

Artículo científico

Indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos suplementados con *Cratylia argentea* y *Saccharomyces cerevisiae*Blood biochemistry indicators in cattle supplemented with *Cratylia argentea* and *Saccharomyces cerevisiae*

María Ligia Roa-Vega, Edgar Augusto Ladino-Romero y María Cristina Hernández-Martínez

Universidad de los Llanos, km 12, vía a Puerto López, Villavicencio, Meta, Colombia

Correo electrónico: ligiaroa2607@gmail.com

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar algunos indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos fistulados, suplementados con *Cratylia argentea* y *Saccharomyces cerevisiae* en pastoreo de *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*. Se utilizaron cuatro bovinos machos fistulados en rumen (Criollo x Cebú), distribuidos en un cuadrado latino (4 x 4). Los tratamientos fueron: T1: pastoreo sin probiótico (SP), T2: pastoreo con probiótico (CP), T3: pastoreo suplementado con 3,5 kg de materia seca (MS) de *C. argentea* (SP), y T4: pastoreo suplementado con 3,5 kg de MS de *C. argentea* (CP). El contenido de proteína cruda de *C. argentea* fue 2,6 veces mayor que el de *B. decumbens* (18,2 vs. 6,5 %). En relación con los valores de creatinina (Cr), alanina aminotransferasa (ALT), albúmina y globulinas, se observó un comportamiento similar en todos los tratamientos; mientras que el nitrógeno ureico sanguíneo (BUN), la glicemia, el aspartato aminotransferasa (AST), la proteína total, el colesterol y los triglicéridos se incrementaron ($p < 0,05$) por el efecto del probiótico y de la suplementación con leguminosa (T2, T3 y T4). Se encontró una correlación positiva para glicemia-triglicéridos, glicemia-proteína total, glicemia-colesterol, albúmina-colesterol, triglicéridos-proteína, y una correlación negativa para BUN-AST. Se concluye que los indicadores bioquímicos estuvieron dentro de los rangos normales para la especie; no obstante, la proteína total, la glicemia, el BUN, el colesterol y los triglicéridos fueron superiores en los tratamientos a los que se les adicionó *S. cerevisiae* y *C. argentea*.

Palabras clave: *Fabaceae*, levadura, metabolismo.

Abstract

The objective of this study was to evaluate some indicators of blood biochemistry in fistulated cattle, supplemented with *Cratylia argentea* and *Saccharomyces cerevisiae* grazing *Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*. Four bulls fistulated in rumen were used (Creole x Zebu), distributed in a Latin square (4 x 4). The treatments were: T1: grazing without probiotic (NP), T2: grazing with probiotic (WP), T3: grazing supplemented with 3,5 kg of dry matter (DM) of *C. argentea* (NP), and T4: grazing supplemented with 3,5 kg DM of *C. argentea* (WP). The crude protein content of *C. argentea* was 2,6 times higher than that of *B. decumbens* (18,2 vs. 6,5 %). With regards to the values of creatinine (Cr), alanine aminotransferase (ALT), albumin and globulins, a similar performance was observed in all the treatments; while blood ureic nitrogen (BUN), glycemia, aspartate aminotransferase (AST), total protein, cholesterol and triglycerides increased ($p < 0,05$) due to the effect of the probiotic and of the supplementation with legume (T2, T3 and T4). A positive correlation was found for glycemia-triglycerides, glycemia-total protein, glycemia-cholesterol, albumin-cholesterol, triglycerides-protein, and a negative correlation for BUN-AST. It is concluded that the biochemical indicators were within the normal ranges for the species; nevertheless, total protein, glycemia, BUN, cholesterol and triglycerides were higher in the treatments to which *S. cerevisiae* and *C. argentea* were added.

Key words: *Fabaceae*, yeast, metabolism.

