



Heno de alfalfa en la dieta final para emús: rendimiento, producción de canal y alometría gastrointestinal

Iago SOS Damaceno¹ ; Camilla Alves Rodrigues¹ ; Gabriela SCP Corte-Real¹ ;
Marize Bastos de Matos² ; Karoll Andrea Alfonso Torres-Cordido^{1*} .

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Zootecnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

²Instituto Federal Fluminense, Campus Avançado de Cambuci, Cambuci, RJ, Brasil.

*Correspondencia: karoll@uenf.br

Recibido: Mayo 2022; Aceptado: Diciembre 2022; Publicado: Enero 2023.

RESUMEN

Objetivo. Se determinaron los resultados de la inclusión de heno de alfalfa en la dieta de los emús, como ensayo simple para analizar la práctica de campo de su uso como fuente de forraje similar a otras dietas de ratitas. **Materiales y métodos.** Los tratamientos consistieron en dos dietas, sin (dieta 1) o con (dieta 2) inclusión de heno de alfalfa. Veinte emús, con 38.4 semanas de edad media, se distribuyeron en los dos tratamientos y se alojaron en un sistema semiintensivo con alimentación y agua *ad libitum*. El peso corporal se evaluó semanalmente durante 13 semanas. Tras 91 días de ensayo, los emús fueron sacrificados y se midió el rendimiento de la canal y la alometría gastrointestinal. **Resultados.** La ganancia de peso acumulada fue menor ($p < 0.05$) con la ingesta de la dieta 2 que con la dieta 1, 2.12 y 2.08 kg, a las 11 y 12 semanas del inicio del ensayo, respectivamente. Además, la deposición de grasa abdominal y visceral en los emús alimentados con la dieta 2 fue un 0.77 y un 0.63% menor ($p < 0.05$), respectivamente. La inclusión de heno de alfalfa aumentó el peso relativo de la molleja y el intestino ($p < 0.05$) y la longitud relativa del intestino ($p < 0.05$), sin embargo, la alometría del ciego no se vio afectada ($p > 0.05$). **Conclusiones.** El heno de alfalfa puede comprometer negativamente el crecimiento y la deposición de grasa de los emús cuando se añade a la alimentación de los finalizadores, y alterar la alometría del tracto gastrointestinal.

Palabras clave: Alometría; ganado alternativo; grasas y aceites animales; *Dromaius novaehollandiae*; tránsito gastrointestinal; ratitas (*Fuentes: USDA, MeSH, tesaurus CAB*).

ABSTRACT

Objective. The results of the inclusion of alfalfa hay on emus diet were determined, as a plain trial to analyze the field practice of using it as a roughage source similar to other ratites diets. **Materials and methods.** The treatments consisted of two diets, without (diet 1) or with (diet 2) alfalfa hay inclusion. Twenty emus, with 38.4 weeks of mean age, were distributed in two treatments and housed in a semi-intensive system with *ad libitum* feed and water. The body weight was assessed weekly over 13 weeks. After 91 days of trial, the emus were slaughtered and the carcass yield and gastrointestinal allometry were measured. **Results.** Cumulative weight gain was lower ($p < 0.05$) by

Como citar (Vancouver).

Damaceno SOSI; Alves RC; Corte-Real GCP; Bastos de MM; Torres-Cordido KAA. Heno de alfalfa en la dieta para emús: rendimiento, producción de canal y alometría gastrointestinal. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(1):e2776. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2776>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

intake diet 2 than diet 1, 2.12 and 2.08 kg, at 11 and 12 weeks after the start of the trial, respectively. Further, abdominal and visceral fat deposition in the emus fed with diet 2 was 0.77 and 0.63% lower ($p < 0.05$), respectively. The inclusion of alfalfa hay increased gizzard and intestine relative weight ($p < 0.05$) and intestine relative length ($p < 0.05$), however, cecum allometry wasn't affected ($p > 0.05$). **Conclusions.** Alfalfa hay can negatively compromise the growth and fat deposition of emus when it is added to the finisher feed, and alter the allometry of the gastrointestinal tract.

Keywords: Allometry; alternative livestock; animal fats and oils; *Dromaius novaehollandiae*; gastrointestinal transit; ratites (Sources: USDA, MeSH, CAB thesaurus).

INTRODUCCIÓN

La producción de emús (*Dromaius novaehollandiae*) es una excelente alternativa a la de ñandúes (*Rhea americana*) y avestruces (*Struthio camelus*) porque los emús son muy dóciles y sus productos, como la carne, el aceite y los huevos, tienen un alto valor agregado (1). La carne de emú es roja, rica en hierro y baja en grasa y colesterol (2). Los músculos utilizados para los cortes comerciales de carne proceden de la extremidad pélvica, ya que los músculos pectorales tienen poco desarrollo. Los emús tienen un crecimiento lento, y la edad de sacrificio suele ser de 14 meses con unos 40 kg (3). El aceite de emú tiene un excelente perfil de ácidos grasos, ya que contiene todos los omegas (9, 6 y 3) y es rico en antioxidantes, por lo que se utiliza como suplemento antiinflamatorio. También tiene buenas propiedades cosméticas y se utiliza en medicina complementaria como potenciador de la penetración transdérmica (1). Las propiedades terapéuticas del aceite dependen del perfil de ácidos grasos de la dieta de los emús (1).

