

Remolacha forrajera *Beta vulgaris* sembrada en microtúneles y su efecto en parámetros productivos del cuy

Forage beet *Beta vulgaris* planted under micro tunnels and the effect on productive parameters of the guinea pig

Beterraba forragem *Beta vulgaris* semeado em microtúneles e seu efeito nos parâmetros produtivos de cuy

EFRÉN INSUASTY-SANTACRUZ¹, HENRY JURADO-GÁMEZ.²

Historial del Artículo

Recibido para evaluación: 16 de Agosto 2019.

Aprobado para publicación: 12 de noviembre 2019.

- 1 Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación FISE-PROBIOTEC, M.Sc, Ciudad Universitaria Torobajo. San Juan de Pasto, Colombia.
- 2 Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación FISE-PROBIOTEC, Ph.D, Ciudad Universitaria Torobajo. San Juan de Pasto, Colombia.

Correspondencia: efren9990@gmail.co

Cómo citar este artículo: EFRÉN INSUASTY-SANTACRUZ, HENRY JURADO-GÁMEZ.(2019). Remolacha forrajera *Beta vulgaris* sembrada en microtúneles y su efecto en parámetros productivos del cuy. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial,18(1). 74-83, DOI:<http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1421>

RESUMEN

La remolacha forrajera es un alimento potencial en la nutrición animal. El objetivo fue valorar el efecto de la remolacha, sembrada bajo microtúnel, sobre los parámetros productivos del cuy. Se evaluaron los parámetros ancho y largo de hoja, altura de la planta y peso de raíz en tres sistemas de cultivo: campo abierto, microtúnel y microtúnel con CO₂. La remolacha producida se suministró a cuyes de engorde para determinar digestibilidad, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Se reemplazó el forraje (*Lolium sp*) por remolacha forrajera en cantidades de 50 y 70% tanto para campo abierto como microtúnel. Las diferencias se determinaron mediante análisis de varianza para ambos ensayos. No hubo diferencias significativas en largo y ancho de hoja. Se encontraron valores de 26,6 cm, 38,5 y 35,3 de altura para campo abierto y microtúnel. Los parámetros productivos del cuy mejoraron con 50% de remolacha forrajera. Se concluye, que el sistema microtúnel mejora el peso de raíz y la remolacha forrajera es adecuada para el cuy en reemplazo de un 30% de la ración.

ABSTRACT

Fodder beet is a potential food in animal nutrition. The objective was to assess the effect of beet, sown under micro-greenhouse, on the guinea pig's productive parameters. The width and length of the leaf, plant height and root weight parameters were evaluated in three cropping systems: open field, micro-greenhouse and micro-greenhouse with CO₂. The beet produced was supplied to fattening guinea pigs to determine digestibility, food consumption, weight gain and feed conversion. Forage (*Lolium sp*) was replaced by fodder beet in quantities of 50 and 70% for both open field and micro-greenhouse. The differences were determined by analysis of variance for both trials. There were no significant differences in leaf length and width. Values of 26,6 cm, 38,5 and 35,3 height for open field and micro-greenhouse were found. The guinea pig's production parameters improved with 50% fodder beet. It is concluded that the micro-greenhouse system improves root weight and fodder beet is suitable for guinea pigs in replacement of 30% of the ration.

RESUMO

A beterraba forrageira é um alimento potencial na nutrição animal. O objetivo foi avaliar o efeito da beterraba, semeada sob microtúnel, nos parâmetros produtivos da cobaia. Os parâmetros largura e comprimento da folha, altura da planta e peso da raiz foram avaliados em três sistemas de cultivo: campo aberto, microtúnel e microtúnel com CO₂. A beterraba produzida foi fornecida a porquinhos-da-india de engorda para determinar a digestibilidade, o consumo alimentar, o ganho de peso e a conversão alimentar. A forragem (*Lolium sp*) foi substituída por beterraba forrageira nas quantidades de 50 e 70% para o campo aberto e o microtúnel. As diferenças foram determinadas pela análise de variância para os dois ensaios. Não houve diferenças significativas no comprimento e largura das folhas. Foram encontrados valores de 26,6 cm, 38,5 e 35,3 de altura para campo aberto e microtúnel. Os parâmetros de produção

PALABRAS CLAVES:

Amaranthaceae, Digestibilidad, Forraje, Productividad.

KEYWORDS:

Amaranthaceae, Forage, Digestibility, Productivity

PALAVRAS-CHAVE:

Amaranthaceae, Digestibilidade, Forragem, Productividade.

da cobaia melhoraram com 50% de beterraba forrageira. Concluiu que o sistema de microtunnel melhora o peso das raízes e a beterraba forrageira é adequada para porquinhos-da-índia em substituição de 30% da ração.