Introducción

El Piedemonte llanero de Colombia, como otras zonas tropicales, presenta la desventaja de contar con una baja disponibilidad y calidad nutricional de forraje en determinadas épocas del año, lo cual trae como consecuencia la inestabilidad en la producción cuando se tiene ganado en pastoreo. Ante esta

problemática es necesario impulsar alternativas de suplementación, como el empleo de leguminosas arbustivas disponibles en la región (Mijares-López *et al.*, 2012), con el fin de suplir las deficiencias nutricionales en el ganado durante todo el año (Uribe *et al.*, 2011). Se ha demostrado que la leguminosa *Cratylia argentea* hace un mayor aporte de proteína

con respecto a las gramíneas utilizadas en esta zona (21,67 % vs. 6,52 %), y constituye una alternativa de uso por su producción de biomasa y resistencia a factores ambientales y climatológicos (Plazas, 2015).

En cuanto al uso de los probióticos para mejorar la producción animal, Cifuentes y González (2013) evaluaron la ganancia de peso en ovinos criollos en pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con adición de *Saccharomyces cerevisiae*, comparado con un control; la ganancia de peso del grupo experimental fue mayor (220 vs. 100 g para el control), lo que permitió determinar que la adición de 15 g de levadura mejoró la conversión alimenticia de los ovinos en pastoreo.

Otros estudios demostraron que la suplementación con *S. cerevisiae* a vacas Holstein, sometidas a estrés calórico, incrementó en 1,57 kg la producción de leche diaria, debido a que se favoreció la digestibilidad de los nutrientes en el rumen; además se elevó su consumo un 15 %, con una mejora del 22 % en la conversión alimenticia (Betancourt *et al.*, 2011; Ponce, 2011).

A su vez, los indicadores metabólicos a nivel sanguíneo se han utilizado para evaluar el grado de efectividad de la alimentación y la magnitud del desequilibrio energético y proteico. Estudios realizados por Roa y Ladino (2015) indicaron que el uso de probióticos puede modificar aspectos de la fermentación ruminal y, por tanto, sus metabolitos. Campos *et al.* (2007), en experimentos con novillas de siete razas diferentes que fueron alimentadas con una dieta similar, determinaron la influencia de la raza en la glucosa, que resultó superior en Lucerna respecto al promedio de las demás razas (3,2 vs. 2,8 mmol l⁻¹); similar comportamiento se observó para el colesterol.

En estudios con vacas Brahman en pastoreo, se determinó que la glicemia, los triglicéridos y el colesterol fueron similares en el preparto y el posparto con la misma dieta (Villa *et al.*, 2011). Sin embargo, no sucedió igual con vacas Rubia Gallega (Quintela *et al.*, 2011) en posparto y preparto, en las cuales se incrementó la glicemia y el nitrógeno ureico sanguíneo; mientras que disminuyeron la alanina aminotransferasa, el aspartato aminotransferasa, la proteína total, la albúmina, el colesterol y los triglicéridos.

El objetivo de este estudio fue evaluar algunos indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos fistulados, suplementados con *C. argentea* y *S. cerevisiae* en pastoreo de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk.

Metodología experimental

Localización. El experimento se realizó en la época de lluvia, en la unidad pecuaria de la granja Barcelona, laboratorios de nutrición animal y clínico veterinario de la Universidad de los Llanos, en Villavicencio –Meta, Colombia–; el área se localiza a una altitud de 465 msnm y sus características climáticas son las siguientes: temperatura entre 20 y 32 °C, precipitación anual de 1 830-3 568 mm y humedad relativa de 69 a 85 % (IDEAM, 2013).

Tratamientos y diseño. Se utilizaron cuatro bovinos machos fistulados en rumen (Criollo x Cebú), con un peso promedio de 350 ± 20 kg, distribuidos en un cuadrado latino (4 x 4). Los tratamientos fueron: T1: pastoreo sin probiótico (SP), T2: pastoreo con probiótico (CP), T3: pastoreo suplementado con 3,5 kg de materia seca de *C. argentea* (SP), y T4: pastoreo suplementado con 3,5 kg de MS de *C. argentea* (CP), con una duración de 20 días cada uno (15 de adaptación y cinco de toma de muestras). Todos los animales estuvieron en pastoreo continuo de *B. decumbens* cv. Basilisk, sal mineralizada y agua a voluntad. Se utilizó el probiótico a razón de 10 mL/animal/día administrado vía oral –cada mililitro contiene *S. cerevisiae* 2,0 x 10⁴ UFC– (Lila *et al.*, 2004).