La inclusión de heno de alfalfa en la dieta de los emús en crecimiento es una práctica habitual, basada en los conocimientos prácticos de la alimentación de los avestruces. Sin embargo, el tracto gastrointestinal de los emús presenta una mayor similitud con el de los pollos de engorde que con el de los avestruces (4), lo que indica que la digestión de los emús se produce de forma similar a la de los pollos de engorde, con una fermentación limitada de la fibra. La anatomía comparada del tracto gastrointestinal de las ratites muestra que el emú carece de un órgano con capacidad fermentativa. En cambio, el intestino grueso distal y el ciego del avestruz y el ciego del ñandú están desarrollados (4,5). Las ratitas muestran una proporción intestinal de 2.03, 8.68 y 9.82% del peso corporal (PC), en emús, avestruces y ñandúes, respectivamente (6).

La recomendación del nivel de fibra bruta para el avestruz aumenta con la edad, desde el 6 - 8% en los iniciadores hasta el 15-17% en los reproductores, mientras que en las dietas de los emús se ha reducido al 9% (7). Un estudio incluyó 78 g kg⁻¹ de fibra bruta en el pienso de los emús y detectó la producción de ácidos grasos volátiles, principalmente acético y propiónico, en el intestino delgado de los emús. Los autores atribuyeron la detección de 79.4 mM de ácido acético en el intestino distal a la fermentación microbiana ileal de los compuestos fibrosos del pienso (8). Además, se demostró la producción de CH₄ en los pellets de alimentación de alfalfa de los emús (9). Se demostró la absorción y la contribución energética de los ácidos grasos volátiles en el avestruz (5), pero sería controvertido afirmarlo para los emús.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la inclusión de heno de alfalfa en la alimentación de los emús en la fase final de crecimiento sobre el tiempo de retención del alimento, el rendimiento, el rendimiento de la canal y la alometría del tracto gastrointestinal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y ética. El experimento se llevó a cabo en el Vivario Científico de Ratitas del Centro de Ciencias y Tecnologías Agrícolas de la Universidad Estatal del Norte Fluminense Darcy Ribeiro en Campos dos Goytacazes, Río de Janeiro, Brasil. El Comité de Ética Animal de la UENF aprobó esta investigación mediante el protocolo no. 346 de 2016. La duración del estudio fue de 100 d, del 18 de mayo al 26 de agosto de 2016.

Grupos de emús y alojamiento. En este estudio, 20 emús, nacidos en el vivario científico de la UENF y con una edad media de 38.4±3.2 semanas, fueron distribuidos en cuatro grupos de cinco aves cada uno según un procedimiento

descrito previamente (10). Los grupos tenían una media estandarizada de peso corporal de 21.94 ± 1.36 kg. Cada corral tenía un espacio abierto para correr y un espacio cubierto con un comedero manual y un bebedero automático, y tenían las mismas dimensiones. El periodo de prueba fue de 13 semanas. La temperatura media del aire fue de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ y la humedad relativa de $64 \pm 1\%$ durante el ensayo. Todas las aves recibieron comida y agua *ad libitum*. El periodo de prueba fue de 13 semanas. En la séptima semana se retiraron dos animales del ensayo para realizar exámenes de rutina, uno de cada tratamiento. Por lo tanto, cada tratamiento continuó con nueve animales.

Diseño experimental y tratamientos. Los grupos alojados al azar en los corrales, recibieron una de las dietas experimentales, asignadas al azar: Dieta 1, granos de maíz, harina de soja, base de aceite (soja) sin heno de alfalfa; Dieta 2, granos de maíz, harina de soja, heno de alfalfa y base de aceite con heno de alfalfa. En primer lugar, la dieta 2 se formuló ajustando la proteína bruta (PC) entre 200 y 170 g kg^{-1} , la energía metabolizable (EM) entre 2640 y 2860 kcal kg^{-1} y la fibra bruta (FC) de 60 a 80 g kg^{-1} de acuerdo con los requerimientos nutricionales de los emús entre las fases de crecimiento y acabado (7). A continuación, se formuló la dieta 1 (control) manteniendo los mismos niveles de PC, EM y FC de la dieta 2. La alfalfa es la fuente de forraje más utilizada en las dietas de las ratites (4,7). Los valores de CF, ME y CP del heno de alfalfa para las ratitas se indican en (7). Se utilizó arena como inerte para mantener un nivel de EM similar en ambas dietas. Para la formulación de las dietas se utilizó el programa informático Super Crac® (Tabla 1).

El tránsito gastrointestinal. El tiempo de adaptación a las dietas experimentales y al alojamiento fue de cinco días (10). El tiempo transcurrido desde la ingestión de alimento marcado (con 2% de óxido férrico) hasta la primera excreción de heces marcadas se registró durante cuatro días consecutivos (10).

Rendimiento. Se registraron el PC semanal de cada emú y la ingesta de alimento de cada grupo para determinar las variables de rendimiento de las aves a lo largo de 91 días: PC final, ganancia diaria, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia (ingesta de alimento/ganancia de peso) y consumo de alimento. En la última semana del estudio, se midió la ingesta de agua durante cinco días consecutivos con el uso de

recipientes de 20 L acoplados a cada bebedero, y se calculó la ingesta media diaria de agua y la relación ingesta de agua/ingesta de pienso (L kg^{-1}). La ingesta de agua se expresó en L por ave y día por corral.