INTRODUCCIÓN

La remolacha (*Beta vulgaris* L crassa) tiene un alto potencial de producción forrajera y una buena palatabilidad para el ganado bovino y otras especies menores. La investigación ha demostrado que sus características nutricionales son variadas, desde un aporte elevado de minerales hasta la presencia de un lactógeno de primera calidad por su elevado contenido de azúcar; sin embargo, su cultivo es exigente en agua, como mano de obra para las labores del cultivo [1].

La remolacha forrajera puede producir grandes cantidades de alimento muy nutritivo para toda clase de animales [2]. Se puede obtener rendimientos de 10 a 16 ton/ha y 12 a 20 ton/ha de MS para raíz y hojas respectivamente. La raíz es alta en energía (12 Mj/kg) y baja en proteína cruda (6%). Su alto contenido de azúcar en la raíz favorece la palatabilidad [3]. Por otra parte, el contenido de proteína cruda es más alto en las hojas (15%), las cuales pueden ser pastreadas o convertidas a ensilajes [4]. En la raíz se ha obtenido valores de fibra detergente neutro (FDN) de 10 a 15%, fibra detergente ácido (FDA) de 5,5 a 6,8%, mientras que la digestibilidad aparente de la MS para bovinos se encuentra entre 90 a 93,6% [5].

La remolacha forrajera crece entre 1500 a 2800 msnm, con una alta capacidad de resistencia a las heladas, por lo que su siembra a nivel de trópico alto, permite mayor disponibilidad de materia seca y energía para especies zootécnicas de clima frío [6]. Los resultados en ganado bovino lechero han mostrado buenos rendimientos cuando se incorpora con alimentos de baja digestibilidad, ya que la remolacha forrajera tiene un contenido de energía altamente fermentable que favorece la actividad y crecimiento microbiano en el rumen y con ello la disponibilidad de proteína para el animal [7].

Junto a lo anterior, los subproductos de remolacha forrajera como las hojas y el tallo también son utilizados en la alimentación animal [8]. Como se mencionó anteriormente, su contenido proteínico es más elevado que en la raíz, pero su nivel energético es menor y el contenido de minerales es alto, especialmente el contenido

de potasio, lo que afecta la productividad de los animales cuando se suministra en grandes cantidades [9].

En la siembra de especies promisorias para la nutrición animal, el cultivo protegido es un sistema agrícola especializado importante para la producción. Permite tener un mayor control del entorno natural como el suelo, la temperatura, la luminosidad, la composición atmosférica, el viento y la humedad, que ayuden en la productividad de las especies cultivadas [10].

La deficiencia de CO₂ dentro de estructuras cubiertas como invernaderos limita la productividad de los cultivos. Al respecto, Yildizhan [11] menciona que en lugares con problemas de ventilación y cubiertos, los niveles de CO₂ se ven reducidos y pueden llegar a caer por debajo de los 200 ppm, por lo que este elemento se constituye en un factor limitante, que debe tomarse en cuenta a la hora de evaluar un cultivo.

El cuy (*Cavia porcellus*) es un animal de los países sudamericanos, que se cría con fines de consumo en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia [12]. Es una especie rústica de fácil adaptabilidad, sin embargo, como toda especie zootécnica necesita un correcto manejo nutricional y sanitario, que le permita expresar su potencial genético [13]. Para esta especie, la alimentación representar el 70% de los costos de producción, por lo que conocer alternativas de alimentación puede mejorar la productividad de este tipo de sistemas [14,15].

De acuerdo a lo anterior, se investigó la productividad de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* crassa) bajo microtúnel y en campo, y se evaluaron los parámetros productivos del cuy con una ración suplementada con esta alternativa alimenticia.

MÉTODO

El Proyecto se realizó en las instalaciones de la Granja Experimental Botana, propiedad de la Universidad de Nariño, a una altura de 2800 msnm en las coordenadas geográficas 01° 09' 12" LN y 77° 18' 31" LW; cuenta con una temperatura promedio de 12,6°C, 900 horas de sol/año, humedad relativa del 79% y una precipitación anual de 820 mm/año.

Inicialmente se hizo un análisis químico de suelo, previo a la siembra, para luego distribuir los tratamientos en parcelas. Luego de establecido el cultivo en camas

se procedió a instalar el sistema de riego, para lo cual se derivaron 60 cintas de una línea principal en la parte superior del lote. Cada cinta de riego se ubicó en medio de las camas (figura 1). Para la investigación se utilizó un cuarto de hectárea (250 m²) y las semillas fueron sembradas a una distancia de 0,50 m entre plantas.

Para la ubicación de los microtúneles se colocaron arquillos con diámetro de 1 cm, a una distancia de 1 m entre arquillo, posteriormente se cubrieron con plástico. Luego de instalados los microtúneles, el control de malezas fue realizado de forma manual.

