

Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia

Evaluation of the trees *Sambucus nigra* and *Acacia decurrens* as supplement for dairy cows in the Bogotá Savanna, Colombia

Teresa Carvajal¹, L. Lamela² y Aurora Cuesta¹

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA)

Calle 222 N° 54 37, Bogotá, Colombia

E-mail: teresita.carvajal@gmail.com

²Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba

Resumen

Se desarrolló un estudio en el trópico alto de Colombia, Sabana de Bogotá, con el objetivo de lograr, a través del consenso con los productores, una sustitución parcial del concentrado por follaje arbóreo de acacia negra (*Acacia decurrens*) y saúco (*Sambucus nigra*), sin afectar la producción de leche. Las evaluaciones permitieron caracterizar la composición nutricional de las especies seleccionadas por los productores. Asimismo se sustituyó la proteína del concentrado, de manera parcial, por la proteína de arbóreas de estas especies (en porcentajes de 10, 20 y 40); y se empleó un diseño *switch back* para determinar la producción de leche en las dietas evaluadas. Los mejores resultados con *A. decurrens* se obtuvieron cuando se sustituyó el 10% de la proteína bruta del concentrado, y con *S. nigra*, al incluir el 20%. Con estas inclusiones se logró el 96 y 94% del potencial de producción, respectivamente. Se concluye que el forraje arbóreo de las especies *A. decurrens* y *S. nigra* tiene un adecuado valor nutricional y se puede utilizar como reemplazo parcial del concentrado en un 10 y 20%, respectivamente. Además, dicho forraje cuenta con la aceptación de los productores de los sistemas de leche en la sabana de Bogotá, por lo que se recomienda utilizar la metodología desarrollada para estudios similares en otras regiones de Colombia.

Palabras clave: *Acacia decurrens*, *Sambucus nigra*, vacas lecheras, valor nutritivo

Abstract

A study was conducted in the high tropic of Colombia, Bogotá savanna, in order to achieve partial substitution of the concentrate feed by tree foliage from green wattle (*Acacia decurrens*) and elder (*Sambucus nigra*), through agreement with the farmers, without affecting milk production. The evaluations allowed characterizing the nutritional composition of the species selected by the farmers. Likewise, the concentrate feed protein was partially substituted by the tree protein of these species (in percentages of 10, 20 and 40); a switch back design was used to determine milk production in the evaluated diets. The best results with *A. decurrens* were obtained when 10% of the crude protein of the concentrate was substituted, and with *S. nigra* when including 20%. With these inclusions 96 and 94% of the production potential was achieved, respectively. It is concluded that the forage from the tree species *A. decurrens* and *S. nigra* has adequate nutritional value and it can be used as partial replacement of concentrate in 10 and 20%, respectively. Also, such forage has the acceptance of dairy farmers in the Bogotá savanna; therefore, it is suggested to use the developed methodology for similar studies in other regions of Colombia.

Key words: *Acacia decurrens*, *Sambucus nigra*, dairy cows, nutritional value

Introducción

En el trópico alto colombiano (Cundinamarca), y especialmente en el altiplano de la Sabana de Bogotá, una de las principales actividades pecuarias del país es la producción de leche con razas bovinas especializadas (Holstein, Jersey, entre otras), las cuales se alimentan con la biomasa que producen las praderas. Una de las características más importantes de estos sistemas lo constituye el elevado costo, debido a la suplementación con concentrado; esto contribuye a agudizar la crisis que afecta a la rama agropecuaria y al sector lechero nacional, que en los últimos años ha sido un factor de amortiguación, ya que aporta un 10% dentro del PIB agropecuario (Cárdenas, 2003a).

Estos sistemas de producción afrontan otros factores limitantes, como el precio de los insumos agrícolas (fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, semillas) que incide en el precio final para el consumidor, lo cual aleja del consumo de leche a algunos sectores de escasos recursos y le resta competitividad al sector frente a otros países productores. Los costos por alimentación en los sistemas de producción bovina representan hasta el 45% de los costos totales, y los gastos de la alimentación concentrada constituyen la mayor parte de este porcentaje (Holmann *et al.*, 2003).

La producción de leche fresca presenta una variabilidad en los volúmenes producidos a lo largo del año, como consecuencia –entre otros factores– de la estacionalidad climática (período de lluvia y de sequía), que afecta la disponibilidad de los pastos y ocasiona una variación en la producción de leche cercana al 10% (Ministerio de la Agricultura y Desarrollo Rural, 1999).

En este contexto, los sistemas silvopastoriles podrían ser una opción para reducir el problema alimenticio de las vacas. Su objetivo fundamental es el incremento de la producción, la productividad y la sostenibilidad (Sánchez *et al.*, 2010), al aprovechar el aporte de las leñosas perennes, que está representado principalmente por el reciclaje de nutrientes (Rusch *et al.*, 2009), la protección del suelo de los efectos del viento y las lluvias (Arias, 2009), el incremento de la diversidad de especies y el aporte de forraje y

Introduction

In the high Colombian tropic (Cundinamarca), and especially in the high plateau of the Bogotá Savanna, one of the main livestock production activities of the country is milk production with specialized cattle breeds (Holstein, Jersey, among others), which are fed with biomass produced by grasslands. One of the most important characteristics of these systems is the high cost, due to the supplementation with concentrate feed; this contributes to enhance the crisis that affects livestock production and the national dairy sector, which in recent years has been a cushioning factor because it contributes 10% within the agricultural GDP (Cárdenas, 2003a).