Muestras para evaluar el perfil bioquímico. En cada periodo, a los cuatro animales en ayuno por 12 h se les realizó la extracción de sangre a las 7 a.m., en la vena yugular. Los bovinos estaban tranquilos porque fueron acostumbrados al manejo diario; se emplearon tubos vacutainer con y sin anticoagulante. Las muestras fueron analizadas en un equipo marca Mindray BA-88® y se determinó: glucosa (glicemia), nitrógeno ureico sanguíneo (BUN), creatinina, alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), triglicéridos (TG), colesterol (CI), proteína plasmática total (PT), albúmina y globulina.

Los nutrientes digeribles totales (NDT) se calcularon empleando la fórmula de predicción matemática (NRC, 2001):

$$\% \text{ NDT} = \text{PC} * 1,15 + \text{EE} * 1,75 + \text{FC} * 0,45 + \text{ELN}^2 * 0,00085 + \text{ELN} * 0,25 - 3,4$$

Donde:

PC: proteína cruda

EE: extracto etéreo

FC: fibra cruda

ELN: extracto no nitrogenado

Análisis estadístico. Se aplicó un análisis de varianza con el programa estadístico SPSS® versión 19, y las comparaciones entre tratamientos se detectaron a través de la prueba de comparación de Tukey. También se realizaron correlaciones de Pearson (r_{xy}) entre la glicemia, los triglicéridos y el colesterol; entre la proteína total, la glicemia y el colesterol; y entre la albúmina, la glicemia y el colesterol, mediante la fórmula:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x * Z_y}{N}$$

Resultados y Discusión

La materia seca de *C. argentea* (31,0 % \pm 3,2) resultó mayor que la de *B. decumbens* (tabla 1); estos valores fueron menores que los obtenidos por Roa y Ladino (2015) en la época de invierno (33,3 %).

El contenido de proteína cruda de *C. argentea* fue aproximadamente 2,8 veces mayor que el de *B. decumbens* y se encuentra dentro del intervalo descrito por Plazas (2015), aunque la edad de rebrote influye en este nutriente.

En *B. decumbens* el contenido de materia seca (26,3 %) y el de proteína cruda (6,6 %) fueron inferiores a los reportados por Sánchez *et al.* (2009) –MS: 30 % y PC: 10 %–, lo cual significa que estos forrajes varían su composición de acuerdo al sitio de siembra y el manejo agronómico (tabla 1).

El contenido de nutrientes digestibles en *C. argentea* (67,5 %) fue mayor que en *B. decumbens* (51,3 %), por lo que esta leguminosa constituye una alternativa de alimentación para suplir los requerimientos de proteína y energía en los animales que pastorean la gramínea (Plazas, 2015).

Los indicadores sanguíneos permiten caracterizar las vías metabólicas, así como tener elementos

sobre las particularidades de la ración consumida y la biotransformación de los ingredientes. En este sentido, se observó que el probiótico *S. cerevisiae* y *C. cratylia* no afectaron las concentraciones de ALT, creatinina, albúmina y globulinas, y su comportamiento fue similar en todas las muestras analizadas (tabla 2). Al comparar la creatinina y la albúmina promedio de los cuatro tratamientos (1,76 mg dL⁻¹ y 2,9 g dL⁻¹) con los valores obtenidos por Campos *et al.* (2007), estos últimos fueron levemente superiores (1,4 mg dL⁻¹ y 2,6 g dL⁻¹); mientras que los valores de globulina fueron inferiores. Noro *et al.* (2011) observaron similar comportamiento de la albúmina en vacas lecheras, y no hubo diferencias en este indicador cuando se suplementó a los animales con un concentrado, en comparación con un testigo (4,36 vs. 4,15 g dL⁻¹).

