

Artículo de investigación

Economic analysis of supplementation with arborea and agro-industrial by-products in zebu cattle

Análisis económico de la suplementación con recursos arbóreos y agroindustriales en ganado cebú

Análise econômica da suplementação com recursos arbóreas e agroindustriais em gado zebu

Sandra Lucía Posada¹✉, Zoot, DrSc [CvLAC](#), Diana María Ortiz¹, Zoot, MSc [CvLAC](#), Ricardo Rosero Noguera¹ Zoot, DrSc [CvLAC](#), Carlos Alberto Vélez¹ Econ, MSc [CvLAC](#), Dursun Barrios² Zoot, MSc, [CvLAC](#)

Fecha correspondencia:

Recibido: 14 de junio de 2016.

Aceptado: 8 de noviembre de 2016.

Forma de citar:

Posada SL, Ortiz DM, Rosero Noguera R, Vélez CA, Barrios D. Análisis económico de la suplementación con recursos arbóreos y agroindustriales en ganado cebú. Rev. CES Med. Zootec. 2016; Vol 11 (3): 23-34.

Open access

© Copyright

Creative commons

Éthics of publications

Peer review

Open Journal System

e-ISSN 1900-9607

Sobre los autores:

¹ Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias-GRICA

² Grupo de Investigación Biogénesis

^{1,2} Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia

Comparte



Abstract

This work aims to assess the economic impact of supplementation with arborea and agro-industrial by-products in zebu cattle. Productive performance test was conducted for 60 days in the municipality of Gómez Plata (Antioquia-Colombia). Twenty castrated males commercial zebu received five diets consisting for Pangola (*Digitaria decumbens*) (60%) and supplement (40%) containing matarratón (*Gliricidia sepium*) (MAT), coffee pulp (*Coffea arabica*) (CP), grape pomace (*Vitis vinifera*) (GP) or cottonseed (*Gossypium sp.*) (CS); the control diet (CON) was not formulated with these materials. The economic analysis included the cost-structure of diet, calculation of total and unit production cost, sensitivity analysis and cost-benefit ratio (B/C). In relation to CON diet, the cost per kilogram of diet was superior to CP and GP, 2.39 and 1.87 times, respectively. The value of a kilogram of meat for CP, GP and MAT diets was 3.47, 2.04 and 1.40 times higher compared with CON diet. The B/C ratio was negative for CP and GP diets, however, the sensitivity analysis showed that the introduction of GP is economically viable if its acquisition cost is lower. The costs associated with diet CS were slightly lower than the CON diet (93%), so the B/C ratio was slightly higher. It concludes that the introduction of arborea and by-products is not economically feasible in all cases because factors such as regional availability and dehydration increase production costs.

Keywords: *alternative food, cost-benefit ratio, production costs, sensitivity analysis.*

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto económico de la suplementación con recursos arbóreos y agroindustriales en ganado cebú. La prueba de desempeño productivo se realizó durante 60 días en el municipio de Gómez Plata (Antioquia-Colombia). Se emplearon 20 machos castrados cebú comercial, que recibieron cinco dietas constituidas por Pangola (*Digitaria decumbens*) (60%) y suplemento (40%) conteniendo matarratón (*Gliricidia sepium*) (MAT), pulpa de café (*Coffea arabica*) (PC), orujo de uva (*Vitis vinifera*) (OU) o semilla de algodón (*Gossypium sp.*) (SA); la

dieta control (CON) no se formuló con estos materiales. El análisis económico incluyó elaboración de la estructura de costos por dieta, cálculo del costo total y unitario de producción, análisis de sensibilidad y relación beneficio-costos (B/C). En relación con la dieta CON, el costo por kilogramo de dieta fue superior para PC y OU, 2,39 y 1,87 veces, respectivamente. El valor del kilogramo de carne para las dietas PC, OU y MAT fue 3,47, 2,04 y 1,40 veces mayor respecto a la dieta CON. La relación B/C para las dietas PC y OU fue negativa, no obstante, el análisis de sensibilidad mostró que la introducción de OU es económicamente viable si su costo de adquisición es menor. Los costos asociados con la dieta SA fueron ligeramente inferiores a la dieta CON (93%), por lo cual la relación B/C fue levemente superior. Se concluye que la introducción de subproductos no es económicamente viable en todos los casos, ya que factores como disponibilidad regional y procesos de deshidratación aumentan los costos de producción.