Tabla 1. Alimentos y nutrientes de las dietas de los emús.

Alimentos g Kg^{-1}	Sin Roughage	Con Roughage
Maíz	519.3	442.8
Harina de soja 46%	341.0	294.5
Heno de alfalfa	-	170.4
Fosfato dicálcico	30.0	30.7
Inerte	65.2	20.2
Aceite	20.0	20.0
Piedra caliza	11.8	6.8
Premezcla ¹	6.0	6.0
Sault	4.7	4.7
DL-Metionina	1.6	2.0
L-Lisina	-	1.4
Cloruro de colina	0.4	0.4
Nutrientes calculados		
Energía metabolizable kcal kg^{-1}	2708	2708
Aves de corral digeribles con lisina g kg^{-1}	9.6	9.4
Metionina digerible para aves de corral g kg^{-1}	4.4	4.4
Proteína bruta g Kg^{-1}	200.5	200,5
Calcio	13.0	13.0
Sodio	2.0	2.0
Fósforo disponible	6.50	6.50
Análisis por NIRS ²		
Humedad g kg^{-1}	4.2	2.9
Grasa g kg^{-1}	2.4	3.1
Proteína bruta	17.1	20.9
Fibra bruta (CF)	29.3	71.2
NDF g Kg^{-1} de CF	467.0	468.0
ADF g Kg^{-1} de CF	71.0	149.0

¹Composición de la premezcla según el fabricante: vit. A (mínimo) 1.500.000 UI, vit. D3 (mín.) 500.000 UI, vit. E (mín.) 5.000 UI, vit. K3 (mín.) 200 mg, vit. B2 (mín.) 1.000 mg, vit. B6 (mín.) 200 mg, Vit. B12 (mín.) 3.000 mcg, Pantotenato de calcio (mín.) 2500 mg, Niacina B6 (min) 3.000 mg, Biotina (min) 20 mg, Ácido Fólico (min) 100 mg, BHT 500 mg, Hierro (min) 10 g, Cobre (min) 2.500 mg, Cobalto (min) 30 mg, Yodo (min) 70 mg, Manganeso (min) 18 g, Zinc g, Selenio (min) 50 mg.

²Análisis realizados por NIRS (Espectroscopia de infrarrojo cercano).

Rendimiento de la canal. Tras 13 semanas de tratamiento, los emús, de entre 48 y 54 semanas de edad, fueron ayunados durante 12 h, pesados y sacrificados; a continuación se determinó el rendimiento de la canal. Tras el desangrado, se retiraron las alas, la cabeza, la piel, las patas y las vísceras, y la parte restante se consideró canal. La grasa abdominal (adherida a la pared abdominal) y la grasa visceral (adherida a las

vísceras y al mesenterio) se retiraron y se pesaron por separado. El rendimiento de la canal, la grasa abdominal y la visceral se expresaron en peso absoluto (kg) y en peso relativo (%) con respecto al peso corporal del ave en ayunas.

Alometría gastrointestinal. Se pesaron los órganos del tracto gastrointestinal (proventrículo, molleja, intestino delgado y ciego). También se midió la longitud intestinal y cecal. El peso de los órganos se expresó en proporción al peso corporal en ayunas, la alometría del tracto digestivo. Los análisis se realizaron en la Escuela Técnica Estatal Antônio Sarlo, en Campos dos Goytacazes-RJ.

Análisis estadístico. Para este ensayo se utilizó un diseño completamente aleatorio. Los efectos de las dietas experimentales sobre las variables de rendimiento de los emús se analizaron de forma descriptiva (media, desviación estándar, intervalo de confianza del 95%) porque el número de unidades experimentales era pequeño, dos por tratamiento. Las variables con datos continuos se analizaron mediante la prueba t. La significación estadística se estableció en $p < 0.05$.

RESULTADOS

El tránsito gastrointestinal (GTT). El GTT no se vio afectado por la inclusión de heno de alfalfa ($p > 0,05$) en ninguno de los cuatro días de recogida de datos. Fue de 215 y 198 minutos, sin y con inclusión de heno de alfalfa en las dietas para emús finalizadores, respectivamente. La dieta de heno de alfalfa dio lugar a una mayor dispersión de los datos de GTT en los cuatro días de registros (Tabla 2).

Tabla 2. Tránsito gastrointestinal (min) de las dietas para emús.

Registro ¹	Dieta 1			Dieta 2			Valor P ²	Diff	SE
	Media	SD	N	Media	SD	N			
1	261	25	7	234	41	7	NS	27	18
2	209	55	8	210	72	10	NS	-1	31
3	194	18	10	167	47	5	NS	27	16
4	195	40	10	181	70	10	NS	13	26
Media	215	31	4	198	30	4	NS	17	22

¹ Cuatro días consecutivos después de cinco días de adaptación (10). ² Prueba t no apareada ($p < 0,05$, significación estadística), Diff.: diferencia entre medias, SE: error estándar de la diferencia.

