

**LA ACACIA NEGRA (*Acacia decurrens*) COMO ALTERNATIVA FORRAJERA EN
EL TRÓPICO ALTO ANDINO COLOMBIANO**

JOSE GERARDO PINEDA HERNÁNDEZ

Código: 3192543

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN NUTRICIÓN ANIMAL SOSTENIBLE
CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**

2017

**LA ACACIA NEGRA (*Acacia decurrens*) COMO ALTERNATIVA FORRAJERA EN
EL TRÓPICO ALTO ANDINO COLOMBIANO**

Estudiante

JOSE GERARDO PINEDA HERNANDEZ

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de Especialista en
Nutrición Animal Sostenible.**

Director

**HORACIO ROJAS CARDENAS
Zoot. Esp. MsC.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ESPECIALIZACIÓN EN NUTRICIÓN ANIMAL SOSTENIBLE
CHIQUINQUIRÁ-BOYACÁ**

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

Chiquinquirá, Abril de 2017

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a DIOS, y a la Virgen del Rosario de Chiquinquirá, quienes inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta monografía, A mi madre y hermanos quienes me brindaron, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros, amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta monografía. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

En especial le doy gracias a Dios por darme tan buena experiencia dentro de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y formarme como un profesional en lo que tanto me apasiona como lo es la Zootecnia, infinitas gracias a cada tutor que hizo parte fundamental de cada etapa hasta culminarla de manera satisfactoria y en especial a mi director de Monografía Dr. Horacio Rojas.

RESUMEN

El presente trabajo monográfico tiene como objetivo hacer una revisión de literatura de investigaciones acerca de la *Acacia decurrens* como alternativa forrajera de animales rumiantes en trópico alto andino. Se incluyen aspectos como la clasificación taxonómica, etimología, origen y distribución, características arbustivas y agronómicas, usos, establecimiento, valor nutritivo y factores antinutricionales. También se muestra el resultado de estudios de suplementación con la Acacia referentes al comportamiento productivo en bovinos y ovinos y los beneficios que se obtienen sobre suelo y pastura cuando se establece en sistemas silvopastoriles. Con el establecimiento de la *Acacia decurrens* se mejora la calidad del suelo y la pradera por tratarse de una planta leguminosa fijadora de nitrógeno, además puede ser utilizada como alimento ya sea como forraje verde, en ensilajes mixtos o deshidratado en forma de heno, disminuyendo la utilización de balanceado comercial. La planta presenta buen contenido nutricional, pero una de sus limitantes son los taninos, ya que en varios estudios se evidencia su presencia, lo que puede ocasionar disminución del consumo, reducción de la digestibilidad y un mal funcionamiento del rumen, aunque en estudios in vitro se observó que pueden ser benéficos, ya que reducen la degradación de la proteína en el rumen ayudando a la proteína sobrepasante.

ABSTRACT

This monographic study aims to do a literature review of research on the *Acacia decurrens* as alternative forage of ruminant in the High Tropical Andes. Includes aspects such as taxonomic classification, etymology, origin and distribution, tree features and agronomic characteristics, uses, establishment, nutritional value and antinutritional factors. It also shows the result of studies of supplementation with *Acacia* relating to productive behavior in cattle and sheep and the benefits obtained on soil and pasture when set in Silvopastoral systems. The quality of the soil and pasture is improved with the establishment of *Acacia decurrens* because it is a nitrogen-fixing leguminous plant, can also be used as food either as green fodder, in silages mixed or dehydrated in the form of Hay, decreasing the use of pelleted ration. The plant has good nutritional content, but one of their restraints are tannins, since several studies there is evidence of their presence, which may lead to decreased consumption, reduction of digestibility and malfunction of the rumen, although in invitro studies it was observed that they may be beneficial, since they reduce the protein degradation in the rumen helping bypass protein.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	GENERALIDADES.	15
2.1.	Clasificación taxonómica de la <i>Acacia decurrens</i>	15
2.2.	Etimología.....	16
2.3.	Origen y distribución.	16
2.4.	Características arbustivas.....	17
2.5.	Características agronómicas.....	18
2.6.	Usos de la <i>A. decurrens</i>	20
2.7.	Propagación de <i>A. decurrens</i>	23
2.8.	Establecimiento de <i>A. decurrens</i>	23
2.9.	Valor nutritivo.	26
2.10.	Factores antinutricionales.	29
3.	LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.	32
3.1.	Uso de <i>A. decurrens</i> en silvopastoreo.	37
3.2.	La <i>Acacia decurrens</i> y su influencia en suelo y pastura.	44
3.3.	La <i>Acacia decurrens</i> y su utilización como suplemento para el ganado.	52
3.4.	Uso de <i>Acacia decurrens</i> en ensilajes y heno.....	66
3.5.	Comparación de estudios de nutrición y alimentación realizados en ganado de leche con <i>A. decurrens</i>	74
4.	MARCO CONCEPTUAL	75
5.	CONCLUSIONES.....	79
6.	RECOMENDACIONES	81
7.	BIBLIOGRAFIA.....	82