Palabras clave: *alimentos alternativos, análisis de sensibilidad, costos de producción, relación beneficio-costos.*

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto econômico da suplementação com recursos arbóreas e agroindustriais em gado zebu. Teste de desempenho produtivo foi realizado durante 60 dias na cidade de Gomez Plata (Antioquia-Colômbia). Foram utilizados 20 machos castrados zebu comercial, que receberam cinco dietas constituídas por Pangola (*Digitaria decumbens*) (60%) e suplemento (40%) contendo matarratón (*Gliricidia sepium*) (MAT), polpa de café (*Coffea arabica*) (PC), bagaço de uva (*Vitis vinifera*) (OU) ou caroço de algodão (*Gossypium sp.*) (SA); a dieta controle (CON) não foi formulada com esses materiais. A análise econômica incluiu elaboração da estrutura de custo por dieta, cálculo do custo total e unitária da produção, análise de sensibilidade e relação benefício/custo (B/C). Em relação à dieta CON, o custo por quilograma de dieta foi maior para PC e OU, 2,39 e 1,87 vezes, respectivamente. O valor de um quilo de carne para as dietas PC, OU e MAT foi 3,47, 2,04 e 1,40 vezes maior do que a dieta CON. A relação B/C para as dietas PC e OU foi negativa, no entanto, a análise de sensibilidade mostrou que a introdução de UO é economicamente viável se o custo de aquisição for inferior. Os custos associados com a dieta SA foram ligeiramente menores do que a dieta CON (93%), de modo que a relação B/C foi levemente superior. Conclui-se que a introdução de subprodutos não é economicamente viável em todos os casos porque fatores como a disponibilidade regional e processos de desidratação aumentam os custos de produção.

Palavras-chave: *alimentos alternativos, análise de sensibilidade, custos de produção, relação benefício/custo.*

Introducción

El análisis y el estudio de los costos de producción en el sector agropecuario es un tema de gran relevancia, bien sea para proveer asesoría en temas particulares, Como la suscripción de Tratados de Libre Comercio, o para formular recomendaciones tendientes a mejorar la política nacional agropecuaria. En el caso particular de la ganadería, los costos de producción pueden verse afectados por un conjunto de variables ajenas al proceso productivo, como sucede con los factores climáticos. En las regiones tropicales, la estacionalidad en la precipitación genera variación en el

crecimiento y la calidad del forraje disponible, afectando adversamente el desempeño productivo y la rentabilidad de la actividad ganadera. De acuerdo con Aguirre *et al.* ¹, las deficiencias más comunes en los forrajes corresponden a la energía y la proteína, deficiencias que en el animal pueden corregirse a través de la suplementación estratégica.

La suplementación estratégica tiene por objetivo suministrar los nutrientes en el momento, cantidad y calidad en que se requieran. No obstante, la suplementación, además de nutricionalmente apropiada, debe ser económicamente satisfactoria. Con esta finalidad, en la alimentación de los rumiantes se puede considerar el uso de recursos locales aunado a la utilización del forraje como componente principal de la dieta. Estos recursos deben ser potencialmente adaptables a los niveles productivos, de fácil consecución, implementación y bajo costo, limitando la utilización de materias primas tradicionales –maíz, soya–, que compiten con la alimentación humana y de animales monogástricos. Bajo esta perspectiva y considerando la limitada información en el tema, es importante evaluar productiva y económicamente la introducción de recursos arbóreos y agroindustriales, disponibles a nivel nacional, en la dieta del ganado.

El matarratón (*Gliricidia sepium*) es una leguminosa arbustiva que presenta buenos atributos como alimento para el ganado, ya que su follaje presenta 19 a 24% de proteína total y una digestibilidad de la materia seca mayor al 60% ¹. En Colombia, la agroindustria del café (*Coffea arabica*), uva (*Vitis vinífera*) y algodón (*Gossypium sp.*) genera una gran cantidad de subproductos, entre ellos pulpa de café, semilla de algodón y orujo de uva, respectivamente, que aportan fibra, grasa, azúcares, energía y proteína ^{5, 13, 18}. Evaluar la relación beneficio costo derivada del empleo de estos recursos permite comparar dietas y definir el precio máximo a pagar por los ingredientes que participan de su formulación, información necesaria para el seguimiento de los niveles de rentabilidad de la actividad ganadera. Este trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto económico de la suplementación con recursos arbóreos y agroindustriales en ganado cebú, tomando como insumo el desempeño productivo asociado con el consumo de estas dietas.

Materiales y métodos

Localización y animales

El presente trabajo fue aprobado por el Comité de Ética para la Experimentación con Animales de la Universidad de Antioquia, Acta No. 76 (Mayo 10/2012).