La PT y el BUN fueron inferiores ($p < 0,05$) en T1 en relación con los demás tratamientos: 7,01 g dL⁻¹ y 15,9 mg dL⁻¹ (tabla 2); las concentraciones están dentro del rango normal, lo cual indica un metabolismo proteico activo que beneficia a los animales desde los puntos de vista nutricional y reproductivo.

Un comportamiento similar fue informado por Cattaneo *et al.* (2013) en vacas que padecían enfermedad quística ovárica, y al compararlas con las sanas estas presentaron mayor concentración de PT (7,58 vs. 6,5 g dL⁻¹) y de BUN (22,1 vs. 13,8 mg dL⁻¹).

Oquendo *et al.* (2013) obtuvieron, en vacas lecheras, los valores más bajos de PT en el mes de febrero (6,58 g dL⁻¹) respecto a diciembre (7,67 g dL⁻¹), resultados que se pueden explicar por la menor oferta y calidad forrajera en el primero; ello demuestra que la PT es un indicador importante para valorar el aprovechamiento de los forrajes.

La glicemia y el colesterol se incrementaron ($p < 0,05$) por efecto del probiótico y de la leguminosa.

Tabla 1. Composición nutricional de los forrajes (%).

Nutriente	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Cratylia argentea</i>
Materia seca	26,3 \pm 4,2	31,0 \pm 3,2
Proteína cruda	6,5 \pm 1,1	18,2 \pm 1,9
Grasa	2,1 \pm 0,66	2,4 \pm 0,71
Fibra cruda	30,0 \pm 3,8	16,5 \pm 2,5
Ceniza	11,6 \pm 2,6	8,3 \pm 2,3
Fibra detergente neutro	61,0 \pm 4,2	47,0 \pm 3,8
Fibra detergente ácido	48,0 \pm 3,7	37,4 \pm 3,2
Nutrientes digestibles totales	51,3 \pm 2,5	67,5 \pm 2,6

Específicamente el colesterol se elevó de 90,3 a 105,8 mg dL⁻¹ (tabla 2); no obstante, estos valores son inferiores a los informados por Sánchez *et al.* (2014).

Los valores de BUN y PT también aumentaron, de manera similar a lo reportado por Plazas (2015), quien señaló que la suplementación con *C. argentea* y un probiótico de la familia de las levaduras (*S. cerevisiae*) resultó en una mayor concentración del amonio ruminal (3,0 vs. 7,5 mg dL⁻¹), mayor flujo de proteína bacteriana al duodeno (3,3 vs. 5,5 g día⁻¹) y nitrógeno total (8,4 vs. 14,2 g día⁻¹) y mayor absorción aparente de nitrógeno (4,7 vs. 8,2 g día⁻¹), en comparación con la dieta de gramínea sola (*B. decumbens*), lo cual implica una mayor absorción de nitrógeno hacia el torrente sanguíneo.

El contenido de glicemia fue mayor ($p < 0,05$) en las muestras de bovinos suplementados con T4 (72,4 mg dL⁻¹) respecto a T3 (65,3 mg dL⁻¹); dichos valores se contradicen con los encontrados por Ceballos *et al.* (2002), quien determinó que la adición de *S. cerevisiae* tiene un efecto hiperglicemiante, debido a que el probiótico estimula la producción de insulina en el organismo.

Rúgeles *et al.* (2012), en estudios con toros Brahman en pastoreo de *B. decumbens* y *Bracharia humidicola*, hallaron que los niveles de glicemia y colesterol fueron mayores (66,5 y 133,9 mg dL⁻¹) respecto a los de T1 de este experimento. Si se comparan estos valores con los de T4, la glucosa fue superior (72,4 mg dL⁻¹); sin embargo, no

sucedió igual con el colesterol, que fue de 105,8 mg dL⁻¹ para T4. Ello indica que el suministro de la leguminosa y el probiótico influyeron más en la concentración de glucosa que en la del colesterol (tabla 2).