Lista de Tablas

Tabla 1. Composición nutricional y fraccionamiento de la proteína (%) en <i>Acacia decurrens</i>	27
Tabla 2. Valor nutricional de <i>A. decurrens</i> a diferentes alturas de corte.	27
Tabla 3. Composición nutricional de <i>A. decurrens</i> municipio de Guaca, Santander.	28
Tabla 4. Factores antinutricionales en <i>A. decurrens</i> localidad de Usme	32
Tabla 5. Biomasa de <i>A. decurrens</i> a diferentes densidades de siembra y alturas de poda Finca la Cascada, Manizales.	39
Tabla 6. Comportamiento de <i>A. decurrens</i> a dos distancias de siembra, corregimiento de Obonuco, Pasto (Nariño).	40
Tabla 7. Evaluación agronómica de <i>A. decurrens</i> a dos densidades de siembra en silvopastoreo con <i>P. clandestinum</i> corregimiento de Santa Elena (Medellín).	41
Tabla 8. Promedio de crecimiento según densidad de siembra y periodo de defoliación en <i>A. decurrens</i> finca La Ramada, Salento (Quindío).	42
Tabla 9. Análisis físicos y químicos iniciales y finales del suelo con <i>A. decurrens</i> y otras especies arbóreas establecidas en Sopo (Cundinamarca).	45
Tabla 10. Cationes de Cambio iniciales y finales del suelo con <i>A. decurrens</i> y otras especies arbóreas establecidas en la finca Santa María (Sopo, Cundinamarca).	45
Tabla 11. Fraccionamiento de carbohidratos y proteínas de pastos finca Santa María (Sopo, Cundinamarca) con <i>A. decurrens</i> y otras especies arbóreas antes y después de establecidas.	46
Tabla 12. Disponibilidad de forraje verde y materia seca antes y seis meses después de la siembra con <i>A. decurrens</i> y otras especies arbóreas finca Santa María (Sopo, Cundinamarca).	47
Tabla 13. Producción de <i>P. clandestinum</i> bajo un sistema silvopastoril con <i>A. decurrens</i> a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).	48
Tabla 14. Parámetros nutricionales de <i>P. clandestinum</i> bajo un sistema silvopastoril <i>A. decurrens</i> a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).	49
Tabla 15. Producción de hojarasca y reciclaje de P y K bajo un sistema silvopastoril con <i>A. decurrens</i> a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).	50
Tabla 16. Producción de forraje verde y M.S del pasto <i>Lolium multiflorum</i> Lam bajo un sistema silvopastoril con <i>A. decurrens</i> Centro Experimental de Botana Pasto (Nariño).	51
Tabla 17. Producción de leche, contenido (%) de proteína, grasa y sólidos totales de leche de vacas suplementadas con <i>Acacia</i> y balanceado.	53
Tabla 18. Composición química follaje <i>A. decurrens</i> Centro Experimental Fedepapa, Pasto (Nariño).	54
Tabla 19. Producción de leche, porcentaje de grasa y proteína en leche, densidad de leche, con suplementación de <i>A. decurrens</i> y <i>S. tuberosum</i>	55
Tabla 20. Consumo, tiempo de consumo y número de visitas de tres especies arbustivas con potencial forrajero.	56
Tabla 21. Parámetros nutricionales de <i>A. decurrens</i> en sistema silvopastoril con <i>P. clandestinum</i>	57
Tabla 22. Cantidad de forrajes suministrados en dietas para vacas Holstein, Ubaque (Cundinamarca).	62