Análisis descriptivos del rendimiento.

La Tabla 3 no parece mostrar diferencias descriptivas por la inclusión de heno de alfalfa en el PC final, consumo de alimento, ganancia diaria e índice de conversión alimenticia, en los emús alimentados con la dieta de heno de alfalfa. Hubo un alto IC 95% en todos los datos, lo que puede haber ocurrido porque los criadores no aplicaron la selección genética, sin embargo se observó un mayor IC 95% en los datos del grupo que se alimentó con inclusión de heno de alfalfa.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas del rendimiento de la emu.

Variables	Sin heno de alfalfa		Con heno de alfalfa			
	Media	SD	CI 95%	Media	SD	CI 95%
Peso final kg*	28.7	0.4	25.0-32.5	27.5	1.1	17.6-37.3
Aumento de peso kg	7.8	0.3	4.5-10.8	6.4	0.6	1.2-11.6
Aumento de peso diario g día ⁻¹	85.4	3.8	51.2-119.7	70.2	6.4	13.1-127.4
Ingesta de alimentos kg	64.6	3.4	33.7-95.4	60.3	0.8	53.2-95.9
Índice de conversión de alimentos	8.3	0.1	7.7-8.9	9.5	0.7	2.9-42.3
Consumo de agua/día	2.9	0.4	-1.1-6,8	3.9	1.1	-6.3-14.1
Ingesta de agua/alimentación	3.1	0.5	-1.1-7.3	4.5	1.3	-7.4-16.5

*Edad: $51 \pm 3,2$ semanas. IC 95%: Intervalo de confianza del 95%. Corrales por tratamiento: dos.

La ganancia de peso acumulada fue significativamente mayor en los emús alimentados sin heno de alfalfa ($F=42.11$, $p=0.0003$), siendo 2.12 y 2.08 kg mayor que los emús alimentados con heno de alfalfa, a las 11 y 12 semanas del inicio del ensayo (Figura 1). Hubo un estancamiento en el aumento de peso de todos los emús entre la 6ª y la 8ª semana del experimento, independientemente del tratamiento ($p < 0.05$).

La ingesta media de agua de los emús alimentados con la dieta 1 (sin heno de alfalfa) fue de 2.86 l/ave/día, y la de los alimentados con la dieta 2 (con heno de alfalfa) fue de 3.89 l/ave/día. Además, hubo una mayor relación entre la ingesta de agua y la ingesta de alimento, que fue de 4.51 l/kg/ave/día para los animales alimentados con la dieta 2 y de 3.11 l/kg/ave/día para los alimentados con la dieta 1.

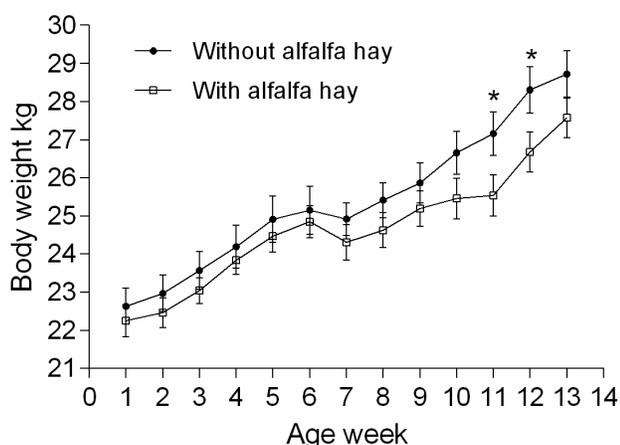


Figura 1. Peso corporal de los emús alimentados sin o con heno de alfalfa. * $p < 0.05$.

Rendimiento de la canal y deposición de grasa. No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en los efectos de los tratamientos sobre el peso en ayunas, absoluto y relativo de la canal. Los emús que recibieron la dieta 1 tuvieron un rendimiento en canal del 56.29%, mientras que los que recibieron la dieta 2 tuvieron un rendimiento en canal del 57.64% (Tabla 4).

La inclusión de heno de alfalfa en la dieta de los emús condujo a una disminución significativa del peso absoluto ($p < 0.01$) y del peso relativo ($p < 0.0001$) de la grasa abdominal y de la grasa visceral ($p < 0.05$). Los emús alimentados con la dieta 1 presentaron una mayor deposición de grasa a la edad de sacrificio en comparación con los animales alimentados con la dieta de heno de alfalfa: 1.98% frente a 1.21% para la grasa abdominal y 2.34% frente a 1.71% para la grasa visceral, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimiento en canal y grasa de los emús alimentados sin (dieta 1) o con (dieta 2) inclusión de heno de alfalfa.

Variables	Dieta 1	Dieta 2	Valor P
Peso corporal en ayunas kg	28.18	27.24	NS
Peso de la canal kg	15.86	15.70	NS
Peso de la canal %	56.29	57.64	NS
Grasa abdominal kg	0.56	0.33	**
Grasa abdominal	1.98	1.21	***
Grasa visceral kg	0.66	0.47	*
Grasa visceral	2.34	1.71	*

Probabilidades: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Alometría del tracto gastrointestinal. La inclusión de heno de alfalfa en la dieta de los emús (dieta 2) aumentó los pesos relativos de las mollejas llenas y vacías ($p < 0.001$), que fueron de 22.0 y 12.7 g kg^{-1} , respectivamente. Los emús alimentados sin inclusión de heno de alfalfa (dieta 1) mostraron 14.1 y 9.7 g kg^{-1} , respectivamente. Además, el peso relativo del intestino delgado en la dieta 2 fue superior al de la dieta 1 ($p < 0.05$), 16.0 y 12.8 g kg^{-1} , respectivamente (Figura 2).

