrum: A comprehensive analysis of protein quality and antinutritional factors in three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, X, 24. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101814>
- Noriega-Márquez, J., Hernández-Herrera, D., Bustamante-Yáñez, M., Álvarez-Franco, L., Ariza-Botero, M., Palacios-Erazo, Y., & Vergara-Garay, O. (2022). Curvas de crecimiento en ovino de pelo colombiano en los departamentos de Córdoba y Cesar, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1727>
- Organización Internacional del Trabajo, (OIT). (2016). *Análisis de la cadena de valor en el sector de la quinua en Perú* (OIT (ed.)). www.ilo.org/publns
- Rúa-Bustamante, C. V., Zambrano-Ortiz, J. R., Caballero-López, A. R., & Ríos-de-Álvarez, L. (2022). Floristic composition and nutritional quality of a meadow grazed by sheep in the dry Colombian Caribbean. *Pastos y Forrajes*, 45, 341-348.
- Sánchez, F., Moreno, E., Contreras, E., & Morales, J. (2013). Producción de forraje hidróponico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(4), 35-43. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.02.020>
- Torres, E. (2013). *Métodos Estadísticos Para la Investigación Experimental* (Compugraf ed.). Biblioteca Nacional de Perú.
- Villaroel, D. (2021). *Los desafíos de la quinua*. Diario la Prensa. <https://eldiarioderiobamba.com/2021/03/09/los-desafios-de-la-quinua/>
- Vinhas, L. C., Ítavo, C. C. B. F., do Valle, C. B., Dias, A. M., dos Santos Difante, G., da Graça Moraes, M., Soares, C. M., da Silva Pereira, C., & Oliveira, R. L. (2021). Brachiaria grasses in vitro digestibility with bovine and ovine ruminal liquid as inoculum. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 12(4), 1045-1060. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5294>
- Zamzam, N. S., Ogura, T., Wakayama, M., Mudgil, P., & Maqsood, S. (2025). Effect of hybrid animal-plant milk blends on metabolomic profiles, antioxidant capacities, and protein digestibility for potential infant nutrition applications. *Food Chemistry*, 487, 144675. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144675>