These production systems face other constraining factors, like the prices of agricultural inputs (fertilizers, herbicides, pesticides, seeds) that influence the final price for the consumer, which keeps away some resource-poor sectors from milk consumption and reduces the sector competitiveness before other producer countries. The feeding costs in cattle production systems represent up to 45% of total costs and the expenditures of concentrate feeding constitute the largest part of this percentage (Holmann *et al.*, 2003).

Fresh milk production has variability in the produced volumes throughout the year, as a consequence –among other factors – of the climate seasonality (rainy and dry season), which affects pasture availability and causes a variation of almost 10% in milk production (Ministerio de la Agricultura y Desarrollo Rural, 1999).

In this context, silvopastoral systems could be a choice to reduce the feeding problem of cows. Their main objective is the increase of production, productivity and sustainability (Sánchez *et al.*, 2010), taking advantage of the contribution of perennial ligneous plants that is represented mainly by nutrient recycling (Rusch *et al.*, 2009), soil protection from the wind and rain effects (Arias, 2009), increase of species diversity and forage and nutrient contribution for the animals (Franco, 2008). Nevertheless, in Colombia the current use of these systems is limited.

nutrientes para los animales (Franco, 2008). Sin embargo, en Colombia el uso actual de estos sistemas es limitado.

Con el fin de mitigar estas limitaciones se propuso la inclusión de forraje arbóreo como reemplazo de la proteína del concentrado para disminuir los costos por alimentación, lo cual fue el objetivo del presente estudio.

Materiales y Métodos

Localización geográfica, clima y suelo

Los experimentos se desarrollaron en la finca Roncesvalles, en la Sabana de Bogotá, Cundinamarca; esta se ubica en la región andina colombiana, denominada zona de clima frío, que corresponde a una de las ramas de la Cordillera Oriental, con una altura de aproximadamente 2 600 msnm. Pertenece a la caracterización de pisos térmicos andino montano bajo, con una temperatura promedio de 12°C, un régimen de lluvias bimodal y una humedad relativa de 75% (IDEAM, 2008). Los suelos presentan un buen contenido de materia orgánica y perfiles de hasta 1,20 m; se caracterizan por su acidez, con niveles bajos de P, Ca y Mg, y valores medios a altos de K, y están definidos como de fertilidad moderada.

Unidades experimentales, diseño y procedimiento experimental

Se realizaron tres experimentos, en los que se probaron tres dietas con la inclusión de forraje de las especies *Acacia decurrens* y *Sambucus nigra*. En los experimentos uno y dos se utilizaron 12 vacas Holstein, en su tercer mes de lactancia, con aproximadamente 550 kg de peso vivo; y en el experimento tres, 12 vacas Jersey de 400 kg de peso vivo. Los animales se distribuyeron a razón de cuatro vacas por tratamiento, según un diseño de cambio *switch back*.

La producción se registró todos los días y se procesó a través de un modelo multiplicativo, con ajuste de curva de lactancia (Menchaca, 1978). Para el análisis de la producción de leche se empleó el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = a + b \log_n + cn + P_k + Tl + e_{ijk}$$

In order to mitigate these constraints the inclusion of tree forage was suggested as replacement for concentrate feed protein to reduce feeding costs, which was the objective of this study.

Materials and Methods

Geographic location, climate and soil

The experiments were conducted at the Roncesvalles farm, in the Bogotá Savanna, Cundinamarca; this is located in the Colombian Andean region, known as zone of cold climate, corresponding to one of the branches of the Eastern Mountain Range, with a height of approximately 2 600 masl. It belongs to the characterization of Andean low mountain climate zones, with an average temperature of 12°C, a bimodal rainfall regime and a relative humidity of 75% (IDEAM, 2008). The soils have good organic matter content and profiles of up to 1,20 m; they show acidity, with low levels of P, Ca, and Mg and average to high values of K and they are defined as having moderate fertility.

Experimental units, design and experimental procedure

Three experiments were conducted, in which three diets were tested with the inclusion of forage from the species *Acacia decurrens* and *Sambucus nigra*. In experiments one and two, 12 Holstein cows were used, in their third month of lactation, with approximately 550 kg of live weight; and in the third experiment, 12 Jersey cows of 400 kg of live weight were evaluated. The animals were distributed at a rate of four cows per treatment, according to a switch back design.

The production was daily recorded and it was processed through a multiplicative model with adjustment of lactation curve (Menchaca, 1978). For the analysis of milk production the following model was used:

$$Y_{ij} = a + b \log_n + cn + P_k + Tl + e_{ijk}$$

Where:

- Y_{ij} : log Y_{ij}
- a: log A, constant common to all observations.
- b, c: parameters of the lactation curve, according to the algebraic representation proposed by Wood (1969)

Donde:

Y_{ij} : $\log Y_{ij}$

a: $\log A$, constante común a todas las observaciones

b, c: parámetros de la curva de lactancia, según la representación algebraica de Wood (1969)

n: n-ésimo día de lactancia correspondiente a la observación Y_{ij} -ésima

P_k : k-ésimo período experimental

T_l : l-ésimo tratamiento

e_{ij} : $\log E_{ij}$, error residual normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2

De acuerdo con el manejo establecido en los predios, las vacas en esta etapa de lactancia debían recibir 3 kg de concentrado/animal/día. En los experimentos uno y dos, una parte de este fue sustituido (en su equivalente en proteína) por forraje de acacia y saúco a razón del 10, 20 y 40%. En el experimento tres se utilizó la misma forma de sustitución, pero se tuvo en cuenta los mejores porcentajes de inclusión en los anteriores, y se incluyó un tratamiento adicional con concentrado comercial.

Los animales solo fueron separados antes del ordeño, para recibir la suplementación prevista; esta se realizó de forma manual a las 6:00 a.m. y 5:00 p.m. En todos los casos, el suplemento se suministró distribuido en los ordeños.