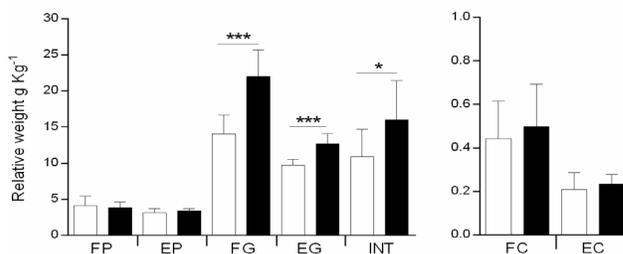


Figura 2. Alometría del tracto gastrointestinal. Peso de los órganos (g) por kg de peso corporal en ayunas después de 13 semanas bajo dietas experimentales. FP: Proventrículo lleno; EP: Proventrículo vacío; FG: Molleja llena; EG: Molleja vacía; INT: Intestino delgado; FC: Ciego lleno; EC: Ciego vacío. *** $p < 0.0001$; * $p < 0.05$. Barras blancas: Dieta 1, barras negras: Dieta 2.

La longitud relativa del intestino delgado fue mayor ($p < 0.05$) en la dieta 2, 9.3 cm kg^{-1} del PC en ayunas, que en la dieta 1, 7.3 cm kg^{-1} (Figura 3).

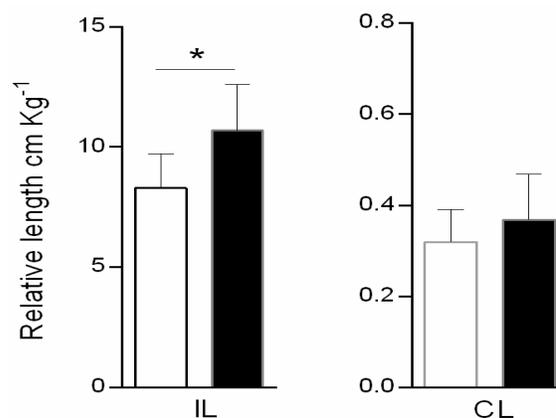


Figura 3. Longitud relativa del segmento de intestino en cm por kg de peso corporal en ayunas después de 13 semanas bajo dietas experimentales. I: Intestino delgado; C: ciego. * $p < 0.05$. Barras blancas: Dieta 1, barras negras: Dieta 2.

DISCUSIÓN

GTT. Cinco días de adaptación podrían no haber sido suficientes para evaluar el GTT en los emús. Aparentemente, fueron necesarios más dos días para la estabilización del tiempo de retención. Frei et al (4) encontraron valores de tiempo de retención en emús alimentados con pellets de alfalfa entre 96 y 108 minutos para partículas de fibra pequeñas después de catorce días de adaptación a la dieta, seguidos de siete días de adaptación a la dieta, seguidos de siete días de experimento. Sin embargo, el protocolo de tiempo de retención utilizado en este estudio, previamente estandarizado para pollos de engorde y gallinas ponedoras (10), podría no ser adecuado para los emús. Posiblemente sería mejor analizar el tiempo de tránsito antes del sacrificio en lugar de hacerlo al principio del periodo de prueba.

Rendimiento. Los datos de la bibliografía han mostrado una considerable variación en el peso corporal de los emús a la edad de sacrificio (Tabla 5). En este estudio, el aumento del peso medio final de los animales, que se sacrificaron con 28.7 kg en el tratamiento sin heno de alfalfa, frente a 27.5 kg en el tratamiento con heno de alfalfa (Tabla 3), fue escaso, con una media de 28.1 kg en los dos tratamientos. Este valor medio fue inferior a los pesos de 36,4 kg y 41.0 kg hallados por Sell (7) a edades de sacrificio similares.

Tabla 5. Notas comparativas sobre el peso corporal de los emús a la edad de sacrificio

Autor	Edad (semana)	Peso corporal (kg)
Este estudio	48 a 54	28,07
Sheidele e Shell (7)	47	32,43
	56	36,42
Naveena et al (3)	56	40

El estancamiento en el aumento de peso entre las semanas 6 y 8 puede explicarse por el cambio de comportamiento de todos los animales del experimento, que incluyó una reducción de la ingesta de alimentos, ya que dos aves fueron retiradas del gallinero. Los emús se consideran aves con un comportamiento social de formación de colonias, y el cambio en los grupos sociales se notó claramente en ellos.