Con respecto a los niveles de colesterol, Crespi *et al.* (2014) observaron que este indicador no cambió significativamente en vaquillonas Holando a las que se les suministró proteína, en comparación con un testigo; mientras que en el presente estudio hubo variación entre T1 y los demás tratamientos; las concentraciones encontradas por los autores mencionados con anterioridad fueron superiores (276 mg/dL) debido a que a los animales se les suministró proteína.

La actividad sanguínea de AST y los triglicéridos fueron mayores ($p > 0,05$) en los bovinos suplementados con el probiótico (T2 y T4). Estos valores indican que los tejidos del hígado, el corazón, los músculos, los riñones y el cerebro estaban funcionando adecuadamente. Si cualquiera de estos órganos o tejidos se viera afectado por una lesión o una enfermedad, se liberaría AST en altas cantidades fuera del rango normal en el torrente sanguíneo.

Respecto a los triglicéridos, la adición del probiótico a la dieta generó incrementos ($p < 0,05$) en comparación con las dietas sin *S. cerevisiae*, aunque no hubo variación en el rango establecido para bovinos. Dicha información no coincide con la reportada por Ayala *et al.* (2001), quienes manifestaron que los triglicéridos en el grupo de bovinos suplementados con la levadura habían disminuido

Tabla 2. Indicadores metabólicos de los bovinos fistulados.

Indicador	Unidad	Valor de referencia	<i>B. decumbens</i>		<i>C. argentea</i>	
			T1	T2	T3	T4
Glicemia	mg dL ⁻¹	45-75	60,4 ± 3,9 ^a	68,6 ± 2,7 ^{bc}	65,3 ± 2,6 ^b	72,4 ± 2,9 ^c
BUN	mg dL ⁻¹	8-24	15,9 ± 1,9 ^a	22,2 ± 0,9 ^b	22,8 ± 0,9 ^b	23,6 ± 0,9 ^b
Creatinina	mg dL ⁻¹	0,8-1,4	1,83 ± 0,43 ^a	1,71 ± 0,1 ^a	1,54 ± 0,1 ^a	1,96 ± 0,1 ^a
ALT	U L ⁻¹	7-35	35,8 ± 2,1 ^a	36,7 ± 1,5 ^a	35,0 ± 1,4 ^a	35,4 ± 1,4 ^a
AST	U l ⁻¹	45-132	67,3 ± 4,2 ^a	82,9 ± 3,3 ^b	66,6 ± 2,7 ^a	84,7 ± 3,4 ^b
Colesterol	mg dL ⁻¹	80-180	90,3 ± 7,6 ^a	97,9 ± 3,9 ^b	98,3 ± 3,9 ^{bc}	105,8 ± 4,2 ^c
Triglicéridos	mg dL ⁻¹	0-140	53,9 ± 5,8 ^a	77,8 ± 3,1 ^b	59,6 ± 2,4 ^a	79,4 ± 3,2 ^b
PT	g dL ⁻¹	6,3-8,9	7,01 ± 0,71 ^a	7,78 ± 0,3 ^b	7,93 ± 0,3 ^b	8,44 ± 0,3 ^b
Albúmina	g dL ⁻¹	2,8-3,8	2,84 ± 0,1 ^a	2,91 ± 0,2 ^a	2,87 ± 0,1 ^a	2,97 ± 0,1 ^a
Globulina	g dL ⁻¹	3,0-3,4	2,75 ± 0,3 ^a	3,01 ± 0,2 ^a	2,87 ± 0,1 ^a	2,55 ± 0,1 ^a

Letras diferentes en la misma hilera son estadísticamente distintas ($p > 0,05$).

BUN: nitrógeno ureico sanguíneo, ALT: alanina transaminasa, AST: aspartato de amino-transferasa, PT: proteína total. Muestras procesadas en el laboratorio clínico de UNILLANOS y confirmadas por Biomédica, Colombia

con el progreso de los días y que dichos valores eran similares ($p > 0,05$) a los del grupo testigo.