Los tratamientos experimentales se muestran en la tabla 1.

Durante la etapa experimental los animales pastorearon en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), dividida mediante cercas eléctricas; en este sentido, se procuró establecer un diseño por franjas, capaz de garantizar una carga de una vaca por hectárea. El tiempo de recuperación del pasto fue de 45 días, y el de ocupación de las franjas fue de siete días, con un tiempo de pastoreo aproximado de 18 horas diarias.

n: n-th lactation day corresponding to the Y_{ij} -th observation.

P_k : k-th experimental period.

T_l : l-th treatment.

e_{ij} : $\log E_{ij}$, normal and independently distributed residual error with zero mean and variance σ^2

According to the management established in the farms, the cows in this stage of lactation should receive 3 kg of concentrate/animal/day. In experiments one and two, part of this concentrate was substituted (in its equivalent in protein) by forage from green wattle and elder at a rate of 10, 20 and 40%. In experiment three, the same substitution form was used, but the best inclusion percentages in the previous trials were considered, and an additional treatment with commercial concentrate was included.

The animals were separated only before milking, to receive the scheduled supplementation; this was manually done at 6:00 am and 5:00 pm. In all cases, the supplement was supplied distributed in the milking times.

Table 1 shows the experimental treatments.

During the experimental stage the animals grazed in a kikuyo grassland (*Pennisetum clandestinum*), divided by means of electrical fences, in this sense, a strip-plot design was established, capable of guaranteeing a stocking rate of one cow per hectare. The time of pasture recovery was 45 days and the strip occupation lasted seven days, with a grazing time of approximately 18 hours per day.

The foliage of the species *A. decurrens* and *S. nigra* (leaves and petioles) was taken from arrangements of living fences, which had been established for five years, at a rate of one tree per every 2 lineal meters.

Tabla 1. Tratamientos experimentales (%).

Table 1. Experimental treatments (%).

Tratamiento 1 <i>A. decurrens</i>	Tratamiento 2 <i>S. nigra</i>	Tratamiento 3 arbóreas y concentrado
10 + 90 de concentrado	10 + 90 de concentrado	10 + 90 de concentrado
20 + 80 de concentrado	20 + 80 de concentrado	20 + 80 de concentrado
40 + 60 de concentrado	40 + 60 de concentrado	Concentrado 100

El follaje de las especies *A. decurrens* y *S. nigra* (hojas y peciolos) provino de arreglos de cercas vivas con cinco años de establecidas, a razón de un árbol por cada 2 m lineales.

Cada diseño tuvo una duración de 63 días, con tres periodos de evaluación. Cada periodo fue de catorce días de adaptación y siete de toma de datos.

La composición bromatológica del concentrado se muestra en la tabla 2.

Toma de muestras. Las muestras de pasto se recolectaron manualmente, de la parte superior de las plantas, simulando la selección que realiza el animal al pastar; y las correspondientes a las plantas arbóreas se tomaron del follaje suministrado a las vacas, las cuales solo incluían las hojas y los peciolos.

Para la realización de los análisis de calidad nutricional, el material se secó (AOAC, 2003) y se molió en un molino Wile con tamiz de 1 mm. Se determinó la proteína bruta total (PB) y las cinco fracciones nitrogenadas de la proteína cruda (Fox *et al.*, 1992): 1) nitrógeno no proteínico (NPN: fracción A); 2) nitrógeno verdadero soluble (fracción B1); 3) nitrógeno verdadero insoluble no ligado a la FDN (fracción B2); 4) nitrógeno verdadero ligado a la fibra detergente neutra (NFDN) (fracción B3); y 5) nitrógeno verdadero ligado a la fibra detergente ácida (NFDA) (fracción C).

La fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) se determinaron por el método descrito por Van Soest y Robertson (1985), mediante el equipo ANKOM.

Valoración económica. Se realizó una valoración económica para determinar el costo de producción de un litro de leche en una finca de 100 animales, teniendo en cuenta los valores establecidos en la cuenca lechera de la altiplanicie

Every design lasted 63 days, with three evaluation periods. Every period consisted in fourteen days of adaptation and seven days of data collection.

Table 2 shows the bromatological composition of the concentrate feed.

Sample collection. Pasture samples were manually collected, from the top of the plants, simulating the selection made by the animal when grazing, and those corresponding to the trees were taken from the foliage supplied to the cows, which included only the leaves and petioles.

To do the analyses of nutritional quality, the material was dried (AOAC, 2003) and it was ground in a Wile mill with sieve of 1mm. The following were determined: total crude protein (CP) and the five nitrogen fractions of crude protein (Fox *et al.*, 1992): 1) non-protein nitrogen (NPN: fraction A); 2) true soluble nitrogen (fraction B1); 3) true insoluble nitrogen not bound to the NDF (fraction B2); 4) true nitrogen bound to the neutral detergent fiber (NNDNF) (fraction B3); and 5) true nitrogen bound to the acid detergent fiber (NADF) (fraction C).

The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were determined through the method described by Van Soest and Robertson (1985), through the ANKOM equipment.

Economic appraisal: An economic appraisal was made to determine the production cost of one milk liter in a farm of 100 animals, taking into account the values established in the dairy basin of the Cundiboyacense plateau, where the study area is located.

The basic study was aimed at testing the effects of tree forage inclusion, as partial replacement of the crude protein contributed by the concentrate feedstuff, on the production costs of one milk liter in the farm. The direct and

Tabla 2. Composición nutricional del concentrado comercial.◇

Table 2. Nutritional composition of the commercial concentrate.