El menor PC observado en las semanas 11 y 12 en los animales que consumieron la dieta con heno de alfalfa puede deberse a una menor digestibilidad de la dieta. La inclusión de heno

de alfalfa en la dieta dio lugar a una mayor proporción de ADF (149 g kg^{-1}) en comparación con la dieta sin heno de alfalfa (71 g kg^{-1}) (Tabla 1), lo que indica que la primera contenía una mayor concentración de polisacáridos no amiláceos (SNP). Los SNP de la pared celular de las leguminosas pueden deprimir la digestión de los nutrientes. Según (11), los SNP incluyen celulosas, arabinosilanos y β -glucanos, entre otros. Estos compuestos impiden la utilización de los nutrientes de las células vegetales porque los no rumiantes carecen de las enzimas necesarias para su digestión (12). Además, los SNP aumentan la viscosidad del tracto gastrointestinal, dificultando el acceso de las enzimas endógenas a otros nutrientes, además de disminuir la digestibilidad de las proteínas, la grasa y el almidón (12).

Esto podría apoyar la hipótesis de la incapacidad fermentativa de esta fracción en los emús, lo que podría explicar en parte la diferencia de ganancia de peso diaria entre los animales que recibieron la dieta 1 ($85.4 \pm 3.8 \text{ g por día}$) y la dieta 2 ($70.2 \pm 6.4 \text{ g por día}$), con una diferencia del 17.8% entre los tratamientos (Tabla 2). Por lo tanto, se comprobó que la exclusión del heno de alfalfa en la alimentación de los emús ayuda a ganar peso diariamente.

El aumento de la fibra detergente ácida (FAD) y de la fibra bruta por la inclusión de harina de camelina en las dietas de los pollos de engorde condujo a un aumento de la viscosidad ileal, lo que llevó a una disminución de la digestibilidad del alimento y del tiempo de retención en el tracto digestivo (13). La reducción de la retención de nutrientes puede ser responsable de la reducción del aumento de peso en los ñandúes alimentados con la dieta 2, que tenía el mayor ADF.

Aunque en el presente estudio no se verificó el contenido de EM en el alimento, el índice de conversión del alimento (FCR) podría indicar esta diferencia en la metabolizabilidad de la dieta de los emús. Encontramos una diferencia en el valor medio de la FCR en la dieta con heno de alfalfa ($9.5 \pm 0.7 \text{ kg}^{-1}$) y sin heno de alfalfa ($8.3 \pm 0.1 \text{ kg}^{-1}$). Estos resultados fueron mucho más bajos que los valores encontrados por Sell (7), que informó de un valor de FCR de 6 kg^{-1} para los emús en un grupo de edad similar.

Las variables ganancia de peso y FCR, mostraron un alto IC 95% en los animales alimentados con la dieta con heno de alfalfa. Este resultado indica otro aspecto negativo de la inclusión del

heno de alfalfa; es decir, con un IC 95% alto, se forman grupos heterogéneos, con pesos y eficiencia nutricional variables, lo que dificulta el correcto manejo nutricional del grupo. Por otro lado, hubo un mayor IC 95% en las variables de ingesta de los animales alimentados sin heno de alfalfa. El tratamiento con heno de alfalfa presenta una barrera física debido al mayor volumen de alimento, lo que limita la ingesta de alimento de los animales; esto no ocurre en el tratamiento sin heno de alfalfa, permitiendo una mayor ingesta diaria de alimento y una mayor variación en la ingesta diaria de nutrientes y alimento dentro del grupo.

Debido al escaso número de observaciones, los resultados del análisis estadístico relativos a la ingesta de agua no pueden considerarse concluyentes.

El aparente mayor consumo de agua por animal en la dieta con heno de alfalfa podría deberse a la mayor viscosidad intestinal causada por el aumento de las partículas insolubles de SNP en la ADF, tal como muestra el análisis químico del alimento (Tabla 1). La hidratación del bolo alimenticio y, en consecuencia, la mayor extracción de agua del organismo provocaron un desequilibrio osmótico y un mayor consumo de agua. La fibra provoca la hidratación del contenido intestinal porque, aumenta la retención de agua en esta región (14).

Rendimiento de la canal y depósito de grasa. La inclusión de heno de alfalfa en la dieta de los emús de acabado no afectó al rendimiento de la canal. En este estudio fue del 57%, que fue superior al valor del 47.8% a los 14 meses reportado por Naveena et al (3). Sin embargo, los emús alimentados sin dieta de heno de alfalfa tuvieron una mayor deposición de grasa abdominal y visceral, posiblemente hubo un mayor suministro y uso de energía a través de la dieta sin heno de alfalfa. En pollos de engorde se observó que el peso relativo de la grasa abdominal era menor en las dietas de energía reducida que en las dietas basales, en condiciones experimentales (15). Además, la digestibilidad de los nutrientes podría depender del nivel de fibra de la dieta, como se observó en los pollos de engorde que tuvieron una mejor digestibilidad de la proteína bruta y de la materia seca cuando fueron alimentados con dietas isonitrógenas e isocalóricas con un 4% de fibra en comparación con un 8% (16). En este estudio, con la mejor digestibilidad de la dieta sin heno de alfalfa, se podía esperar un mayor suministro de energía metabolizable y, en consecuencia,

un mayor incremento de calor, por lo que se esperaba una mayor deposición de grasa.

Los emús en fase de crecimiento (entre 11 y 30 kg de peso vivo) que recibieron diferentes niveles de proteína en la dieta, 140, 170 y 200 g kg⁻¹ (dietas isocalóricas), mostraron un aumento proporcional del peso vivo, pero no hubo diferencias en la deposición de grasa abdominal (8).