La prueba de desempeño productivo, resultante de la introducción de recursos arbóreos y agroindustriales en la dieta, se realizó en La Hacienda Vegas de la Clara, propiedad de la Universidad de Antioquia, ubicada en el municipio de Gómez Plata (Antioquia, Colombia). La zona presenta una temperatura media de 25 °C, humedad relativa del 80%, precipitación media anual de 1.800 mm y se encuentra a 1.080 msnm.

Fueron empleados 20 machos castrados, cebú comercial, con peso vivo medio inicial de 232 kg, los cuales fueron confinados durante 60 días en galpón abierto, en corrales de 5 m², con comedero y bebedero individual.

Dietas experimentales

Se evaluaron cinco dietas constituidas por Pangola (*Digitaria decumbens*) y suplemento, en relación 60/40%. A su vez, el suplemento incluyó 37,5% de matarratón (*Gliricidia sepium*) (MAT) o subproducto agroindustrial, a saber, pulpa de café (*Coffea arabica*) (PC) orujo de uva (*Vitis vinifera*) (OU) o semilla de algodón (*Gossypium sp.*) (SA). La dieta control (CON) no incluyó ninguno de los recursos en mención. La descripción química de las dietas se realizó conforme la AOAC ⁴ y Van Soest *et al.* ²⁵. En la [tabla 1](#) se presenta las materias primas empleadas para la formulación, su nivel de inclusión y la composición bromatológica de las dietas experimentales.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.

Ingredientes	Dietas experimentales				
	CON	MAT	PC	OU	SA
Digitaria decumbens	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Maíz	27,5	15,0	15,0	16,0	18,0
Torta de soja	6,5	5,5	4,0	4,0	4,0
Urea	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5
Melaza	3,0	1,0	2,0	1,0	1,5
Subproducto ¹	-	15,0	15,0	15,0	15,0
Sal mineral	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Aceite de palma	1,0	1,5	2,0	1,5	-
Composición química²					
MS	78,0	77,5	77,7	78,6	78,4
PC	16,9	17,1	16,7	16,9	16,8
EE	4,0	4,4	4,9	5,2	5,6
MI	7,7	8,5	8,5	7,9	8,0
FDN	52,1	60,7	57,5	56,6	57,5
FDA	33,4	42,9	39,7	39,0	38,7
CHO _t ³	71,3	69,9	69,9	69,9	69,5
CNE ³	19,2	9,2	12,5	13,4	11,9

¹ Correspondiente al recurso arbóreo o agroindustrial.

² Valores expresados en la materia seca (MS); PC= Proteína cruda; EE= Extracto etéreo; MI= Cenizas; FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida; EB= Energía bruta (cal/gMS); CHO_t= Carbohidratos totales; CNE= Carbohidratos no estructurales.

³ CHO_t= 100-(%PC+%EE+%MI), CNE= CHO_t-FDN

Las dietas fueron suministradas dos veces al día (8 y 15 horas), a voluntad, garantizando un rechazo del 10% respecto la cantidad ofrecida. Diariamente las sobras fueron colectadas, pesadas y analizadas para materia seca. A partir de la diferencia entre la materia seca ofrecida y la materia seca rechazada se determinó el consumo de materia seca (CMS).

Desempeño productivo y conversión alimenticia

Los animales se pesaron al inicio y final del experimento, previo ayuno de agua y alimento por 6 horas. A partir de la relación CMS/ganancia de peso (GP) de las cinco dietas se determinó la conversión alimenticia (CA). Con base en esta información se realizó el análisis económico de la suplementación.

Análisis económico

Se efectuó el cálculo de los costos de alimentación de las cinco dietas experimentales teniendo en cuenta los siguientes aspectos: 1) Aplicación del método de costeo variable en alimentación, 2) Elaboración de la estructura de costos por dieta, 3) Cálculo del costo total y unitario de producción del kilogramo de peso, 4) Análisis comparativo de los costos involucrados, 5) Análisis de la relación beneficio-costos (B/C). Los datos están expresados en pesos constantes de diciembre de 2015.

Las variables a considerar en el análisis fueron el costo de alimentación y los ingresos por venta de los animales. Con base en estos elementos se determinó la relación B/C de cada dieta experimental y se realizó el análisis de sensibilidad, a saber:

Costo de alimentación. Se determinó el costo (\$/kg) de cada una de las dietas experimentales. El valor de CA (kilogramos de materia seca consumidos para ganar un kilogramo de peso) se relacionó con este costo para establecer el costo correspondiente a la ganancia de un kilogramo de peso. La ganancia de peso total obtenida con cada dieta durante el desarrollo de la fase experimental se relacionó con el costo por kilogramo de ganancia para establecer el costo total asociado con la alimentación.