Alimento	MS (%)	PB (%)	FB (%)	EM (MJ/kg de MS)	Grasa (%)
Concentrado comercial	87,0	18,0	12,0	3,05	2,5

◇ Finca, S.A. Estándar 75

cundiboyacense, donde se ubica la zona del estudio.

El estudio básico estuvo dirigido a comprobar los efectos de la inclusión del forraje arbóreo, como reemplazo parcial de la proteína bruta aportada por el alimento concentrado, sobre los costos de producción de un litro de leche en la finca. Se tuvieron en cuenta los costos directos e indirectos de una explotación típica, así como los de alimentación, asumiendo los valores de 2009 en Colombia, pero transformados a dólares norteamericanos para facilitar una mejor comprensión de los resultados.

Resultados y Discusión

Los análisis nutricionales del forraje de las arbóreas indicaron que *S. nigra* presentó valores superiores de PB, con respecto a *A. decurrens*, y que ambas poseen un adecuado potencial nitrogenado para ser utilizadas en la alimentación de los rumiantes.

S. nigra también mostró mayores porcentajes de las fracciones solubles nitrogenadas, mientras que *A. decurrens* tuvo valores más altos en las fracciones insolubles y en los contenidos de taninos. No se detectó la presencia de saponinas (tabla 3).

Los contenidos de proteína bruta en *A. decurrens* fueron similares a los informados por Nova, Chamorro y Carulla (2005), mientras que los de *S. nigra* fueron equivalentes a los hallados por Blanco, Chamorro y Arreaza (2005) en la Sabana de Bogotá. Estos valores equivalen a una calidad nutricional comparable con la de un concentrado comercial y, en el caso de *S. nigra*, la proteína bruta fue superior en cinco unidades porcentuales en relación con *A. decurrens*.

indirect costs of a typical exploitation were taking into account, as well as the feeding costs, assuming the values of 2009 in Colombia, but converted to U.S. dollars to facilitate a better comprehension of the results.

Results and discussion

The nutritional analyses of the tree forage indicated that *S. nigra* showed higher CP values with respect to *A. decurrens*, and that both possess suitable nitrogen potential to be used in ruminant feeding.

S. nigra also showed higher percentages of the nitrogen soluble fractions, while *A. decurrens* had higher values of insoluble fractions and tannin contents. The presence of saponins was not detected (table 3).

The contents of crude protein in *A. decurrens* were similar to the ones obtained by Nova, Chamorro and Carulla (2005), while the *S. nigra* contents were equivalent to the ones found by Blanco, Chamorro and Arreaza (2005) in the Bogotá Savanna. These values are equivalent to a nutritional quality comparable to that of a commercial concentrate and, in the case of *S. nigra*, crude protein was higher in five percentage units with regards to *A. decurrens*.

In the evaluation of secondary metabolites, the tannin content showed a marked difference between the tree species: 0,08 for *S. nigra* and 8,1% for *A. decurrens*. Tannins are astringent substances that adhere to the protein and form a complex which is impossible to be solubilized by the enzymes of ruminant bacteria, hence it goes directly to the abomasum; there it is degraded to its initial components, which allows incorporating the so called bypass protein to the diet and this

Tabla 3. Composición bromatológica, fraccionamiento de la proteína, y presencia de taninos y saponinas en el follaje de saúco y acacia (%).

Table 3. Bromatological composition, protein fractioning and tannin and saponin presence in the elder and green wattle foliage (%).

Especie	MS	PB	Fracción B ₂ + B ₃ + C	Fracción A + B ₁	Taninos	Saponinas
Saúco	21,1 ± 0,65	19,4 ± 0,27	62,1 ± 2,87	35,9 ± 0,74	0,08 ± 0,50	Negativo
Acacia	37,5 ± 1,54	14,1 ± 1,01	78,2 ± 0,65	21,8 ± 1,14	8,10 ± 0,13	Negativo

En la evaluación de los metabolitos secundarios, el contenido de taninos mostró una diferencia marcada entre las especies arbóreas: 0,08 para *S. nigra* y 8,1% para *A. decurrens*. Los taninos son sustancias astringentes que se adhieren a la proteína y forman un complejo imposible de ser solubilizado por las enzimas de las bacterias ruminales, por lo que pasa directamente al abomaso; allí es degradado a sus componentes iniciales, lo que permite incorporar la llamada proteína *bypass* a la dieta y esto contribuye a aumentar la producción de leche (Frutos *et al.*, 2000; Hervás *et al.*, 2000).

La pared celular (FDN) y la fracción ligno celulosa (FDA) fueron superiores en *A. decurrens* y los contenidos de lignina resultaron similares en ambas especies (tabla 4).

Tabla 4. Contenido de fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina (%).

Table 4. Neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin content (%).

Especie	FDN	FDA	Lignina
Saúco	37,4 ± 0,91	15,72 ± 1,01	5,25 ± 0,07
Acacia	55,1 ± 1,14	26,49 ± 0,65	4,03 ± 0,05

Los valores de FDN para *S. nigra* y *A. decurrens* indican que poseen potencial para la alimentación animal, y coinciden con los reportados por Nova *et al.* (2005).

Los sistemas de producción del trópico alto colombiano garantizan la alimentación de los animales en las pasturas nativas (Cárdenas, 2003b). Dentro de estas se encuentra el kikuyu, que se ha convertido en el forraje más difundido y de mayor uso, desde su introducción en 1927.