Para evaluar el cultivo de remolacha forrajera se trabajaron tres tratamientos:

Ta: testigo- cultivo remolacha forrajera campo abierto (tradicional).

Tb: cultivo remolacha forrajera en microtúnel.

Tc: cultivo remolacha forrajera en microtúnel y con CO₂.

Se determinaron las variables agronómicas altura de planta, alto y ancho de hoja y peso de raíz y los parámetros materia seca, proteína bruta, energía bruta, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas y extracto no nitrogenado.

Por otra parte, se evaluó el efecto de la suplementación con remolacha forrajera sobre los parámetros consumo de materia seca, digestibilidad de la materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia del cuy durante la fase de levante (figura 2).

Se utilizaron 50 cuyes destetos con un peso promedio de 305 ± 0,19 g y se distribuyeron en cinco tratamientos, tres réplicas por tratamiento y dos animales por réplica. Los animales se ubicaron en 30 jaulas de tipo rectangular con su respectiva pastera y comedero con dimensiones de 50 de ancho por 65 cm de largo.

Se evaluaron diferentes porcentajes de inclusión de remolacha de la siguiente manera:

T0: cuyes alimentados con una ración estándar (solo pasto aubade: *Lolium* sp.)

T1: cuyes alimentados con 50% de pasto aubade (*Lolium* sp) y 50% de remolacha forrajera bajo campo abierto.

T2: cuyes alimentados con 30% de pasto aubade y 70% de remolacha forrajera bajo campo abierto.

T3: cuyes alimentados con 50% de pasto aubade y 50% de remolacha forrajera en microtúnel.

T4: cuyes alimentados con 30% de pasto aubade y 70% de remolacha forrajera en microtúnel.

La digestibilidad aparente se determinó mediante la siguiente fórmula (Ec. 1):

$$DMS = ((A-B)/A) * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

DMS: digestibilidad aparente de la materia seca

A: alimento efectivamente consumido.

B: alimento excretado.

Diseño estadístico

Las variables agronómicas del cultivo de remolacha forrajera se estudiaron mediante un análisis de varianza de una vía con tres tratamientos y 5 repeticiones (n=15). Para determinar el efecto de los

Figura 1. Microtúneles para remolacha forrajera.



Figura 2. Raíz de Remolacha forrajera y suministro a cuyes (*Cavia porcellus*).



tratamientos en la productividad del cuy, se usó un análisis de varianza de una vía con cinco tratamientos y 5 réplicas de dos animales (n=50). Se determinó la diferencia de medias con la prueba de Tukey. Los datos fueron procesados y evaluados mediante el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI.II, con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Variables Agronómicas

Los resultados de las variables agronómicas se presentan en el cuadro 1. No se observaron diferencias estadísticas en las variables largo de hoja y ancho de hoja ($p > 0,05$), lo que indica que el tipo de cultivo no tiene un efecto significativo sobre las variables. Sin embargo, la altura y peso de la raíz mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Se observó mayor altura de la planta en los tratamientos con microtúnel (Tb y Tc), mientras que el peso de la raíz difirió en todos los tratamientos, con un mayor peso en el Tc, seguido por el Tb y finalmente el Ta.

Los resultados demuestran que el ancho y largo de hoja no muestran diferencia con la forma de cultivo. La investigación realizada por Atefi *et al.* [16] mostró que el microtúnel no tiene efecto significativo en los parámetros ancho de hoja y largo de hoja de las plantas cultivadas bajo este sistema; estos resultados fueron corroborados en la presente investigación.

A pesar que el aprovechamiento de su hoja es secundario para algunas industrias, su uso en alimentación animal es muy extendido por su aporte nutricional y productivo [17].

En el cuadro 2, se observan los resultados del análisis bromatológico de la remolacha forrajera en los tres tratamientos. El tratamiento control (Ta) presenta un

mayor contenido de materia seca, cenizas y el valor más bajo en extracto etéreo y proteína. Para el caso del microtúnel sin CO₂ (Tb) se observa un mayor contenido de extracto no nitrogenado y energía, y un menor contenido de cenizas y fibra cruda. La remolacha en microtúnel y con CO₂ (Tc) muestra contenidos superiores en fibra cruda y proteína y valores inferiores en materia seca, extracto no nitrogenado y energía.

Rojas *et al.* [6] sostienen que en los bovinos, ovinos y cuyes, se suministra las hojas frescas y secas en su mayoría, ya que gustan muchas más de ellas. Según la FAO, no se debe suministrar más de 15 kg de coronas y hojas de remolacha forrajera por día a los bovinos y preferiblemente mezclarse con heno.