Ingreso por venta de los animales. Al precio de venta de los animales (\$/kg*Peso final, kg) se le descontó el precio de compra (\$/kg*Peso inicial, kg) con el fin de obtener la ganancia asociada con la ceba de los animales. El precio de compra y de venta fue fijado por la feria de ganado.

Relación beneficio-costos (B/C): La diferencia entre la ganancia asociada con la ceba de los animales y el costo de la alimentación permitió obtener la utilidad asociada con cada dieta experimental.

Análisis de sensibilidad: Se determinó cuál es el precio máximo a pagar por la arborea y los recursos agroindustriales, de tal forma que el costo de la ganancia de un kilogramo de peso fuera equivalente al de la dieta CON.

En la estructura de costos no se incluyó costos indirectos (insumos, mano de obra, depreciaciones) ni gastos generales de distribución (administración, infraestructura de administración, servicios).

Resultados

En la [tabla 2](#) se presenta el costo de las dietas experimentales (\$/kg). Este costo fue obtenido a partir del valor comercial de los ingrediente a nivel regional y su respectivo porcentaje de participación en la dieta ([Tabla 1](#)).

Sin considerar el recurso forrajero (*Digitaria decumbens*), el valor del kilogramo de suplemento fue de \$731,8; \$682,9; \$1.874,9; \$1.442,8 y \$678,7 para las dietas CON, MAT, PC, OU y SA, respectivamente. Se resalta el menor valor de la dieta incluyendo SA y el alto costo de las dietas incluyendo PC y OU.

En la [tabla 3](#) se muestra el costo de alimentación asociado con la producción de un kilogramo de peso. Este valor fue obtenido a partir del costo por kilogramo de dieta y la CA obtenida de su consumo. El menor y mayor costo le correspondió a las dietas incluyendo SA y PC, 0,93 y 3,47 veces el costo de la dieta CON, respectivamente.

Tabla 2. Costo del kilogramo de las dietas experimentales.

Materia Prima	Dietas experimentales				
	CON	MAT	PC	OU	SA
<i>Digitaria decumbens</i>	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0
Maiz	159,2	86,9	86,9	92,6	104,2
Torta de Soja	78,4	66,4	48,3	48,3	48,3
Urea	11,1	11,1	11,1	16,6	5,5
Melaza	11,9	3,9	7,9	3,9	5,9
Sal Mineralizada	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
Aceite de palma	19,2	28,8	38,4	28,9	0,0
Subproducto	0,0	63,2	544,5	373,9	94,6
Valor de la dieta (\$/kg)	328,7	309,2	786,0	613,1	307,4
Valor de la dieta (índice) ¹	1,00	0,94	2,39	1,87	0,94

¹Valores expresados en coeficiente, con base en el valor de la dieta control

Tabla 3. Costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso.

Materia Prima	Dietas experimentales				
	CON	MAT	PC	OU	SA
<i>Digitaria decumbens</i>	228,2	342,0	331,2	249,5	226,1
Maiz	1.009,6	825,1	799,1	642,1	654,6
Torta de Soja	497,1	630,3	443,9	334,4	303,0
Urea	70,2	105,2	101,9	115,1	34,7
Melaza	75,2	37,6	72,8	27,4	37,3
Sal Mineralizada	81,8	122,5	118,7	89,4	81,0
Aceite de palma	122,0	274,2	354,0	200,0	0,0
Subproducto	0,0	600,2	5.009,4	2.590,9	594,3
Valor del kg de peso (\$/kg)	2.084,1	2.937,1	7.231,0	4248,8	1.931,0
Valor del kg de peso (índice) ¹	1,00	1,40	3,47	2,04	0,93

¹Valores expresados en coeficiente, con base en el valor del kilogramo de peso de la dieta control

La [tabla 4](#) muestra el análisis de sensibilidad para las dietas experimentales. En las dietas formuladas con MAT y PC, aun asignando a cada recurso un valor de \$0/kg, el costo de la ganancia de un kilogramo de peso se muestra superior al de la dieta CON, \$2.236,9 y \$2.221,6 vs. \$2.084,1. El valor máximo a pagar por el OU y la SA para que el costo del kilogramo de ganancia se iguale a \$2.084 corresponde a \$410 y \$794, respectivamente. En la tabla se observa un costo de \$426,2 y \$747,9, teniendo presente que la CA de estas dietas fue 6.93 y 6.28, correspondientemente, y que el nivel de

Tabla 4. Análisis de sensibilidad de las dietas experimentales.