Tabla 23. Composición nutricional A. decurrens Ubaque (Cundinamarca)	63
Tabla 24. Contenido de Proteína, Grasa y MUN en leche	64
Tabla 25. Ganancia diaria de peso con heno de A. decurrens en ovinos de lana	67
Tabla 26. Composición nutricional ensilaje de avena y A. decurrens.	69
Tabla 27. Factores antinutricionales en ensilaje de Avena + A. decurrens	70
Tabla 28. Composición nutricional de ensilaje de A. sativa, S. peruviana y A. decurrens de acuerdo a CNCPS.....	71
Tabla 29. Desempeño de vacas Holstein suplementadas con seis ensilajes experimentales según modelo CNCPS.	73
Tabla 30. Comparación de estudios con A. decurrens en ganado de leche.	74

Lista de figuras

Figura 1. Hojas de Acacia decurrens con inflorescencias.....	18
Figura 2. Vainas de A. decurrens	18
Figura 3. Acacia decurrens utilizada como cerca viva (Chiquinquirá, Boyacá).....	23
Figura 4. Siembra de árboles de A. decurrens en huecos realizados con broca hidráulica. .	25
Figura 5. Árbol de A. decurrens amarrado a tutor.	26
Figura 6. Acacia decurrens usada en silvopastoreo (Chiquinquirá, Boyacá)	44

Lista de gráficos

Gráfica 1. Producción de leche con niveles de inclusión de A. decurrens finca Roncesvalles Sabana de Bogotá (Cundinamarca).....	59
Gráfica 2. Producción de leche con dos niveles de inclusión de arbóreas y balanceado finca Roncesvalles Sabana de Bogotá (Cundinamarca).....	60

1. INTRODUCCIÓN

En el trópico alto Andino Colombiano (Cundinamarca), y especialmente en el altiplano de la Sabana de Bogotá y parte del altiplano Cundiboyacense, 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 alimento balanceado; 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, 2003).

El árbol de Acacia (*Acacia decurrens*) es utilizado como forraje en sistemas de producción de ganadería bovina de leche, posee un buen valor nutricional y su follaje puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes. Puede establecerse como banco de proteína o sistema silvopastoril (SSP), aunque su potencial se podría ver limitado por la presencia de metabolitos secundarios y la palatabilidad (Fernández, Zapata y Giraldo 1999).

En estudios preliminares con acacia negra (*Acacia decurrens*), se ha encontrado que esta especie puede tener potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en clima frío, debido a su buena adaptación. Así, por ejemplo, presenta 97% de supervivencia después de cinco meses de trasplante, posee un acelerado crecimiento, además de su alta producción de biomasa comestible de alta calidad (Escobar, 1993, citado por Giraldo 2003). En trabajos realizados por la

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín por el Departamento de Producción Animal en varios proyectos sucesivos, se ha encontrado que la leguminosa arbórea acacia negra podría tener potencial como uso en SSP y como suplemento que reemplace parte del balanceado. En la mayoría de estos estudios se ha reportado el contenido nutricional y los beneficios obtenidos (Giraldo, 2003).

Por la diversidad de climas presentes en Colombia existen muchas especies vegetales que poseen potencial forrajero, es decir que pueden ser utilizadas para la alimentación animal. Narváez y Lascano (2004), reportan que en los últimos años ha existido interés en muchas regiones del trópico por identificar y cualificar especies arbóreas, arbustivas y herbáceas fijadoras de nitrógeno atmosférico para la alimentación de herbívoros.

Teniendo en cuenta estos aspectos, existe buena información científica acerca de esta especie que es necesario revisar para ampliar información en nutrición y alimentación de la misma, el presente trabajo tiene como objetivo evidenciar el uso de la *Acacia decurrens* como suplemento en rumiantes, principalmente en bovinos de leche en el trópico alto andino colombiano basado en trabajos de investigación realizados a nivel nacional e internacional y evaluar propuestas alimenticias.