Una de sus cualidades es la adaptabilidad, ya que se encuentra en pisos térmicos que oscilan entre 1 650 y 2 800 msnm, con excelentes rendimientos en forraje y aceptable calidad, aunque con alguna exigencia de agua y fertilizantes. Sin embargo, su persistencia y alta producción de biomasa han estado limitadas por su susceptibilidad a las heladas, las que se presentan comúnmente en esta región durante los meses de enero y febrero y, en menor proporción, en julio y agosto.

contributes to increase milk production (Frutos *et al.*, 2000; Hervás *et al.*, 2000).

The cell wall (NDF) and the lignocellulose fraction (ADF) were higher in *A. decurrens* and the lignin contents were similar in both species (table 4).

The NDF values for *S. nigra* and *A. decurrens* indicate that it has potential for animal feeding, and coincide with the ones reported by Nova *et al.* (2005).

The production systems of the high Colombian tropic guarantee animal feeding in the native pastures (Cárdenas, 2003b). Among them is kikuyu grass, which has become the most widely spread and used foliage, since its introduction in 1927.

One of its qualities is the adaptability, because it is found in climate zones that oscillate between 1 650 and 2 800 masl, with excellent yields in forage and acceptable quality, although with some water and fertilizer demand. However, its persistence and high biomass production have been limited by its susceptibility to frosts, which commonly appear in this region during January and February and, in a lesser proportion, during July and August.

Table 5 shows the average nutritional value of the kikuyu grass available for animals during the experiments, this is in correspondence with the information given by Sánchez and Villaneda (2009), who consider that the potential for milk production from this pasture has a limit close to 12 L/cow/day, although some data show that this may increase up to 29 L/cow/day, due to its net energy content of lactation.

Regarding biomass production, it was higher than 16 t DM/ha/year, with a resting time of 45 days, which indicated that the animals could choose a pasture that, complemented with the forage of the tree species, can produce more than 12 kg of milk/cow/day.

The *A. decurrens* and *S. nigra* forages obtained in the experimental farms showed a high nutritional value when they were cut at 45 and 60 days, respectively, and their production guaranteed the amounts needed to be included in the diets (table 6).

El valor nutritivo promedio del kikuyo disponible para los animales durante los experimentos se muestra en la tabla 5; este se corresponde con lo informado por Sánchez y Villaneda (2009), quienes consideran que el potencial para la producción de leche a partir de este pasto tiene un límite cercano a los 12 L/vaca/día, aunque algunos datos muestran que esta puede ascender hasta los 29 L/vaca/día, por su contenido de energía neta de lactancia.

En cuanto a la producción de biomasa, esta fue superior a las 16 t de MS/ha/año, con un tiempo de reposo de 45 días, lo que indicó que los animales pudieron seleccionar un pasto que, complementado con el forraje de las especies arbóreas, puede producir más de 12 kg de leche/vaca/día.

Los forrajes de *A. decurrens* y *S. nigra* obtenidos en las fincas experimentales mostraron un alto valor nutricional, cuando se cortaron a los 45 y 60 días, respectivamente, y su producción garantizó las cantidades necesarias para ser incluidas en la dieta (tabla 6).

A. decurrens presentó una mayor producción de forraje en seis cortes (4,5 t de MS/año), en tanto que *S. nigra* produjo 25 kg por árbol en ocho cortes cada 45 días, con un total de 4,2 t de MS/año. Estos resultados son similares a los reportados por Giraldo (1999), cuando estas especies se utilizaron en arreglos similares de cercas vivas, típicos de los productores de la zona, y a los obtenidos en ensayos preliminares en Piedras Blancas (Medellín), donde produjo en dos años 4 t de MS/ha (Escobar, 1993).

A. decurrens showed higher forage production in six cuttings (4,5 t DM/year), while *S. nigra* produced 25 kg per tree in eight cuttings every 45 days, with a total of 4,2 t DM/year. These results are similar to the ones reported by Giraldo (1999), when these species were used in similar arrangements of living fences, typical of the farmers in the zone, and, they were similar to the ones obtained in preliminary tests in Piedras Blancas (Medellín), where 4 t DM/ha were produced in two years (Escobar, 1993).

Regarding production per tree, it was higher than the one found by Giraldo (1999), who obtained 0,686 kg in plants that were 17 months old.

On the other hand, these productions were higher than the ones reported by Giraldo and Bolívar (1999), when analyzing *A. decurrens* with two planting densities; these authors found that the plant biomass produced was 1,4 and 1,0 t DM/ha for the low and high density, respectively.

Figure 1 shows milk production according to the inclusion percentage of *A. decurrens* forage (experiment 1); the best results were obtained when 10% of the crude protein of the diet concentrate was substituted, and the lowest production was obtained with 40%. Fernández, Zapata, and Giraldo (1999) obtained milk productions of 13 kg/cow/day, when they included *A. decurrens* at 15% in a diet that had as feeding base the forage from kikuyu grass, result that is close to the one obtained in this study with 10% of inclusion.

Tabla 5. Valor nutritivo promedio del kikuyo (%).

Table 5. Average nutritional value of Kikuyu grass (%).

Forraje	MS	PC	FDN	FDA	DIVMS
<i>Pennisetum clandestinum</i>	23,4	14,05	52,84	28,64	75,0

Tabla 6. Producción de biomasa de las plantas arbóreas.

Table 6. Biomass production of the trees.

Especie	Edad de corte (días)	Biomasa (kg FV/árbol)	100 árboles/año (t de FV)	Tipo de arreglo
<i>S. nigra</i>	45	25	20 (4,2)	CV
<i>A. decurrens</i>	60	20	12 (4,5)	CV

Los valores entre paréntesis se refieren a toneladas de MS.

En cuanto a la producción por árbol, fue superior a la encontrada por Giraldo (1999), quien obtuvo 0,686 kg en plantas de 17 meses de edad.