Los valores de grasa abdominal encontrados en esta investigación fueron inferiores a los observados por Menon et al (2) en emús machos y hembras, de 6.1 % y (3) de 7.6%. Este último autor denominó grasa interna a la grasa visceral más la abdominal. La suma de los valores de grasa abdominal y visceral en este estudio fue del 4.3% para los animales alimentados sin heno de alfalfa y del 2.9% para los alimentados con heno de alfalfa.

La extensa deposición de grasa subcutánea se observó durante el sacrificio, lo que dificultó su eliminación y medición. De acuerdo con los presentes resultados, la EM recomendada para los emús en la literatura podría ser demasiado alta dada la mayor deposición de grasa. Así, las necesidades energéticas sugeridas por Sell (7) y utilizadas en el pienso experimental en este estudio, parecen excesivas. Por lo tanto, el alto nivel de energía podría haber enmascarado la interferencia perjudicial de la fibra en la alimentación de los emús.

Sin embargo, teniendo en cuenta el interés de la granja de emús, ya que la grasa de emú es un producto potencial de alto valor añadido, corresponde al productor elegir el sesgo de la producción. Si el objetivo es la venta de grasa de emú, entonces es necesario aumentar el nivel de energía de la dieta. Si el objetivo es la producción de carne, entonces es necesario ajustar la energía de la dieta. Sin embargo, las dietas deben estar equilibradas en función de las necesidades nutricionales del animal en cada fase de crecimiento.

Alometría del sistema digestivo. El mayor peso relativo de la molleja llena y vacía en los emús tratados con heno de alfalfa podría ser causado por una compensación de este órgano para aumentar la trituración y consecuentemente el aporte de nutrientes, debido a que los alimentos con mayor cantidad de fibra presentan un mayor volumen del bolo alimenticio. Según Tejeda et al (16), las partículas de fibra más gruesas

pueden reducir la rotura de otras partículas del alimento, por lo que la molleja necesita hacer más trabajo para reducir estas partículas y con ello puede aumentar su peso, como forma de compensación. por su mayor trabajo.

El peso y la longitud del intestino delgado de los animales alimentados con heno de alfalfa fueron mayores ($p < 0.05$), lo que puede deberse a una compensación por el volumen y el tipo de alimento utilizado. Dependiendo de la fibra, los alimentos voluminosos pueden aumentar la tasa de paso. Tejeda et al (16) sugirió que los alimentos con mayores cantidades de fibra y pectina, se produce un aumento de la viscosidad y una reducción de la tasa de paso, aumentando el tamaño del intestino delgado.

No hubo diferencia en el peso del proventrículo lleno y vacío ($p > 0.05$), ya que al ser un sitio de digestión enzimática y al no sufrir la fibra la acción de sus enzimas endógenas, éstas no sufrieron diferenciación con la presencia de heno de alfalfa. El peso del hígado tampoco mostró una diferencia significativa ($p > 0.05$), y como este órgano actúa en el metabolismo de los macronutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas), tiene poco efecto sobre la parte fibrosa.

Tampoco hubo diferencias en el peso y la longitud del ciego ($p > 0.05$), esto se debió posiblemente al no aumento de la actividad fermentativa del alimento en esta región, ya que el ciego sería el lugar de fermentación de la porción de fibra del alimento en el emú. La proporción del ciego 0.7 g kg^{-1} de peso vivo para los animales sin heno de alfalfa y 0.5 g kg^{-1} de peso vivo para los animales con heno de alfalfa y 0.4 cm kg^{-1} de peso vivo para ambos tratamientos estudiados. Según Sousa et al (17), los ciegos de los pollos de engorde tienen las siguientes longitudes medias, respectivamente: $20.7 \pm 1.2 \text{ cm}$ y $21.4 \pm 1.9 \text{ cm}$, para los ciegos derecho e izquierdo. Como se observó en el experimento, los ciegos de los emús son proporcionalmente más pequeños que los de los pollos de engorde, lo que puede indicar que los emús tienen pocos beneficios nutricionales proporcionados por los ciegos.

Deberían realizarse más experimentos con la inclusión de alimentos fibrosos para comprender mejor el uso de esta porción del alimento por parte de los emús. Además, incluir alimentos desde las primeras fases para estandarizar los requerimientos nutricionales, tanto de energía como de proteínas, fibra y otros nutrientes. Prácticamente no se dispone de estudios sobre los requerimientos nutricionales de los emús en ninguna de las fases, lo que dificulta la elaboración de dietas e incluso experimentos dirigidos a esta especie que ha ido creciendo como alternativa a la carne de vacuno y a otros productos como el aceite, los huevos, el cuero y las plumas.

En conclusión, los resultados sugieren que el heno de alfalfa puede comprometer negativamente el crecimiento y la deposición de grasa de los emús cuando se añade al pienso de acabado. El protocolo para pollos y gallinas no es aplicable para determinar el tránsito gastrointestinal en los emús. Puede ser necesario un periodo de adaptación superior a cinco días para obtener resultados fiables y evitar diferencias entre los días de recogida de datos. La ingesta de dietas con heno de alfalfa requiere un aparente mayor consumo de agua al día en los emús. La adición de heno de alfalfa en la alimentación de los emús de acabado altera la alometría del tracto gastrointestinal. Sin embargo, las adaptaciones gastrointestinales de los emús a los cambios en la fibra dietética y el nivel de energía todavía necesitan más estudios.