2. GENERALIDADES.

En este documento se hace una revisión sobre la *Acacia decurrens* en aspectos como taxonomía, origen y distribución, características arbustivas y agronómicas, usos, establecimiento, valor nutritivo, factores antinutricionales, su utilización en Sistemas Silvopastoriles (SSP), influencia sobre suelo y pastura, como alternativa forrajera y suplemento para el ganado en nuestro trópico alto andino colombiano.

2.1. Clasificación taxonómica de la *Acacia decurrens*.

Nombre Científico	Acacia decurrens
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Acacia
Epíteto Específico	decurrens

Acacia decurrens pertenece al subgénero *Acacia Phyllodineae*, sección Botrycephalae. Esta sección comprende más de 50 taxones que se caracteriza por tener follaje bipinnado (que no desarrollan filoides típicos de la mayoría de acacias australianas), propio de las regiones relativamente frías, templadas del sureste de Australia. En el pasado, la cita para el nombre de *Acacia decurrens* se ha atribuido a cualquiera "(Wendl.) Willd." o "Willd" (Ross, 1975). El epíteto específico se refiere a

las crestas angulares en las extremidades de las ramillas las cuales van creciendo alrededor de las bases de las hojas bipinnadas (Hall y Johnson, 1993). *A. decurrens* probablemente está estrechamente relacionada y se puede confundir con *A. parramattensis*, *A. filicifolia* y *A. dangarensis*. La característica principal para distinguir *A. decurrens* de estas especies son sus pecíolos, los cuales tienen una longitud de 0,7 a 2,8 cm de largo (Harden, 2001).

2.2. Etimología.

El género procede del griego *akakia*, derivado de *ake*, *akis* que significa punta, espina, término ya utilizado por Dioscórides, y hace referencia a la espinas de las acacias americanas y africanas. El epíteto específico procede del latín *decurrens*, *-entis*, que significa descender o correr hacia abajo, en alusión al raquis de las hojas, que continúa extendiéndose por debajo del punto de inserción en el tallo formando una especie de ala o costilla (Sánchez, 2014).

2.3. Origen y distribución.

Este árbol es de origen Australiano, su distribución natural está en los interiores costeros, sierras costeras y las mesetas bajas de Nueva Gales del Sur (Australia), que se extiende desde el valle de Hunter al sur con el distrito de Ulladula (Tame, 1992). Esta especie ha sido introducida en varios países del mundo en los continentes de Asia, África, Norte América, Centro América y Caribe, Sur América, Europa y Oceanía, es decir está presente por todo el mundo y es considerada en muchas partes como una especie arbórea invasiva, incluyendo Colombia por el Instituto Alexander-Von-Humboldt (Calderón, 2003).

Al igual que en otros países, en Colombia esta especie fue introducida y está distribuida en zonas de trópico alto andino entre los 2000 a 3000 metros sobre el nivel del mar, temperatura media anual de 12 a 20°C, precipitación media anual de 500 a 3500 mm. Se desarrolla bien en suelos de textura arcillosa o arcillo arenosa con pH ácido (Benavides, González y Cruz, 2004).

2.4. Características arbustivas.

Es normalmente un árbol erecto de 5 - 15 m de altura, pero a veces alcanza 20 - 22 m en condiciones favorables (Boland, 1987; Pryor y Banks, 1991). Las ramillas tienden a ser laterales y la corona de la extensión es de hasta ocho m de ancho en los especímenes más grandes. La corteza es lisa, de color gris oscuro a casi negro y puede ser fisurada en plantas maduras. Las ramillas están prominentemente en ángulo con grandes crestas en forma de ala (Whibley y Symon, 1992; Boland, 1987). Las hojas bipinnadas son de color verde oscuro y brillante, que consiste en 4-15 pares de pinnas, 3 - 7 cm de largo en un raquis de 4 - 12 cm de largo. El pinnado es de 3 - 7 cm de largo, cada uno con 15 - 35 pares de pínulas o foliolos. Los foliolos son lineales a estrechamente oblongos, de 5 - 14 mm de largo, 0,5 - 0,75 mm de ancho. Hay 1 - 2 glándulas presentes en el pecíolo y las glándulas jugary están presentes en la unión de cada par de pinnas (Tame, 1992).