Por otra parte, estas producciones fueron superiores a las reportadas por Giraldo y Bolívar (1999), al analizar *A. decurrens* con dos densidades de siembra; estos autores encontraron que la biomasa vegetal producida fue de 1,4 y 1,0 t de MS/ha para la baja y la alta densidad, respectivamente.

La figura 1 muestra la producción de leche de acuerdo con el porcentaje de inclusión del forraje de *A. decurrens* (experimento 1); los mejores resultados se obtuvieron cuando se sustituyó el 10% de la proteína bruta del concentrado de la dieta, y la menor producción, con el 40%.

Fernández, Zapata y Giraldo (1999) lograron producciones de leche de 13 kg/vaca/día, cuando incluyeron *A. decurrens* al 15% en una dieta que tenía como base alimentaria el forraje de pasto kikuyo, resultado que se acerca al obtenido en este estudio con el 10% de inclusión.

Sin embargo, la mayor producción con *S. nigra* (experimento 2) se alcanzó con la inclusión del 20% (14 kg diarios), como se muestra en la figura 2; este valor está muy próximo a los informados por Blanco, Chamorro y Arreaza (2005), quienes obtuvieron entre 16 y 18 kg diarios en la producción de leche estimada por el modelo CNPS.

However, figure 2 shows that the higher production with *S. nigra* (experiment 2) was achieved with the inclusion of 20% (14 kg daily); this value is very close to the ones reported by Blanco, Chamorro and Arreaza (2005), who obtained between 16 and 18 kg per day in milk production estimated by the CNPS model.

These results proved the need to compare them with those of a diet that included commercial concentrate, similar to the one used by the farmers of the zone with animals of an equivalent dairy potential (Jersey). In this sense, to conduct the studies, the best treatments of the previous experiments were included: *A. decurrens* at 10% and *S. nigra* at 20%. Figure 3 shows the performance of milk production when it was compared with the concentrate as supplement.

The best results were achieved in the diet in which the commercial concentrate was used as supplement; the productions were close to 20 kg per day, with significant differences ($p < 0,01$) for the rest of the treatments. In the case of the *A. decurrens* inclusion at 10%, milk production was equivalent to 96% of the control treatment or traditional diet (19,1 kg), followed by *S. nigra*, in which it was 94% (18,7 kg).

González and Chamorro (2005), when evaluating an integral diet with *A. decurrens*, *Chusquea scadens*, *Solanum tuberosum*, palm

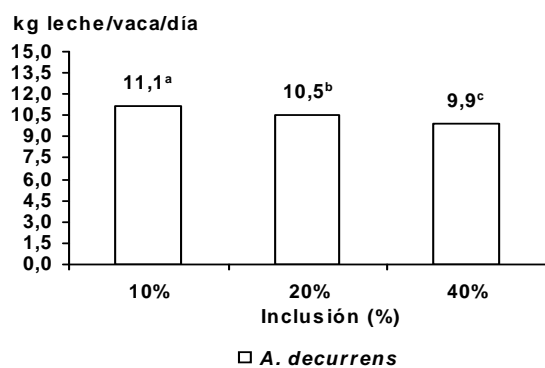


Fig. 1. Producción de leche con niveles de inclusión de *A. decurrens*.

Fig. 1. Milk production with *A. decurrens* inclusion levels.

a,b,c Valores con diferentes superíndices difieren a $**P < 0,01$, prueba de Duncan (1955), modificado por Kramer (1956).

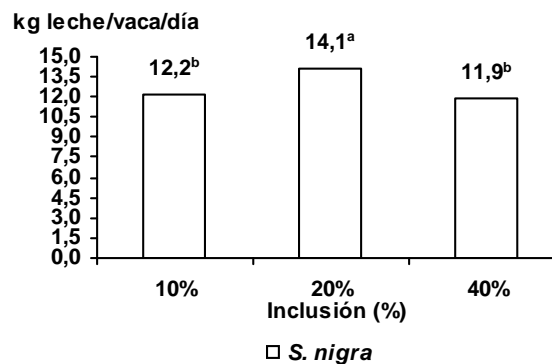


Fig. 2. Producción de leche con niveles de inclusión de *S. nigra*.

Fig. 2. Milk production with *S. nigra* inclusion levels.

a,b Valores con diferentes superíndices difieren a $**P < 0,01$, prueba de Duncan (1955), modificado por Kramer (1956).

Estos resultados evidenciaron la necesidad de compararlos con los de una dieta que incluyó el concentrado comercial, similar a la empleada por los productores de la zona con animales de un potencial lechero equivalente (Jersey). En este sentido, para realizar las investigaciones se incluyeron los mejores tratamientos de los experimentos anteriores: *A. decurrens* al 10% y *S. nigra* al 20%. En la figura 3 se muestra el comportamiento de la producción de leche cuando se comparó con el concentrado como suplemento.

Los mejores resultados se alcanzaron en la dieta en que se usó el concentrado comercial como suplemento, cuyas producciones estuvieron cercanas a los 20 kg diarios, con diferencias significativas ($p < 0,01$) para el resto de los tratamientos. En el caso de la inclusión de *A. decurrens* al 10%, la producción de leche fue equivalente al 96% del tratamiento control o dieta tradicional (19,1 kg), seguido por *S. nigra*, que fue de un 94% (18,7 kg).