Conflictos de intereses

No hay conflictos.

Agradecimientos

Gracias a Zooloja® por el apoyo; a la Prof. Rita T.R.N. Soares por la revisión del manuscrito; a la Prof. Adriana J. Almeida, Juan C. P. Quintero, MV. Domingos S. S. M. Smiderle, Paulo C. P. Fernandes, Maíra L. Scheidegger, Carolina E. Sentineli y Lidyane P. S. Jax por la ayuda en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

1. Jeengar MK, Kumar PS, Thummuri D, Shrivastava S, Guntuku L, Sistla R, et al. Review on emu products for use as complementary and alternative medicine. *Nutrition*. 2015; 31(1):21-27. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.04.004>
2. Menon DG, Bennett DC, Uttaro B, Schaefer AL, Cheng KM. Rendimiento de la canal y características de la calidad de la carne de emús adultos (*Dromaius novaehollandiae*) transportados durante 6 horas antes del sacrificio. *Meat Sci*. 2014; 98(2):240-246. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.027>
3. Naveena BM, Sen AR, Muthukumar M, Girish PS, Praveen Kumar Y, Kiran M. Carcass characteristics, composition, physico-chemical, microbial and sensory quality of emu meat. *Br Poult Sci*. 2013; 54(3):329-336. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.790006>
4. Frei S, Ortmann S, Reutlinger C, Kreuzer M, Hatt JM, Clauss M. Comparative digesta retention patterns in ratites. *Auk*. 2015; 132(1):119-131. <https://doi.org/10.1642/AUK-14-144.1>
5. El-Wahab AA, Schuchmann FF, Chuppava B, Visscher C, Pfarrer C, Kamphues J. Studies on the weight of the gastrointestinal tract, digesta composition and occurrence of gastro- and enteroliths in adult domesticated ostriches fed different diets. *Poult Sci*. 2021; 100(9):101359. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101359>
6. Horbańczuk OK, Wierzbicka A. Propiedades tecnológicas y nutricionales de la calidad de la carne de avestruz, emú y ñandú. *J Vet Res*. 2016; 60(3):279-286. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0043>
7. Sell J. Nutrition Guidelines for Ostriches and Emus. Iowa SUS: Livestock; 1997. <https://store.extension.iastate.edu/product/5239>
8. Matlhoko P, Webb EC, Chamunorwa P. Dietary manipulation of oil production in commercial emu. *S Afr J Anim Sci*. 2010; 40:442-445. <https://hdl.handle.net/10520/EJC94776>
9. Frei S, Hatt J-M, Ortmann S, Kreuzer M, Clauss M. Comparative methane emission by ratites: Las diferencias en la ingesta de alimentos y la retención de la digesta nivelan la producción de metano. *Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol*. 2015; 188:70-75. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2015.06.022>
10. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de Investigación en Nutrición de Monogástricos. 2 Edición. Jaboticabal, SP: Funep; 2016.
11. Choct M. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Anim Prod Sci*. 2015; 55(12):1360. <https://doi.org/10.1071/AN15276>
12. Bederska-Łojewska D, Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Schwarz T. Rye non-starch polysaccharides: their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices - a review. *Ann Anim Sci*. 2017; 17(2):351-369. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0090>
13. Pekel AY, Horn NL, Adeola O. La eficacia de la xilanasa dietética y la fitasa en pollos de engorde alimentados con harina de camelina extraída por expulsión. *Poult Sci*. 2017; 96(1):98-107. <https://doi.org/10.3382/ps/pew183>
14. Jiménez-Moreno E, de Coca-Sinova A, González-Alvarado JM, Mateos GG. Inclusión de fuentes de fibra insoluble en dietas de puré o pellets para pollos de engorde jóvenes. 1. Efectos sobre el rendimiento de crecimiento y la ingesta de agua. *Poult Sci*. 2016; 95(1):41-52. <https://doi.org/10.3382/ps/pev309>
15. Zhao PY, Kim IH. Efecto de las dietas con diferentes niveles de energía y lisofosfolípidos sobre el rendimiento, el metabolismo de los nutrientes y la composición corporal en pollos de engorde. *Poult Sci*. 2017; 96(5):1341-1347. <https://doi.org/10.3382/ps/pew469>
16. Tejeda OJ, Kim WK. Efectos del tipo de fibra, el tamaño de las partículas y el nivel de inclusión en el rendimiento del crecimiento, el crecimiento de los órganos digestivos, la morfología intestinal, la viscosidad intestinal y la expresión genética de los pollos de engorde. *Poult Sci*. 2021; 100(10):101397. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101397>
17. Sousa DC, Oliveira NLA, Santos ET, Guzzi A, Dourado LRB, Ferreira GJBC. Caracterização morfológica do trato gastrointestinal de frangos de corte da linhagem Cobb 500®. *Pesqui Veterinária Bras*. 2015; 35(Suppl 1):61-68. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2015001300011>