Para el caso de la altura de planta el Tb microtúnel y el Tc microtúnel con CO₂ mostraron los mejores resultados. Esto, debido al efecto de factores propios que influyen en el ambiente del microtúnel como temperatura, calor, entre otros. Al respecto Lodhi *et al.* [18] señalan que el cultivo protegido o en ambiente semicontrolado es un sistema agrícola especializado que afecta la variable altura a medida que avanza el tiempo de establecimiento del cultivo, como consecuencia de una mayor necesidad de adquirir luz, ya que a pesar de tener una alta luminosidad, esta es mayor en los sistemas sin cobertura. De igual manera, Liakatas *et al.* [19] sostienen que este sistema de cultivo protegido tiene muchas ventajas para los usuarios, tales como ahorro de agua, incremento en la producción precoz y producción total, además de un cierto control de plagas, enfermedades y malezas.

Según Mishra *et al.* [20] la adición de CO₂ representa una nueva tecnología aplicada a fertilización de cultivos, y su efecto como nutriente es cada vez más reconocido debido a su impacto en el desempeño productivo de la planta. Además, el mismo autor [20] menciona que la tecnología de fertilización CO₂ mejora la calidad de los productos de las plantas y

Cuadro 1. Variables agronómicas.

Variable	Ta	Tb	Tc	EE
Altura (cm)	27,60 ^b ± 2,11	39,50 ^a ± 1,59	34,30 ^a ± 1,03	0,345
Largo hoja (cm)	16,40 ^a ± 1,62	12,94 ^a ± 1,78	15,10 ^a ± 2,01	0,876
Ancho hoja (cm)	11,40 ^a ± 1,98	7,91 ^a ± 1,92	10,98 ^a ± 1,79	0,575
Peso raíz (kg)	4,10 ^c ± 0,15	5,31 ^b ± 0,19	8,00 ^a ± 0,21	0,123

Letras distintas en las fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Ta: campo abierto, Tb: microtúnel, Tc: microtúnel y CO₂.

Cuadro 2. Análisis bromatológico de la remolacha.

Parámetro	Ta	Tb	Tc	<i>Lolium sp</i>
Hum (g/100)	90,48	91,27	91,66	76,45
MS (g/100)	9,52	8,73	8,34	23,55
Cnz (g/100)	23,78	21,10	22,79	11,76
EE (g/100)	0,67	1,96	1,70	2,12
FC (g/100)	19,29	16,21	20,36	31,57
P (g/100)	16,18	16,45	16,91	8,88
ENN (g/100)	40,08	44,29	38,25	45,67
Ener (kcal/100)	332,00	345,50	329,00	412,00

Hum: humedad; **MS:** materia seca; **Cnz:** cenizas; **EE:** extracto etéreo; **FC:** fibra cruda; **P:** proteína; **ENN:** extracto no nitrogenado; **Ener:** energía.

Ta: campo abierto, **Tb:** microtunel, **Tc:** microtunel y CO₂.

reduce enfermedades. A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos con el sistema de microtunel, los resultados para las plantas con CO₂ tuvieron menor variabilidad, que se refleja en una menor desviación estándar, lo que indica un comportamiento más estable en este sistema.

Los resultados del peso de raíz mostraron que los tratamientos Tc y Tb fueron mayores, con un incremento en el tratamiento con adición de CO₂. La remolacha forrajera está clasificada como una planta C3 y su capacidad de utilización del dióxido de carbono incrementa su productividad [21]; al parecer, el efecto conjunto del microtunel (manejo del ambiente) y la adición de CO₂ tuvieron un efecto importante en esta variable, dado que la diferencia entre los tratamientos con microtunel fueron de 2,10 kg, que traducido a producción por hectárea muestra mejores resultados. La raíz es uno de los principales recursos alimenticios utilizados en el aprovechamiento de la remolacha, representando una fuente alternativa en la alimentación animal, siendo aprovechada por su riqueza energética [22]. En este sentido, Münnich *et al.* [23] afirman que los productores de ganado bovino lechero son los principales interesados en su siembra, ya que representa un lactógeno de primera calidad para la nutrición de sus animales. En la producción pecuaria, los alimentos de remolacha suelen suministrarse a los animales debido a que son muy palatables y pueden ser incluidos en su ración alimenticia [24].

En este contexto, la materia seca es una variable nutricional importante en el contenido de la remolacha forrajera, en promedio (de acuerdo con la literatura) presenta un porcentaje de materia seca variable entre

8 y 19%, dependiendo del cultivar [25]; los valores encontrados en la presente investigación se encuentran dentro de este reporte, lo que indica que los tratamientos no tuvieron un efecto sobre esta variable.