González y Chamorro (2005), al evaluar una dieta integral con *A. decurrens*, *Chusquea scadens*, *Solanum tuberosum*, palmiste y silo de maíz, y una dieta suplementada con concentrado comercial (control), obtuvieron una producción de leche de 19,5 kg en vacas Holstein, que fue superior en un 21,8% al tratamiento control, con un menor costo; ello demostró los beneficios de incorporar *A. decurrens* en dietas integrales.

kernel and corn silage, and a diet supplemented with commercial concentrate (control), obtained a milk production of 19,5 kg in Holstein cows, which was higher in 21,8% than the control treatment, with a lower cost; this showed the benefits of including *A. decurrens* in integral diets.

The productions obtained in this experiment were higher than the ones reported by Chamorro (2005), when he used the ligneous forage tree *Leucaena leucocephala* in grazing associated to African star grass (*Cynodon nlemfuensis*) and the dairy cows were supplemented with 2 kg of rice meal, daily.

On the other hand, they are similar to the ones reported by Rodríguez *et al.* (2010) when they supplemented Holstein cows with meal from mulberry (*Morus alba*) and elder (*Sambucus peruviana*) forage mixed with oat meal (*Avena sativa*). The milk production with the inclusion of the ligneous forage exceeded the control of oat meal alone (21,5; 18,7 and 18,0 for mulberry, elder and oat, respectively). In general, the productions using tree forages prove the potential that these feedstuffs have to be used in cows of average potential, because this indicator oscillates between 10 and 20 kg of milk/cow/day.

From the economic point of view, the inclusion of the trees in the diets allowed a significant saving due to concentrate purchase expenditure

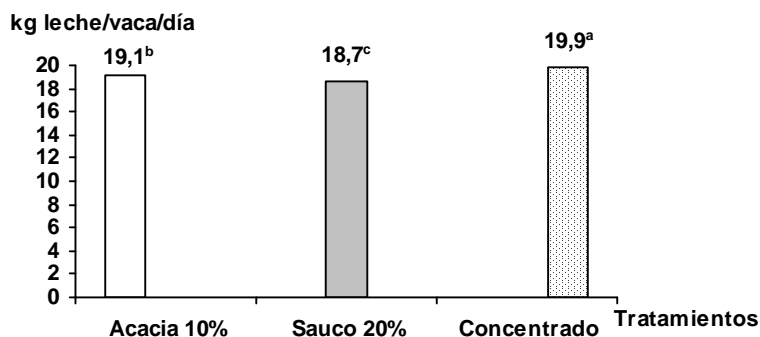


Fig. 3. Producción de leche con dos niveles de inclusión de arbóreas y concentrado.

Fig. 3. Milk production with two inclusion levels of trees and concentrate.

a,b,c Valores con diferentes superíndices difieren a $**P < 0,01$, prueba de Duncan (1955), modificado por Kramer (1956)

Las producciones obtenidas en este experimento fueron superiores a las informadas por Chamorro (2005), cuando utilizó la leñosa forrajera *Leucaena leucocephala* en pastoreo asociada con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y las vacas lecheras se suplementaron con 2 kg de harina de arroz, diariamente.

Por otra parte, son similares a las informadas por Rodríguez *et al.* (2010), cuando suplementaron vacas Holstein con harina de forraje de morera (*Morus alba*) y saúco (*Sambucus peruviana*) mezclada con harina de avena (*Avena sativa*). La producción de leche con la inclusión de las forrajeras leñosas superó al control de harina de avena sola (21,5; 18,7 y 18,0 para morera, saúco y avena, respectivamente). En sentido general, las producciones con el empleo de forrajes arbóreos evidencian el potencial que tienen estos alimentos para ser utilizados en vacas de mediano potencial, ya que este indicador oscila entre 10 y 20 kg de leche/vaca/día.

Desde el punto de vista económico, la inclusión de las arbóreas en las dietas permitió un ahorro significativo por concepto de la reducción de gastos en la compra de concentrados. Con *A. decurrens* al 10% se ahorraron 0,12 USD/vaca/día, y con *S. nigra* al 20%, 0,24 USD/vaca/día, con la ventaja adicional de que estos follajes contribuyen a disminuir la dependencia de insumos externos, al ser producidos en la propia explotación (tabla 7).

Si se considera una lactancia de 305 días y un rebaño de 100 vacas, la incorporación de forraje arbóreo de *A. decurrens* permitiría un ahorro anual de \$ 3 660,00, lo que es más evidente cuando se incluye el forraje de la arbórea *S. nigra* para reemplazar un 20% de la proteína del

reducción. With *A. decurrens* at 10% US \$0, 12/cow/day were saved, and with *S. nigra* at 20%, the reduction was US \$0, 24/cow/day, with the additional advantage that these foliages contribute to decrease dependence on external inputs, by being produced in the farm itself (table 7).

If a lactation of 305 days and a herd of 100 cows are considered, the inclusion of tree forage from *A. decurrens* would allow an annual saving of \$3 660,00, which is more evident when the forage from the tree *S. nigra* is included to replace 20% of the concentrate protein, therefore in a lactation US \$7 320,00 would be saved.

It is concluded that the species *A. decurrens* and *S. nigra* have an adequate nutritional value to partially replace concentrate feed in the diets of dairy cows, therefore their inclusion in 10 and 20% allows, in average potential cows, milk productions of 96 and 94%, respectively, with regards to the milk production obtained with supplementation based on concentrate, saving US \$0,12-0,24/cow/day.

--End of the English version--

concentrado, con lo que se ahorraría \$ 7 320,00 USD en una lactancia.

Se concluye que las especies *A. decurrens* y *S. nigra* tienen un valor nutritivo adecuado para reemplazar parcialmente el concentrado en las dietas de vacas lecheras, por lo que su inclusión en un 10 y 20% permite, en vacas de mediano potencial, producciones de leche de 96 y 94%, respectivamente, respecto a la obtenida con suplementación basada en concentrado, con un ahorro de 0,12-0,24 USD/vaca/día.