Materia Prima	Dietas experimentales				
	CON	MAT	PC	OU	SA
Otros ingredientes	2.084,1	2.336,9	2.221,6	1.657,8	1.336,7
Subproducto	0,0	0,0	0,0	426,2	747,9
Valor del kg de peso (\$/kg)	2.084,1	2.336,9	2.221,6	2.084,0	2.084,6

participación del recurso en la dieta fue del 15%. El valor asignado a otros ingredientes corresponde a la suma de todos los rubros que se muestran en la [tabla 3](#), excepto el correspondiente a la arbórea o el subproducto.

La relación B/C derivada de la suplementación con recursos arbóreos y agroindustriales se muestra en la [tabla 5](#). En la primera parte, el análisis se realizó con base en el precio real de adquisición de los recursos. En la segunda, con base en el precio máximo a pagar por los mismos a partir del análisis de sensibilidad previamente realizado, esto es, asumiendo un precio de adquisición de \$0, \$0, \$410 y \$794 para MAT, PC, OU y SA. Se observa que la relación B/C se invierte para las dietas PC y OU, que inicialmente registraron utilidad negativa. Se destaca igualmente, que la relación B/C para la dieta OU se ubica en el límite superior, conjuntamente con las dietas CON y SA.

Tabla 5. Relación beneficio-costos de las dietas experimentales.

Variable	Dietas experimentales				
	CON	MAT	PC	OU	SA
<i>Precio real de compra del recurso</i>					
Compra animales (\$)	759.430,0	780.909,5	752.746,8	766.778,3	797.135,5
Venta animales (\$)	1.020.444,2	941.820,0	\$900.973,6	999.509,6	1.035.957,7
Ganancia ceba (\$)	261.014,2	160.910,5	148.226,8	232.731,3	238.822,2
Costo alimentación (\$)	147.744,3	121.508,4	273.764,1	265.718,2	123.776,5
Relación B/C	113.269,9	39.402,1	-125.537,3	-32.986,9	115.045,7
<i>Precio máximo a pagar por subproducto</i>					
Ganancia ceba (\$)	261.014,2	160.910,5	148.226,8	232.731,3	238.822,2
Costo alimentación (\$)	147.744,3	96.678,9	84.108,3	130.334,5	133.626,2
Relación B/C	113.269,9	64.231,6	64.118,5	102.396,8	105.196,0

Discusión

El precio de los insumos alimenticios que participan de la formulación de dietas para animales está afectado por la oferta y la demanda. En términos de demanda, el maíz y la soya se utilizan para el consumo humano o animal, principalmente para la formulación de raciones de alta calidad nutricional y sanitaria para cerdos, aves, peces y ganado bovino. El maíz también se destina para la producción de etanol y, conjuntamente con la soya, para la extracción de aceite². En términos de oferta, estas materias primas se obtienen del mercado internacional por su carencia a nivel local, lo que hace que el precio de las raciones para animales se vea afectado por variables exógenas como la tasa de cambio, precios internacionales, aranceles e impuestos. Alternativas que permitan superar esta dificultad mejorarán la competitividad del sector pecuario, lo cual demanda la evaluación de recursos locales en la alimentación animal. En la [tabla 1](#) se observa que las dietas que incluyeron recursos locales redujeron sustancialmente la utilización de maíz y de soya, materias primas que en la dieta CON representaron el 72,3% del valor del kilogramo, mientras que en las restantes dietas su participación fluctuó entre 17,2 y 49,6% ([Tabla 2](#)), porcentaje que también se diluyó por el costo elevado de algunos recursos.

Si bien la utilización de arbóreas y subproductos agroindustriales puede considerarse una opción técnica y económicamente viable para reducir la utilización de insumos tradicionales; en la [tabla 2](#) igualmente se observa que las dietas de mayor

costo fueron las que incluyeron PC y OU, donde el valor del subproducto representó el 69,3 y 61,0%, respectivamente, del valor total de la dieta, situación contraria a lo registrado en las dietas MAT y SA, donde la participación fue del 20,4 y 30,8%, correspondientemente. Esta situación es reflejo de la disponibilidad regional de los subproductos y del procesamiento al que deben ser sometidos para facilitar el transporte y preservar su calidad nutricional durante el almacenamiento. Materias primas como el matarratón, pulpa de café y orujo de uva tienen altos contenidos de humedad ^{2, 12, 18}, lo que demanda infraestructura y recursos para su secado, impactando fuertemente los costos de producción. En el caso del matarratón debe sumarse la cosecha del material, lo que hace necesario la contratación de personal.