Los bajos contenidos de fibra cruda y su contenido de sacarosa le confieren la característica de rica en energía digestible siendo comparable al grano de la cebada [26]. Lo anterior hace importante a esta planta como suplemento en la ración de animales. Su elevada digestibilidad y altos niveles de energía hacen de ella una buena candidata para incorporarse con alimentos proteínicos y en algunos casos con materiales altamente fibrosos [27, 28]

La elevada digestibilidad y excelente palatabilidad de la remolacha forrajera permite que se eleve el consumo de materia seca [29]. Zhan y Huang [30] informaron de aumentos de hasta 23% en el consumo de materia seca al suministrar remolacha forrajera a vacas lecheras que además recibían ensilaje y concentrado. En algunos casos se han registrado leves aumentos en la producción de leche al suplementar con remolacha forrajera, en respuesta a un mayor consumo energético, y tanto la materia grasa como láctea tienden a aumentar [28, 31].

Comportamiento productivo en cuyes (*Cavia porcellus*)

En el cuadro 2 se observan los resultados para el análisis bromatológico del pasto aubade suministrado a los cuyes, se observa un alto contenido de fibra cruda y extracto no nitrogenado, con bajos niveles de proteína. En el cuadro 3 encontramos los resultados obtenidos para las variables productivas del cuy con el suministro de remolacha forrajera.

Se observa diferencias significativas en el consumo de materia seca ($p < 0,05$), hubo un mayor consumo en el tratamiento T0, seguido por los tratamientos T1 y T3, y finalmente T2 y T4. La digestibilidad de la materia seca mostró diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$), el tratamiento T0 obtuvo la digestibilidad más alta, seguido por los tratamientos T1 y T3, y los valores más bajos se observaron en los tratamientos T2 y T4. La ganancia de peso total y diaria mostraron igual comportamiento con diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), la mayor ganancia se observó en los tratamiento testigo (T0) y el T1, seguidos por el T2 y T3 y una menor ganancia en el T4. La conversión

alimenticia muestra que los tratamientos T2 y T4 obtuvieron las conversiones más bajas, seguidos por T1 y T3 y el T0 mostró la conversión más alta ($p < 0,05$).

En cuanto a la productividad de los cuyes alimentados con la remolacha forrajera, se observa que su suministro tiene efectos importantes para mejorar los parámetros productivos. En los estudios realizados por Lema-Toapanta [32] se encontró que la aceptabilidad de la remolacha forrajera es muy buena por parte de los cuyes, sin embargo, su elevado contenido de agua puede alterar el comportamiento de consumo, reduciendo la cantidad a suministrar. Estos resultados son similares a los observados en la presente investigación, puesto que los tratamientos con mayor inclusión de remolacha en la ración tuvieron menores consumos de materia seca.

Por otra parte, esta investigación demostró que la digestibilidad de la ración con inclusión de remolacha forrajera disminuye, por lo que su porcentaje de inclusión debe ser conservado cerca del 30% de sustitución y no al 70%. Los estudios realizados por Denis *et al.* [33] demostraron que la remolacha forrajera en animales en desarrollo, especialmente en levante puede alterar el normal tránsito digestivo, aumentando la motilidad intestinal y vaciando de manera rápida el alimento consumido con lo cual se reduce de manera considerable la digestibilidad y la conversión de este alimento. Para el caso de los bovinos de leche Denis *et al.* [33] encontraron que en hembras lactantes de alta producción, el suministro excesivo de remolacha forrajera afecta la productividad de los animales, disminuyendo la cantidad de proteína de la leche y su contenido de grasa. Los estudios realizados en ovinos muestran que la digestibilidad de la materia seca de la remolacha oscila entre el 90 y 63% [34, 35]; los valores encontrados en la presente investigación están por debajo de los valo-

res reportados, sin embargo, se debe tener en cuenta que las especies son distintas, y el comportamiento de la variable puede diferir por el tipo de sistema digestivo que presentan (fermentación pregástrico y postgástrico). De esta manera, se puede observar como los tratamientos con inclusión de remolacha forrajera en proporciones de 70% afecta la productividad del cuy.

Sin embargo, en otros estudios, se ha encontrado un elevado aporte nutricional, especialmente de azúcares y minerales, que permiten mejorar raciones deficientes en estos nutrientes, pero con suministro menores de 15 kg [36]. Para el caso del cuy es importante el contenido energético de los alimentos, dado que en las zonas de Colombia donde se produce esta especie con interés zootécnico se caracterizan por tener un buen aporte de proteína en la ración y poco aporte de energía, lo que conlleva a buscar este tipo de alternativas en la alimentación [13].

Los cuyes responden muy bien a dietas altas en energía, pero un exceso puede producir un aumento de grasa en la canal que afecta la palatabilidad del producto y el rechazo por parte del consumidor, lo que continúa corroborando que un exceso de suministro de esta planta altera los parámetros productivos [37].