Tabla.7. Ahorro por la inclusión de forraje de arbóreas en las dietas.

Table.7. Saving due to the inclusion of tree forage in the diets.

Tratamiento	Concentrado (kg) vaca/día	Costo concentrado (USD)* vaca/día	Inclusión de proteína en suplemento (kg) concentrado arbórea	Ahorro concentrado (USD)* vaca/día
100% concentrado	3,0	1,20	0,54	0
10% <i>A. decurrens</i> + 90% concentrado	2,7	1,08	0,486	0,53
20% <i>S. nigra</i> + 80% Concentrado	2,4	0,96	0,432	0,118

*USD dólares americanos

Referencias bibliográficas

- AOAC. 2003. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Edition. Washington, D.C., USA. p. 2087
- Arias, R. 2009. Experiencias sobre agroforestería para la producción animal en Guatemala. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). FAO. Roma. p. 70
- Blanco, Gloria; Chamorro, D.R. & Arreaza, L.C. 2005. Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus perubiana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa* usando el modelo Cornell Net carbohydrate and Protein System (CNPS) en Colombia. *Revista Corpoica*. 6(2):86
- Cárdenas, E. A. 2003a. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 69 p.
- Cárdenas, E.A. 2003b. Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 50:20
- Chamorro, D.R. 2005. Producción de carne y leche en sistemas silvopastoriles en Colombia. En: Memorias del II Curso Intensivo de Silvopastoreo Colombo-Cubano. Conferencias. [CD-ROM]. CORPOICA. Colombia
- Escobar, L.M. 1993. Perspectivas de la producción de follaje y leña de *Acacia decurrens*. Servicio Nacional de protección forestal (Sección Agroforestería). INDERENA. Medellín, Colombia. 9 p. (Mimeo)
- Fernández J.C.; Zapata, A.F. & Giraldo, L.A. 1999. Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento alimenticio para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Resúmenes. I Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Agrícola Sostenible y VI Seminario Internacional Sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. [CD-Rom]. CIPAV. Cali, Colombia
- Fox, D.G. *et al.* . 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle requirements and diets: III Cattle and diet adequacy. *J Anim. Sci.* 70:3578
- Franco, M.H. 2008. Sistemas silvopastoriles o agroforestería pecuaria en trópico de altura. Conferencia. I Congreso Nacional de Ganadería Agroecológica para el Trópico Colombiano. Bogotá, Colombia.
- Frutos, P. *et al.* . 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meal in sheep. *J. Agric. Sci.* 134: 101
- Giraldo, L.A. 1999 . Potencial del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). FAO. Roma, Italia. p. 295
- Giraldo, L.A. & Bolívar, D.M. 1999. Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Colombia. [Disponible en:] <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/AFRIS/espanol/Document/AGROF99/GiraldoA.htm>
- González, J. 2005. Suplementación con follaje de *Acacia decurrens*, *Chusquea scadens* y *Solanum tuberosum* a vacas Holstein en producción en el municipio de Ubaque, Cundinamarca. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Tesis para la Especialización en Producción Animal. Colombia. 22 p.
- Hervás, G. *et al.* . 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J. Agric. Sci.* 135:305
- Holmann, F. *et al.* . 2003. Evolución de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), International Livestock Research Institute (ILRI) and System wide Livestock Program (SLP). Documento de trabajo No.193. CIAT. Cali, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2008. Diagnóstico meteorológico de la Sabana de Bogotá. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia
- Kramer, C.V. 1956. Extension of multiple range test to group with unequal number of replications. *Biometrics*. 12:307
- Menchaca, M.A. 1978. Modelo multiplicativo. Efecto de curva de lactancia controlado para el análisis estadístico de experimentos con vacas lecheras. Tesis presentada en opción al grado de Candidato a Doctor en Ciencias. ICA-ISCAH. La Habana, Cuba. 112 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 1999. Acuerdo de competitividad de la cadena láctea colombiana. Santafé de Bogotá, Colombia. 117 p.

- Nova, L.B.; Chamorro, D.R. & Carulla, J.E. 2005. Caracterización química y nutricional de seis arbóreas del trópico de altura para la suplementación de rumiantes. Informe técnico proyecto "Desarrollo de alternativas silvopastoriles para sistemas de producción de bovinos de leche en los Altiplanos de Cundinamarca". SENA, UDCA, USALLE, CORPOICA, UNAD, AGAP. Colombia. 12 p.
- Rodríguez, C.E. *et al.* 2010. Uso de un sistema silvopastoril (SSP) de morera (*Morus alba*) y saúco (*Sambucus peruviana*) en suplementación de vacas Holstein. En: Memorias del VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. (Eds. M. Ibrahim y E. Murgueitio). Serie técnica. Informe técnico. 1 ed. CATIE, CIPAV. Costa Rica. 160 p.
- Rusch, G.M. & Skarpe, C. 2009 Procesos ecológicos y asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería en las Américas*. 47:12
- Sánchez, L. *et al.* 2010. El saúco (*Sambucus nigra*) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. CORPOICA, Ed. Produmedios. Colombia. 55 p.
- Sánchez, L. & Villaneda, E. 2009. Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. CORPOICA, COLCIENCIAS, Fedegan, Produmedios. Bogotá, Colombia. 23 p.
- Van Soest, P.J. & Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. AS 613 manual. Dept. Animal Sci., Cornell University Press. New York, USA. 165 p.
- Wood, P.D.P. 1969. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* 11:307

Recibido el 21 de febrero del 2012

Aceptado el 30 de julio del 2012