La inflorescencia de *A. decurrens* es un racimo o panícula de cabezas de flores globulares cada una compuesta de 15 - 30 flores por cabeza en panículas terminales o racimos axilares (figura 1) (Whibley y Symon, 1992). Las vainas son lineales color marrón o rojo-oscuro a negro, casi plano, de 4 - 10 cm de largo por 4 - 8 mm de ancho, con márgenes engrosados. Las semillas son longitudinales en la vaina en un funículo corto / arilo.

Figura 1. Hojas de *Acacia decurrens* con inflorescencias.



Fuente: Autor, (2016).

Figura 2. Vainas de *A. decurrens*



Fuente: Escobar J., (2013).

2.5. Características agronómicas.

Se multiplica con facilidad por semillas, que deben someterse a tratamientos de presiembra que favorezcan su germinación, como por ejemplo hervir abundante agua, introducir las semillas y dejarla enfriar durante 24 horas. Las semillas que

floten son inviables y deben desecharse, mientras que la viables estarán hinchadas y en el fondo. Las semillas sembradas germinarán a los 20 - 25 días si la temperatura se mantiene alrededor de los 25°C. También puede multiplicarse por esquejes y por brotes de raíz (Sánchez, 2014).

La *A. decurrens* tiene tolerancia a las heladas moderadas y en base a su presencia natural se registra como una especie de zona climática del cálido subhúmedo a húmedo con una precipitación media anual de 900 - 1150 mm (Boland, 1987). Los siguientes datos son representativas de la distribución natural de *A. decurrens* y se derivan de estaciones meteorológicas en Goulburn, Nowra, Singleton, Springwood en Nueva Gales del Sur (Australia): la precipitación media anual es de 669 a 1153 mm; la temperatura máxima media del mes más cálido es 26 – 30°C y la media mínima del mes más frío es de 1 – 5°C; la parte más fría del área de distribución natural recibe 25 heladas por año y va a tolerar temperaturas de hasta -6°C (Hall *et al.*, 1981).

Webb (1984), proporcionan la siguiente amplitud climática para *A. decurrens* basados en su cultivo con éxito en varios países: la precipitación anual 900 - 2000 mm con una estación seca de 2 - 3 meses, un régimen de verano/lluvia uniforme; medios anuales de temperatura de 12 – 18°C; la temperatura media máxima de los meses más calurosos de 16 - 24°C; y la temperatura media mínima del mes más frío de 2 – 10°C.

Ruskin (1983), señala que *A. decurrens* prefiere suelos profundos, ligeros a medios, de drenaje libre y que se encuentra naturalmente en suelos moderadamente fértiles, que incluyen tierras amarillas ácidas y neutras, suelos rojos ácidos, podzoles y tierras marrones. Se derivan principalmente de esquistos pero

algunos son derivados del basalto. *A. decurrens* también se ha observado en los esquistos, donde su crecimiento es mejor en suelos profundos, bien drenados (Beadle, 1982; Baker y Corringham, 1995), en las riberas y zonas altas (Morrison y Davies, 1991), y en suelos relativamente pesados (Tame, 1992). El rango altitudinal natural es 25 - 1000 m es su estado nativo en Australia, comúnmente 100 - 700 m.s.n.m (Boland, 1987), y de 1000 a 2500 m.s.n.m, en regiones donde se introdujo (Webb, 1984).

2.6. Usos de la *A. decurrens*.

A. decurrens es un árbol fijador de nitrógeno tolerante a la sequía, ampliamente sembrada para cultivos de sombra (MacMillan, 1991). Se ha utilizado para la protección contra el viento, cortinas protectoras, como un cultivo de sombra y para la estabilización del suelo. En Sri Lanka, donde fue introducido por los plantadores de té alrededor de la década de 1870, ha sido ampliamente utilizado por encima de una altitud de 1000 m.s.n.m. como barrera cortavientos, como un árbol de sombra, para abono verde y la producción de leña (Midgley y Vivekanandan, 1987).