En cuanto a la ganancia de peso, los resultados demuestran que la remolacha forrajera incorporada en cantidades altas (70%) tiene menores valores en ganancia de peso; mientras que los tratamientos con inclusión de 50% muestran valores más cercanos a los de la ración estándar. Bernal y Vasquez [38] encontraron ganancia de peso de 7,5 g/d en cuyes suplementados con harina de bituca (*Colocasia esculenta*) y Ramos *et al.* [39], valores de 7,3 g/d en las mismas condiciones; valores de 9,2 g/d se observan en cuyes suplementados con alimento

Cuadro 3. Análisis bromatológico de la remolacha forrajera y pasto aubade (*Lolium sp*)

Variable	T0	T1	T2	T3	T4	EE
CMS (g)	104,2 ^a ± 0,36	73,6 ^b ± 1,2	35,7 ^c ± 0,96	76,3 ^b ± 0,81	44,7 ^c ± 0,46	0,475
D_MS (%)	75,1 ^a ± 0,37	65,4 ^b ± 0,99	26,9 ^c ± 1,08	65,4 ^b ± 0,52	31,4 ^c ± 1,19	0,515
GP (g)	457,5 ^a ± 25,5	432,2 ^a ± 84,6	389 ^{ab} ± 36,0	410 ^{ab} ± 53,3	298 ^b ± 32,6	18,23
GDP (g)	6,98 ^a ± 0,43	7,12 ^a ± 1,41	6,59 ^{ab} ± 0,60	7,01 ^{ab} ± 0,89	5,00 ^b ± 0,24	0,470
CA	14,92 ^a ± 0,86	11,01 ^b ± 1,83	5,5 ^c ± 0,64	11,0 ^b ± 1,42	6,98 ^c ± 0,31	0,658

T0: solo pasto aubade, **T1:** 50% de pasto aubade y 50% de remolacha forrajera bajo campo, **T2:** 30% de pasto aubade y 70% de remolacha forrajera bajo campo, **T3:** 50% de pasto aubade y 50% de remolacha forrajera en microtúnel, **T4:** 30% de pasto aubade y 70% de remolacha forrajera en microtúnel. **Media ± desviación estándar.** Letras diferentes en fila muestran diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$). **CMS:** consumo de materia seca; **D_MS:** digestibilidad de la materia seca, **GP:** ganancia de peso total; **GDP:** ganancia diaria de peso; **CA:** conversión alimenticia. **EE:** error estándar de la media.

comercial. Lo anterior muestra que los valores obtenidos en el tratamiento T4 mostraron ganancias de peso inferiores a los reportes de la literatura, lo que demuestra nuevamente la baja productividad del cuy cuando se alimenta con 70% de reemplazo de la alimentación.

De igual manera, el contenido de humedad de la remolacha forrajera puede ser una alternativa en la alimentación del cuy durante periodos de sequía, debido a que en las zonas de Nariño no se acostumbra a suministrar agua de bebida para esta especie. Toda el agua es obtenida a través de los alimentos suministrados y por ello, el suministro de remolacha forrajera sería importante para mejorar los parámetros productivos de este animal.

CONCLUSIONES

El mejor sistema de cultivo de remolacha forrajera *Beta vulgaris* Crass fue el sistema en microtúnel y CO² (Tc). Además valores nutricionales de la planta cultivada en el sistema microtúnel (Tb) presentaron valores más altos en fibra cruda y proteína, indicando condiciones adecuadas para recomendar y fomentar la siembra y utilización de remolacha forrajera en alimentación de especies animales. De igual manera, la remolacha forrajera es una alternativa viable para la alimentación de cuyes cuando se incorporan con valores del 50% de reemplazo en la ración.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones Posgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) de la Universidad de Nariño por el apoyo financiero a la presente investigación. De igual manera, al grupo de investigación FISE-PROBIOTEC del departamento de Producción y Procesamiento Animal de la Universidad de Nariño y la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño por su colaboración en las actividades desarrolladas en sus espacios de trabajo.

REFERENCIAS

[1] SALAMA, H.S. and ZEID, M.M. Fodder Beet (*Beta Vulgaris* L.) yield and Quality Attributes as Affected by Sowing Date, Age at Harvest and Boron Application. Alexandria Science Exchange Journal, 38(1), 2017, p. 1-12.

[2] FELTON, A.M., FELTON, A., CROMSIGT, J.P., EDENIUS, L., MALMSTEN, J. and WAM, H.K. Interactions between ungulates, forests, and supplementary feeding: the role of nutritional balancing in determining outcomes. Mammal Research, 62(1), 2017, p. 1-7.

[3] EL-TAWAB, A.M., KHOLIF, A.E., HASSAN, A.M., MATLOUP, O.H., EL-NOR, S.A., OLAFADHAN, O.A. and KHATTAB, M.S. Feed utilization and lactational performance of Friesian cows fed beet tops silage treated with lactic acid bacteria as a replacement for corn silage. Animal biotechnology, 1, 2019, p.1-10.