Del beneficio húmedo del café se obtiene la pulpa, que representa el principal desecho generado, alrededor del 29% del peso del fruto entero ¹⁸, cuyos usos potenciales fueron descritos por Ramírez ²⁰ y Rathinavelu y Graziosi ²¹. En Colombia, la consecución de pulpa de café fresca no es limitante debido a la representatividad nacional del cultivo, no obstante, el secado del subproducto no es una alternativa contemplada por el productor. Esta actividad explica el valor del subproducto en el presente trabajo, \$3.630/kg, lo que definitivamente inválida su inclusión.

Durante la producción de vino, aproximadamente el 25% del peso de la uva resulta en la producción de orujo, subproducto que se compone de pieles y semilla ¹¹. Este material generalmente se composta y es usado como abono en los viñedos para completar el ciclo del carbono, no obstante, a nivel nacional e internacional existe interés por su empleo en la industria cosmética. Estos elementos, sumados a la disponibilidad regional, limitan la consecución del subproducto. A diferencia del café, el cultivo de uva se concentra en el Valle del Cauca, Boyacá y los Santanderes ¹⁴, departamentos donde la infraestructura para el secado es escasa. En este trabajo, el precio del orujo de uva fresco fue de \$100/kg y el valor del secado y transporte entre los departamentos del Valle del Cauca y Antioquia fue de \$1.992,5/kg.

La valoración económica de la dieta (\$/kg) es un aspecto importante, no obstante, no tiene en cuenta el desempeño animal. El valor nutricional de una dieta está en función de su composición química, el nivel de consumo y de digestibilidad de sus nutrientes ²⁴. Al comparar la información de las tablas ² y ³ se observa que el valor del kilogramo de peso, respecto el valor del kilogramo de alimento, resultó en un aumento del costo de las dietas MAT (1,40 vs. 0,94) y PC (3,47 vs. 2,39), principalmente y, en menor proporción OU (2,04 vs. 1,87) (valores expresados en coeficiente respecto la dieta control). El incremento en el costo para las dietas MAT y PC es resultado de la menor eficiencia alimenticia, reflejada en una conversión promedio de 9,35. Desde el punto de vista nutricional, todas las dietas incluyendo subproductos presentaron mayores niveles de FDN (58,1 vs 52,1%) y FDA (40,1 vs. 33,4), y menor contenido de CNE (11,8 vs. 19,2%) respecto la dieta CON ([Tabla 1](#)), sin embargo, la CA fue superior para las dietas con participación de OU y SA, lo cual confirma que la composición química por sí sola no es determinante de la respuesta productiva. Con base en la eficiencia alimenticia expresada por ambas dietas, el análisis de sensibilidad que se presenta en la Tabla 4 muestra que la introducción de OU y SA en la dieta resulta económicamente viable si los subproductos se adquieren por un valor que no supere los \$410 y \$794/kg. El valor de adquisición de la SA en el presente trabajo fue menor, lo que aumentó la relación B/C ([Tabla 5](#)).

Todos los elementos previamente discutidos soportan los valores que se muestran en la [tabla 5](#). La menor ganancia en la ceba (\$) para las dietas MAT y PC es conse-

cuencia de la menor ganancia de peso registrada durante el período de estudio, lo que afectó negativamente los ingresos por venta de animales. En el caso de la PC y el OU, el alto costo de alimentación, producto del elevado valor de adquisición de estos insumos, termina por afectar la relación B/C. No obstante, se insiste en la potencialidad que tiene el OU en la alimentación de rumiantes, toda vez que la relación B/C se modifica sustancialmente (-\$32.986,9 vs. \$102.396,8) cuando su precio es competitivo (\$2.492,5 vs \$410/kg). Si bien supera el alcance del presente trabajo, es importante mencionar que al OU le han sido atribuidas propiedades antimetabólicas ¹⁶, lo cual hace aún más atractiva su utilización.

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que la introducción de recursos arbóreos y agroindustriales no es económicamente viable en todos los casos. En el caso del matarratón, los costos asociados con la cosecha y el secado deben ser abolidos, y su incorporación en la dieta debe limitarse al ramoneo, a partir de bancos de proteína o sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi). La incorporación de leguminosas en la forma aquí propuesta presenta la ventaja de complementar restricciones estacionales de biomasa cuando las condiciones medioambientales sean adversas. En trabajo desarrollado por Razz *et al.* ²², la incorporación de *Leucaena leucocephala* - ofertada en bancos de proteína durante una hora por día - y alimento concentrado mejoró la producción de leche en animales doble propósito pastoreando *Panicum maximum*. Cuartas *et al.* ⁸ concluyeron que los animales que tienen acceso a SSPi son más eficientes en el uso de la energía y presentan desempeños productivos superiores. Los autores compararon económicamente un sistema control (SC), compuesto por *Bothriochloa pertusa*, y un SSPi, compuesto por *L. Leucocephala*, *Cynodon plectostachyus* y plantaciones maderables. En el SC fueron necesarios 999 días para alcanzar 300 kg de peso. En ese mismo período, un animal en el SSPi puede alcanzar 819 kg. Asumiendo un valor de US\$1.89/kg, el SSPi genera US\$980 adicionales.