El grado de correlación entre los diferentes metabolitos analizados en el perfil bioquímico de los bovinos tratados fue positivo o proporcional ($r_{xy} = 0,93; 0,885$) para los niveles de glicemia, en comparación con el colesterol y los triglicéridos, respectivamente (fig. 1), lo cual se puede atribuir al efecto que ejerce la insulina sobre dichos componentes. En el caso de la glicemia, la insulina favorece la utilización de la glucosa (oxidación y depósito), inhibe la gluco-genólisis y la gluconeogénesis; en los triglicéridos y el colesterol, mejora su síntesis e inhibe su hidrólisis y citogénesis hepática, y facilita además

su utilización periférica. Berrio *et al.* (2003) concluyeron que una alta concentración sanguínea de estos tres metabolitos (glicemia, colesterol y TG) se considera buena predictora del estado nutricional y de la reserva corporal de los bovinos; lo cual se corrobora con los resultados obtenidos por Weber *et al.* (2013) en vacas que se encontraban en posparto, las cuales movilizaron altas cantidades de grasas libres del hígado hacia la sangre y disminuyeron más su peso corporal en relación con las otras, cuyos valores plasmáticos de TG fueron inferiores.

Se observó una correlación positiva ($r_{xy} = 0,97$) entre la glicemia y la PT (fig. 2), ocasionada por la acción similar que ejerce la insulina sobre los

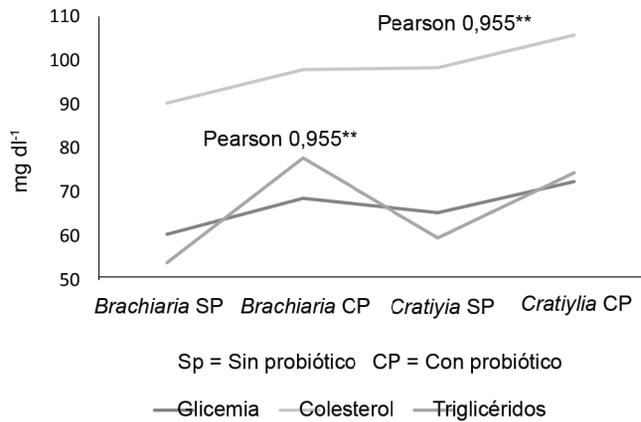


Figura 1. Correlación Pearson para glicemia con respecto a triglicéridos y colesterol.

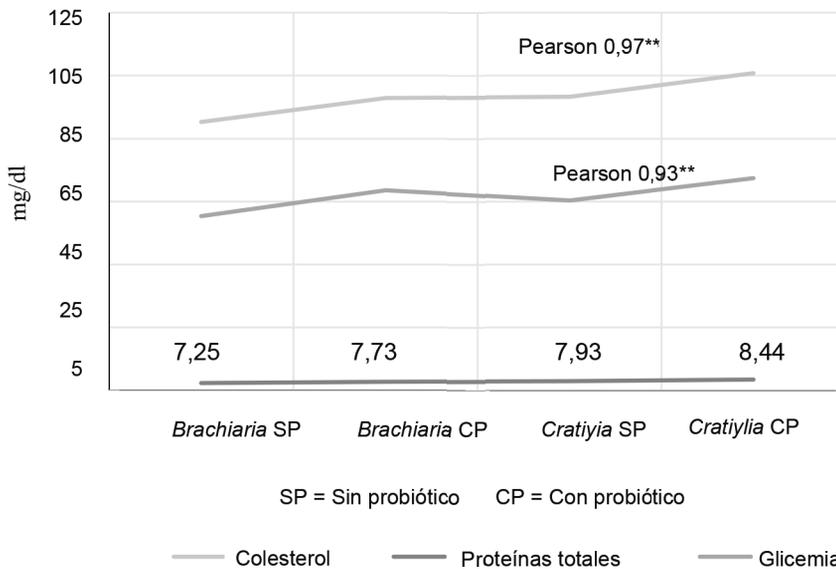


Figura 2. Correlación Pearson para proteína total con respecto a glicemia y colesterol

compuestos nitrogenados. Shresta (1987) halló una correlación directa similar entre los niveles de glucosa sérica, albuminemia y proteinemia, y las califica como estimadoras de la condición corporal y del grado de producción del ganado bovino. También se observó una correlación positiva entre el colesterol y la PT ($r_{xy} = 0,93$), debido a un mejor efecto en los animales sometidos a tratamientos con leguminosa y probiótico, que promovieron la formación de compuestos lipídicos y la síntesis proteica a nivel celular.