[4] DADKHAH, A.R. Effect of salinity on growth and leaf photosynthesis of two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology, 13, 2011, p. 1001-1012

[5] ALBAYRAK, S. and YUKSEL, O. Effects of nitrogen fertilization and harvest time on root yield and quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. crassa Mansf.). Turkish Journal of Field Crops, 15(1), 2010, p. 59-64.

[6] ROJAS-RUIZ, C., VÁSQUEZ-GARCÍA, R., PAZ-AYALA, A., ESPEJO-ZABALETA, E., VALDIVIA-VEGA, S. y PINNA-CABREJOS, J. Desarrollo de la "remolacha azucarera" y de la "remolacha forrajera" *Beta vulgaris* L. (Amaranthaceae) sembradas directamente en zonas altoandinas del norte del Perú. Arnelo, 25(3), 2018, p. 989-1002.

[7] GERBER, P., VELLINGA, T., OPIO, C. and STEINFELD, H. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. Livestock Science, 139(1-2), 2011, p. 100-108.

[8] MATTHEW, C., NELSON, N.J., FERGUSON, D. and XIE, Y. Fodder beet revisited. Agronomy New Zealand, 41, 2011, p. 39-48.

[9] CHAKWIZIRA, E., DE-RUITER, J.M. and MALEY, S. Growth, nitrogen partitioning and nutritive value of fodder beet crops grown under different application rates of nitrogen fertiliser. New Zealand journal of agricultural research, 57(2), 2014, p. 75-89.

[10] PERNUZZI, C., SORDO, M.H., TRAVADELO, M., MAINA, M. y ACETTA, P. Evaluación de la conveniencia de los macrotúneles en comparación con microtúneles para el cultivo de frutilla en Coronda. Fave Sección ciencias agrarias, 16(1), 2017, p. 163-175.

[11] YILDIZHAN, H. Energy, exergy utilization and CO₂ emission of strawberry production in greenhouse and open field. Energy, 143, 2018, p. 417-423.

- [12] DÍAZ, G., ROSADIO, R., MARCELO, G., CHERO, A., JIMÉNEZ, R., REYNA, I. y MATURRANO, L. Evaluación de una Técnica de PCR-Múltiple para la Detección Rápida de *Salmonella Typhimurium* y *Enteritidis* en Cuyes (*Cavia porcellus*) Naturalmente Infeccionados. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(3), 2017, p. 713-722.
- [13] BAUTISTA, A., ESTEBAN, F. y VERGARA-RUBÍN, V. Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(2), 2017, p. 255-264.
- [14] CHOEZ, K. y RAVILLET, V. Frejol castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp) como ingrediente en raciones de crecimiento-engorde de cuyes (*Cavia porcellus*) mejorados. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 29(1), 2018, p. 180-187.
- [15] WITKOWSKA, A., PRICE, J., HUGHES, C., SMITH, D., WHITE, K., ALIBHAI, A. and RUTLAND, C.S. The effects of diet on anatomy, physiology and health in the guinea pig. Journal of Animal Health and Behavioural Science, 1(1), 2017, p. 100-103.
- [16] ATEFI, A., GE, Y., PITLA, S. and SCHNABLE, J. In vivo human-like robotic phenotyping of leaf traits in maize and sorghum in greenhouse. Computers and Electronics in Agriculture, 163, 2017, p. 1854.
- [17] HABEEB, A.A., GAD, A.E., EL-TARABANY, A.A., MUSTAFA, M.M. and ATTA, M.A. Using of Sugar Beet Pulp By-Product in Farm Animals Feeding. IJSRST, 3(3), 2017, p. 107-120.
- [18] LODHI, A.S., ARUN, K. and SINGH, K.G. Adoption of low tunnel technology for vegetable production-a review. Environment and Ecology, 27(1a), 2017, p. 448-452.
- [19] LIAKATAS, A., CLARK, J.A. and MONTIETH, J.L. Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. Agriculture For Meteorology, 36, 2018, p. 227-239.
- [20] MISHRA, G.P., SINGH, N., KUMAR, H. and SINGH, S.B. Protected Cultivation for Food and Nutritional Security at Ladakh. Defence Science Journal, 60(2), 2010, p. 34-78.
- [21] EVANS, E. and MESSERSCHMIDT, U. Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. Journal of animal science and biotechnology, 8(1), 2017, p. 25.
- [22] HELLWING, A.L., MESSERSCHMIDT, U., LARSEN, M. and WEISBJERG, M.R. Effects of feeding sugar beets, ensiled with or without an additive, on the performance of dairy cows. Livestock science, 206, 2017, p. 37-44.
- [23] MÜNNICH, M., KHIAOSA-ARD, R., KLEVENHUSEN, F., HILPOLD, A., KHOL-PARISINI, A. and ZEBELI, Q. A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: Effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. Animal Feed Science and Technology, 224, 2017, p. 78-89.
- [24] JONKER, A., SCOBIE, D., DYNES, R., EDWARDS, G., DE-KLEIN, C., HAGUE, H. and WAGHORN, G. Feeding diets with fodder beet decreased methane emissions from dry and lactating dairy cows in grazing systems. Animal Production Science, 57(7), 2017, p. 1445-1450.
- [25] PANELLA, L. Sugar beet as an energy crop. Sugar Technology, 12(3-4), 2010, p. 288-293.
- [26] WAGHORN, G.C., LAW, N., BRYANT, M., PACHECO, D. and DALLEY, D. Digestion and nitrogen excretion by Holstein-Friesian cows in late lactation offered ryegrass-based pasture supplemented with fodder beet. Animal Production Science, 59(7), 2019, p. 1261-1270.
- [27] ATKINS, N.E., BLEACH, E.C. and SINCLAIR, L.A. Periparturient and early lactation performance and metabolism of replacement Holstein-Friesian heifers out-wintered on fodder beet or perennial ryegrass compared with winter housing. Grass and Forage Science, 73(4), 2018, p. 828-840.
- [28] GUȚĂ, F.M., GĂVAN, C., COLĂ, F. and MOTORGA, V. Effects of Dairy Cow Diet Supplementation with Carrots, Red Beet and Fodder beet on Cow Blood Serum Carotene Concentration and Milk Production. Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii, 51(1). 2018, p. 45-67.
- [29] ERTL, P., ZEBELI, Q., ZOLLITSCH, W. and KNAUS, W. Effects of supplementation of a forage-only diet with wheat bran and sugar beet pulp in organic dairy cows. Renewable Agriculture and Food Systems, 32(5), 2017, p. 446-453.
- [30] ZHANG, S. and HUANG, C.F. Effects of adaptation time and inclusion level of sugar beet pulp on nutrient digestibility and evaluation of ileal amino acid digestibility of sugar beet pulp fed to growing pigs. Asian-Australasian journal of animal sciences 0(0), 2019, p. 1-9.
- [31] KHAEMBAH, E.N., BROWN, H.E., ZYSKOWSKI, R., CHAKWIZIRA, E., DE-RUITER, J.M. and TEIXEIRA, E.I. Development of a fodder beet potential yield model in the next generation APSIM. Agricultural systems, 158, 2017, p. 23-38.