Ruskin (1983), señala que la madera de *A. decurrens* se ha utilizado para la construcción de postes, puntales de minas, postes de cercas y la producción de tableros duros. En la India, *A. decurrens* ha sido considerada como una valiosa especie de madera (Gamble, 1972) donde se cultiva ampliamente. Esta especie es una de las varias especies reportadas por Clark *et al.* (1994) con buenos rendimientos de pulpa kraft dentro de la gama de maderas para pulpa comerciales. El proceso kraft y los estudios de blanqueo de eucaliptos y acacias en plantaciones que incluían la *A. decurrens*, tuvo rendimientos relativamente altos y sus pastas

blanqueadas fácilmente y de alto brillo (Hannah *et al.*, 1977). La pulpa de *A. decurrens* se blanquea fácilmente a altos niveles de brillo y las propiedades de la pasta blanqueada serían convenientes para los productos finales, tales como escribir e imprimir documentos (Logan y Balodis, 1982).

A. decurrens tiene el potencial de ser una excelente fuente de madera. La madera de *A. decurrens* ofrece un excelente combustible, incluso cuando está verde. Arboledas agrícolas individuales de *A. decurrens* y *A. mearnsii* son una fuente importante de producción de biomasa leñosa en Suazilandia (Allen *et al.*, 1988; Allen, 1990).

En Australia, la *A. decurrens* se utilizó para el curtido de cueros cuando la industria era viable a nivel local (Clemson, 1985), sin embargo, su corteza es mucho más delgada y de calidad inferior a *A. mearnsii*. La corteza de *A. decurrens* tiene rendimientos del 35 - 40% de taninos de buena calidad, pero contiene un extracto en exceso de color rojo-tanino (Ruskin, 1983; Luyt *et al.*, 1987). Por lo tanto, se considera que su tanino reduce el valor del cuero y se prefieren taninos a partir de especies tales como *A. mearnsii*. Sin embargo, Ruskin (1983), señala que este problema con el tanino de *A. decurrens* podría superarse mediante el cambio del proceso de curtido o por la adición de aditivos. La importancia de los taninos de la Acacia en la curtiembre, radica en que se unen con las proteínas de la piel y se convierten en parte integral del producto final (Seigler *et al.*, 1986).

A. decurrens sigue siendo la principal fuente para la producción de taninos de especies explotadas en Indonesia (Prayitno, 1982), donde la adición de un 5 - 10% de tanino-formaldehído, a partir del tanino de la corteza de *A. decurrens*, se utiliza para la fabricación de tableros de fibra de madera mixta. Los colorantes extraídos de

las hojas de *A. decurrens* también se han utilizado en la lana para colorearla de amarillo o verde dependiendo del color utilizado (Martin, 1974).

A. decurrens es también conocida por la producción de goma de acacia. El árbol produce goma abundante durante los meses de verano y se utiliza para hacer confitura gelatinosa; su goma también se ha utilizado como un sustituto de la goma arábica (Macmillan *et al.*, 1991). *A. decurrens* produce buenas cantidades de polen durante las estaciones de floración y son una fuente potencial de alimento para las abejas (Clemson, 1985). Las semillas tienen un alto contenido de aceite con potencial para su uso como un "aceite secante" (Subba Rao, 1959). Las hojas también se han utilizado para la producción de abono verde (Webb, 1984), aunque la *A. decurrens* no es conocida por su valor forrajero en Australia.

En Colombia es muy utilizada en zonas de alta montaña como cerca viva (figura 3), barrera rompevientos, fuente de madera, bancos de proteína y en sistemas silvopastoriles para la alimentación del ganado, principalmente en la cría de bovinos para leche (Fernández *et al.*, 1999; Carvajal *et al.*, 2012; Giraldo y Bolívar, 1999; Medrano, 1999).

Figura 3. *Acacia decurrens* utilizada como cerca viva (Chiquinquirá, Boyacá)



Fuente: Autor, (2016).

2.7. Propagación de *A. decurrens*.

La propagación se hace por semilla, las cuales se extraen después de secar los frutos, se hidratan durante 48 horas y después se tratan con agua hirviendo (90 °C por tres minutos), se siembran en bolsas pequeñas y trasplantan cuando alcanzan los 25 cm de altura; se puede practicar la siembra directa o al voleo (2,5 kg por hectárea) en plantaciones densas, se puede espaciar de 1,25 m, para entresacar a los 3 o 4 años. Es una especie fijadora de nitrógeno, pudiendo aportar hasta 250 kg/ha/año, apta para recuperar suelos y control de la erosión (Bartholomaeus *et al.*, 1998).