La introducción de orujo de uva es viable desde el punto de vista técnico, pero no económico. Esto lleva a proponer un valor de comercialización sustancialmente menor al del maíz, considerando que se trata de un insumo fibroso, y un suministro fresco o ensilado del material en los departamentos productores de uva. Santos *et al.* ²³ evaluaron la introducción de 5, 7.5 y 10% de orujo de uva ensilado en la dieta de vacas Holstein. El consumo de materia seca, la producción de leche y su composición (concentración de proteína, grasa y lactosa) fueron similares entre tratamientos. La inclusión de 20% de orujo de uva ensilado también fue reportada por Belibasakis *et al.* ⁶, sin efectos negativos sobre las mismas variables, lo que sugiere el potencial de utilización del recurso fermentado.

El alto precio de la pulpa de café y los resultados zootécnicos obtenidos en este trabajo inviabilizan la inclusión de este subproducto en la ración. En la literatura que propone la utilización de este insumo, se resalta su baja aceptabilidad por parte de los rumiantes ⁷, la presencia de cafeína, polifenoles y el alto contenido de fibra ¹⁷, lo que finalmente se traduce en menor ganancia de peso y rentabilidad. No obstante, se ha reportado que el ensilaje de este subproducto logra reducir a niveles adecuados sustancias antinutricionales como la cafeína, el ácido clorogénico y derivados de taninos ¹⁵. En el trabajo conducido por Noriega *et al.* ¹⁹, el ensilaje de la pulpa de café presentó valores muy bajos de taninos (0.30%) a los 120 días de fermentación, por lo que podría recomendarse su inclusión en la dieta del ganado. Estos autores citan varios estudios, donde la pulpa de café ensilada puede representar el 20- 30% de la dieta de vacas lecheras y novillos. Didanna ¹⁰ propone ensilar la pulpa de café

con la adición de melaza de caña (4-6%) y urea (10%), o también en mezcla con gramíneas, sorgo o maíz.

La dieta incluyendo SA fue prácticamente equivalente a la dieta CON, lo que sumado a su disponibilidad en el mercado local, confirma el potencial de esta semilla oleaginosa. En la literatura, la SA se describe como una materia prima de alta concentración de proteína, energía y grasa ^{3, 13}.

Conclusión

Actualmente existe una gran presión política y social para reducir la polución derivada de la actividad industrial. Conscientes de esta realidad, las empresas están modificando sus procesos para que los subproductos generados puedan ser reciclados. La introducción de recursos arbóreos y agroindustriales no es económicamente viable en todos los escenarios de producción, ya que factores como disponibilidad regional y procesos de deshidratación de los materiales de alto contenido de humedad aumentan los costos asociados con la ganancia de peso. De los subproductos evaluados, se resalta la potencialidad técnica y económica de la SA y el OU. El desempeño zootécnico asociado con el uso de estos materiales hace viable su incorporación, siempre y cuando el valor de adquisición sea competitivo y sustancialmente menor al otorgado a los recursos tradicionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias- por el apoyo para el desarrollo de la propuesta de investigación "Efecto de la suplementación con arbóreas y subproductos agroindustriales sobre la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero en ganado cebú" (código 1115-569-33853)

Referencias

1. Aguirre HA, Ramírez O, Pérez J, Herrera J, Hernández A. Rendimiento de una pradera de pangola y cambios de peso de becerros, por efecto de la inclusión de harina de cacahuananche (*Gliricidia sepium*) en el suplemento. *Rev Electrón Vet* 2006; 7(11): 1-14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612653027>
2. Alipour D, Rouzbehan. Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethylene glycol on in vitro gas production and microbial biomass yield. *Anim Feed Sci Technol* 2007; 137(1-2): 138-149. [http://www.animalfeedscience.com/article/S0377-8401\(06\)00393-2/abstract](http://www.animalfeedscience.com/article/S0377-8401(06)00393-2/abstract)
3. Arieli A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. *Anim Feed Sci Technol* 1998; 72(1-2): 97-110. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840197001697>
4. Association of Official Analytical Chemist-AOAC. *Official Methods of Analysis*. 18 ed. AOAC International: USA. 2011.
5. Baumgärtel T, Kluth H, Epperlein K, Rodehutschord M. A note on digestibility and energy value for sheep of different grape pomace. *Small Ruminant Res* 2007; 67(2-3): 302-306. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448805004694>