En el caso del BUN y la enzima AST se encontró una correlación inversa ($r_{xy} = -0,542$), lo que indica que la adición de probiótico y la leguminosa disminuyeron el AST y aumentaron el BUN; ello coincide con la correlación obtenida ($r_{xy} = -0,47$) por Restrepo *et al.* (2010), quienes señalaron que la actividad de la AST ha sido asociada negativamente con la salud y funcionalidad hepática; y es de esperar que los animales que tengan la capacidad de detoxificar grandes cantidades de amoníaco y, por ende, de generar altos niveles de BUN, tengan una buena funcionalidad hepática y presenten valores más bajos de AST.

Finalmente, se encontró una correlación positiva (fig. 3) entre el colesterol y la albúmina ($r_{xy} = 0,995$); se considera una asociación directa ($r_{xy} =$

0,13), según Restrepo *et al.* (2010), atribuida a que la albúmina es la responsable de transportar a nivel plasmático algunos compuestos derivados del colesterol, entre ellos las hormonas. Es posible que los tratamientos con probiótico y *C. argentea* beneficien todos estos procesos para un mayor aprovechamiento de los forrajes en climas tropicales.

Se concluye que los indicadores bioquímicos estuvieron dentro de los rangos normales para la especie. La proteína total, la glicemia, la BUN, el colesterol y los triglicéridos fueron superiores en los tratamientos a los que se les adicionó *S. cerevisiae* y *C. argentea*. Asimismo, se halló una correlación positiva para los indicadores bioquímicos glicemia-triglicéridos, glicemia-proteína total, glicemia-colesterol, albúmina-colesterol, triglicéridos-proteína, y una correlación negativa para BUN-AST.

Referencias bibliográficas

Ayala, J.; Pinos, J. M.; Sabas, J. G. & Salinas, P. S. Perfil metabólico sanguíneo de vacas lecheras alimentadas con dietas conteniendo lasalocida y cultivos de levadura. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 16 (1):143-155, 2001.
 Berrio, Margarita; Correa, María C. & Jiménez, Marta E. *El hemograma: análisis e interpretación*