2.8. Establecimiento de *A. decurrens*.

Es recomendable establecer los árboles en la pradera con un mes de edad, en surcos paralelos a la pendiente. Las acacias deben ser podadas al alcanzar 1,8

m de altura, buscando estimular el crecimiento de nuevas ramas. Giraldo y Bolívar (1999), trabajaron *Pennisetum clandestinum* asociado con *A. decurrens* en alta densidad (1110 árboles/ha), en baja densidad (407 árboles/ha) y testigo (sin árboles) y de los resultados encontrados recomiendan que la distancia de siembra de *A. decurrens* más adecuada es de 5 x 5 m (baja densidad), pues se mantiene la composición botánica de la pradera, no se afecta la producción de biomasa del kikuyo y se obtiene mayor producción de leche.

Flórez *et al.* (2010), establecieron *A. decurrens* en praderas con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en la finca La Ramada, Salento Quindío (2450 m.s.n.m) bajo tres densidades de siembra: densidad alta con 1664 acacias/ha, a una distancia entre acacias de 0,55 m y entre surcos de 11 m; densidad media con 832 acacias/ha, a una distancia entre acacias de 1,5 m y entre surcos de 8 m; y densidad baja de 416 acacias/ha, a una distancia entre acacias de 3 m y entre surcos de 8 m. Para el primer año de establecido el arreglo, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) en la producción de forraje verde en las tres densidades de siembra.

Flórez y Umaña (2006), sembraron árboles de *A. decurrens* en huecos realizados con broca hidráulica (figura 4) y dimensiones de 40 x 40 x 40 cm, distribuidos linealmente sobre el perímetro total de cada hectárea y ubicados a una distancia de 2 m entre Acacias. Para fertilizar el suelo se usó abono a base de gallinaza (42,86%), cal dolomita (28,58%), agrimix (14,28%) y micorrizas (14,28%); agregando a cada hueco aproximadamente un kg de mezcla, sobre el abono empleado se adiciono un puñado de tierra negra con el objeto de evitar el contacto directo entre abono y raíz de los arbolitos, esto para evitar que los ingredientes del abono causen quema de la raíz.

Figura 4. Siembra de árboles de *A. decurrens* en huecos realizados con broca hidráulica.



Fuente: Flórez y Umaña, (2006).

Posterior a la fertilización, adicionaron tierra negra sobre la raíz para que tengan una buena fijación, se realiza un adecuado pisoteo sobre este buscando compactar de la mejor forma la tierra y evitando tapar por completo el tallo de la raíz. Se pueden usar tutores de madera de 2 m de largo para aquellos árboles que presenten debilitamiento por efecto de vientos o por pisoteo inadecuado, los tutores se entierraran a un lado del árbol y se amarran con una pita con el fin de proporcionar una postura erguida de los árboles. Para enterrar los tutores se debe ejercer presión sobres ellos buscando que estos queden fijos en el suelo y así puedan servir de apoyo para los árboles; al amarrar con la pita recomiendan dejar distancia suficiente entre árbol y tutor evitando una posterior fractura del tallo. En épocas de sequía es recomendable hacer riego cada tercer día para asegurar la humedad del suelo y que las plantas se mueran (Flórez y Umaña, 2006).

Los huecos para la siembra de los árboles se pueden realizar con palín, barretón o ahoyador manual si el productor no cuenta con la maquinaria necesaria para su realización (Flórez y Umaña, 2006).

Figura 5. Árbol de *A. decurrens* amarrado a tutor.



Fuente: Flórez y Umaña, (2006).

2.9. Valor nutritivo.

La leguminosa arbórea *Acacia decurrens*, ha mostrado ser promisoría para el uso en sistemas de producción ganadera para la producción de leche, dada su buena adaptación a climas frío, su rápido crecimiento, buena producción de forraje comestible y aceptable composición química (Fernández *et al.*, 1999). En un estudio Carvajal, *et al.* (2012), encontraron para la *Acacia decurrens* valores de Proteína Cruda de 14,1%.