6. Belibasakis NG, Progia E, Papaioannou A, Skulidis G. Effects of ensiled wet grape marc on milk production, milk composition and blood components of dairy cows. *Czech J Anim Sci* 1996; 41(7): 307–310. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ9601082>
7. Cabezas MT, Flores A, Egaña JI. Use of coffee pulp in ruminant feeding. In: Braham JE, Bressani R. Coffee pulp. Composition, technology, and utilization. Canadá: International Development Research Centre; 1979. p 25-38.
8. Cuartas CA, Naranjo JF, Tarazona AM, Barahona R. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *Rev CES Med Zootec* 2013; 8(1): 70-81. <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2858>
9. Departamento Administrativo Nacional de Estadística–DANE. Cuenta satélite piloto de la agroindustria: Maíz, sorgo y soya y su primer nivel de transformación 2005-2009. Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DSCN); 2013; [acceso: 26 de noviembre de 2015]. URL: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/agroindustria/Doc_Metodologico_%20Maiz_Sorgo_Soya_def_23_05_13.pdf
10. Didanna HL. A critical review on feed value of coffee waste for livestock feeding. *World Journal of Biology and Biological Sciences* 2014; 2(5): 72-86. <http://www.wsrjournals.org/download.php?id=890374635677258972.pdf&type=application/pdf&op=1>
11. Dwyer K, Hosseinian F, Rod M. The Market Potential of Grape Waste Alternatives. *J Food Res* 2014; 3(2): 91-106. <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jfr/article/view/33454/19986>
12. Foroughbakhch PR, Parra AC, Estrada AR, Alvarado MA, Cardenas ML. Nutrient content and in vitro dry matter digestibility of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp and *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit.). *J Anim Vet Adv* 2012; 11(10): 1708-1712. <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/javaa/2012/1708-1712.pdf>
13. Grainger C, Williams R, Clarke T, Wright ADG, Eckard RJ. Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. *J Dairy Sci* 2010; 3(6): 2612-2619. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20494170>
14. Hernández JD, Trujillo YY, Durán DS. Contenido fenólico e identificación de levaduras de importancia vínica de la uva Isabella (*Vitis labrusca*) procedente de Villa del Rosario (Norte de Santander). *Vitae* 2011; 18(1): 17-25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169822667003>
15. Mayorga E. La pulpa de café: De residuo a alimento. Universidad Central del Ecuador, Quito; 2005; [acceso: 1 de noviembre de 2016]. URL: <http://www.ugr.es/~ri/antiores/dial03/d28-3.htm>
16. Moate PJ, Williams SRO, Torok VA, Hannah MC, Ribaux BE, et al. Grape marc reduces methane emissions when fed to dairy cows. *J Dairy Sci* 2014; 97(8): 5073–5087. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00430-5/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00430-5/abstract)

17. Molina M, Lechuga OR, Bressani R. Valor nutritivo de la pulpa de café sometida a fermentación sólida usando *Aspergillus niger* en pollos y cerdos. *Agron Mesoam* 1990; 1: 79-82. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/25350>
18. Noriega A, Silva R, García M. Revisión Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Trop* 2008; 26(4): 411-419. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000400001
19. Noriega A, Silva R, García M. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zootecnia Trop* 2009; 27(2): 135-141. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200004
20. Ramírez J. Coffee pulp is a by product, not a waste. *Tea Coffee Trade Journal* 1998; 170: 116-123. <https://www.thefreelibrary.com/Coffee+pulp+is+a+by-product,+not+a+waste.-a020639658>
21. Rathinavelu R, Graziosi G. Potential alternative use of coffee wastes and by-products. Use of coffee wastes and by-products. International Coffee Organization; 2005; [acceso: 2 de noviembre de 2015]. URL: <http://www.ico.org/documents/ed1967e.pdf>
22. Razz R, Clavero T, Combellas J, Ruíz T. Respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* y *leucaena leucocephala*. *Revista Científica, FCV-LUZ* 2004; 14(6): 526-529. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95914607>
23. Santos NW, Santos GTD, Silva-Kazama DC, Grande PA, Pintro PM, et al. Production, composition and antioxidants in milk of dairy cows fed diets containing soybean oil and grape residue silage. *Livest Sci* 2014; 159: 37-45 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141313005088>
24. Silva RR, Prado IN, Carvalho GGP, Silva FF, Santana Junior HA, et al. Novilhos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. *Arch Zootec* 2010; 59(228): 549-560.
25. Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991; 74(10): 3583-3597. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/abstract)