- [32] LEMA-TOAPANTA, A.F. Evaluación de la remolacha forrajera (*Beta vulgar, l.*) al 5%, 10% y 15% en la alimentación de cuyes hembras de reemplazo en el centro experimental y de producción Salache, Cotopaxi. [Doctoral Thesis]: Cotopaxi (Perú): Universidad Técnica de Cotopaxi, 2015.
- [33] DENNIS, T.S., SUAREZ-MENA, F.X., HILL, T.M., QUIGLEY, J.D., SCHLOTTERBECK, R.L. and LASCANO, G.J. Effect of replacing corn with beet pulp in a high concentrate diet fed to weaned Holstein calves on diet digestibility and growth. *Journal of dairy science*, 101(1), 2018, p. 408-412.
- [34] PRENDERGAST, S.L. and GIBBS, S.J. A comparison of microbial protein synthesis in beef steers fed ad libitum winter ryegrass or fodder beet. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 75, 2015, p. 251-256.
- [35] FINNERAN, E., CROSSON, P., O'KIELY, P., SHALLOO, L., FORRISTAL, D. and WALLACE, M. Simulation modelling of the cost of producing and utilizing feeds for ruminants on Irish farms. *Journal of Farm Management*, 14(2), 2010, p. 95-116.
- [36] BEYNEN, A.C. Digestive Characteristics of Dogs Fed a Dry Food Enhanced with Additional Beet Pulp. *Prawarun Agriculture Journal*, 14, 2017, p. 295-301.
- [37] ALIAGA, L., MONCAYO, R., RICO, E. y CAYCEDO, A. Producción de cuyes. Lima (Perú): Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2009, p. 578.
- [38] BERNAL, W. y VÁZQUEZ, H. Índices productivos en cuyes mejorados *Cavia porcellus* en fase de crecimiento, alimentados con harina de bituca (*Colocasia esculenta*). *Revista RICBA*, 1(2), 2018, p. 136-143.
- [39] RAMOS, L., CHAMORRO, E. y BENAVIDES, J.P. Evaluación de harina de nabo (*Brassica campestris*) en alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Investigación Pecuaria*, 2(2), 2013, p. 33-40.