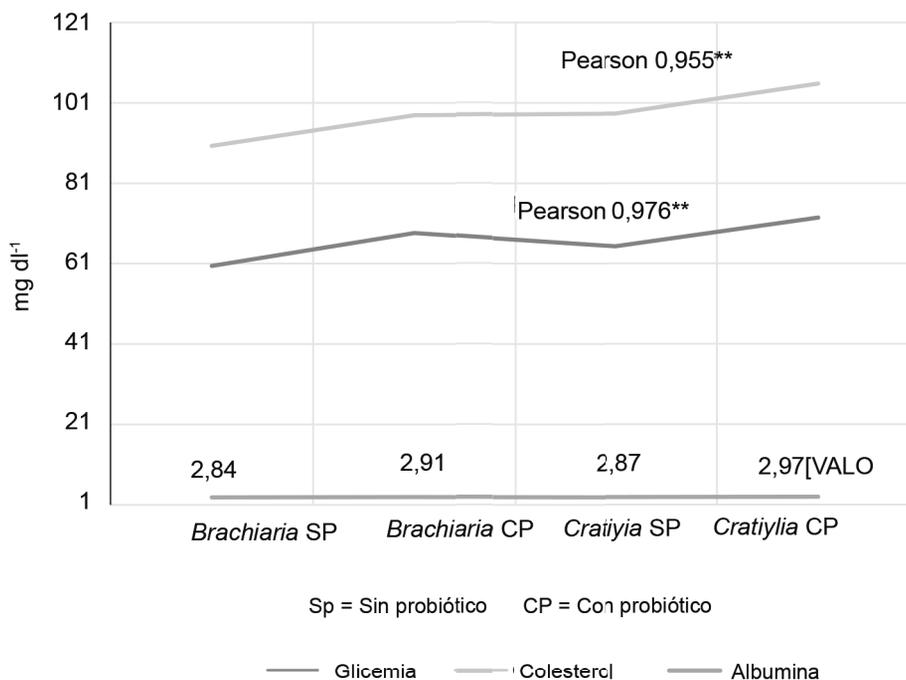


Figura 3. Correlación Pearson para albumina con respecto a glicemia y colesterol

- con las tres generaciones. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Colección Bacteriología, 2003.
- Betancourt, Liliana; Pareja, R.; Conde, A.; Fernán, Á.; Moreno, Diana & Aguilar, F. Amamantamiento restringido y destete precoz en terneros cebú comercial en el Piedemonte Casanareño. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 24 (3):465.
- Campos, R.; Cubillos, Carolina & Rodas, Ángela G. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia *Acta Agronómica, Colombia.* 56 (2):85-92.
- IDEAM. *Clima: Climatografía de las principales ciudades.* Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Noro, Mirela; Borkert, J.; Hinojosa, G. A.; Pulido, R. & Wittwer, F. Variaciones diarias de metabolitos sanguíneos y su relación con el comportamiento alimenticio en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 21 (2):125-130, 2011.
- NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle.* 7th rev. ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.
- Oquendo, J.; Londoño, L. F. & Madrid, Valentina. El perfil metabólico como herramienta de monitoreo de la salud, la producción y la fertilidad en el hato lechero del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. *Rev. Lasallista Investig.* 10 (1):38-50.
- Restrepo, G. H.; Galvis, R. D.; Cardona, Liliana M. & Castro, Natalia M. Relación entre pérdida de peso, perfil lipídico y concentraciones plasmáticas de leptina en vacas cebú primerizas. *Rev. Fac. Nal. Agr., Medellín.* 63 (2):5595-5605.
- Rúgeles, Clara; Almanza, R.; Linares, J.; Luna, J.; Castaño, F. C. & Vergara, O. Efecto de los niveles de proteína y energía de la dieta sobre la calidad seminal y los perfiles metabólicos de toros Brahman. *Revista Científica, FCV-LUZ.* 22 (2):163-170, 2012.
- Sánchez, J. L.; Tagle, N.; Daetz, R.; Duvauchelle, E. & Noro, Mirela. Producción láctea e indicadores

- energéticos en vacas lecheras semiestabuladas tratadas con bajas dosis de somatotropina recombinante bovina durante el período de transición. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 24 (2):172-179, 2014.
- Sánchez, L.; Saavedra, Gina M.; Criollo, Paola J. & Carvajal, Teresa. *El sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en al manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Bogotá: Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Produmedios, 2009.
- Shresta, S. L. Nutrición y fertilidad. *Orientación Láctea*. 72:14-16, 1987.
- Uribe, F.; Zuluaga, A. F.; Valencia, Liliana M.; Murgueitio, E. & Ochoa, Liliana M. *Buenas prácticas ganaderas*. Bogotá: GEF, Banco Mundial, FE-DEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC. Manual
3. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, 2011.
- Villa, N. A.; M., Osorio. J.; Escobar, D. & Ceballos, A. Indicadores bioquímicos del balance energético en el periparto de vacas Brahman en pastoreo en el trópico colombiano. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 21 (4):353-359. [https://scholar.google.com.co/scholar?start=10&q=perfil+metabolico+en+bovinos&hl=es&as_sdt=0,5&as_vis=1.\[07/02/2016\], 2011](https://scholar.google.com.co/scholar?start=10&q=perfil+metabolico+en+bovinos&hl=es&as_sdt=0,5&as_vis=1.[07/02/2016], 2011).
- Weber, C.; Hametner, C.; Tuchscherer, A.; Losand, B.; Kanitz, E.; W., Otten; *et al.* Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96 (1):165-180, 2013.

Recibido el 2 de marzo del 2016

Aceptado el 30 de marzo del 2017