Tabla 1. Composición nutricional y fraccionamiento de la proteína (%) en *Acacia decurrens*

Nutriente	Carvajal <i>et al.</i> , 2012	Fernández <i>et al.</i> , 1999	Medrano, 1999
MS	37,50	48,72	35,00
PC	14,10	14,86	17,80
Fracción (B2 + B3 + C)	78,20		
Fracción (A + B1)	21,80		
E.B (Mcal/kg)			5,12
E.M (Mcal/Kg)		1,81	
FDN	55,10	45,25	39,20
FDA	26,49	31,40	30,60
Lignina	4,03		8,60
Celulosa			22,00
Hemicelulosa			8,60
Calcio			0,74
Fósforo			0,24
Magnesio			0,13

Benavides, González y Cruz (2004), analizaron la composición nutricional de *A. decurrens* a diferentes alturas de corte a 2750 m.s.n.m, determinando la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente acida y cenizas (Tabla 2).

Tabla 2. Valor nutricional de *A. decurrens* a diferentes alturas de corte.

Tratamientos	Altura de corte (m)	% MS	% PC	% FDN	% FDA	% Cenizas
1	0,91 – 1,60	27,3 a	22,4 a	67,1 a	54,0 a	3,85 bc
2	1,61 – 2,30	36,7 b	17,9 bc	53,9 c	37,8 bc	3,68 abc
3	2,31 – 3,0	33,7 b	18,4 b	61,9 b	40,4 b	4,05 c
4	3,01 – 3,7	47,6 c	16,4 d	53,0 c	37,0 c	3,25 a
5	> 3,7	48,4 c	17,1 cd	61,3 b	38,4 bc	3,41 ab
Promedio		38,7	18,4	59,4	41,5	3,6

Valores con letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes. Prueba de SNK ($p < 0,05$). MS: materia seca, PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida.

Fuente: Benavides *et al.*, (2004).

Para este estudio, Benavides *et al.*, (2004), encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables analizadas para las cinco alturas de

corte de la Acacia, con niveles medios de Proteína Cruda entre 16,4% a 22,4%. En el tratamiento uno se presentó el porcentaje más alto de proteína, de agua, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida, obteniendo diferencias con las demás alturas de corte, Cuadrado *et al.* (1996), citados por Benavides *et al.* (2004), dicen que tanto en las leguminosas como gramíneas en el contenido de proteína cruda se ve disminuido a medida que la planta se aproxima a la madurez, y a mayor altura el árbol posee hojas más maduras.

Según la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, se presenta un buen valor nutritivo de la *Acacia decurrens* (Tabla 3) para su utilización como leguminosa forrajera en la alimentación de los bovinos y otras especies de rumiantes en el trópico alto andino colombiano, con un valor medio de proteína cruda y un alto contenido energético; se presentan mejores valores nutritivos en las hojas que los tallos. Las hojas y tallos presentan niveles bajos de FDA, lo que indica bajo contenido de lignina y celulosa, y que las muestras se tomaron de material vegetal joven, lo que lo hace un forraje de buena digestibilidad.

Tabla 3. Composición nutricional de *A. decurrens* municipio de Guaca, Santander.

Análisis principal	Unidad	Hoja	Tallo, Hoja	Tallo
Materia seca total	% MH	56,01	26,58	52,08
Proteína cruda	% MS	13,92	22,56	8,4
Extracto etéreo	% MS	5,21	3,09	3,26
FDN	% MS	47,95	30,03	51,47
FDA	% MS	18,48	11,2	23,25
Hemicelulosa	% MS	29,47	18,83	28,22
Lignina	% MS	5,01	1,98	6,31
Ceniza	% MS	9,75	8,85	8,99
Energía bruta	kcal.kg-1 MS	4271,25	4126,43	3992,01
NDT *	%	59,22	67,71	53,75
EM Rumiantes *	Mcal.kg-1 MS	2,14	2,44	1,94
ENm Rumiantes *	Mcal.kg-1 MS	1,28	1,56	1,1
ENg Rumiantes *	Mcal.kg-1 MS	0,71	0,96	0,54
ENL Rumiantes *	Mcal.kg-1 MS	1,33	1,54	1,2

Fuente: Corpoica (2013), * indica que el valor medio se obtuvo mediante una ecuación.

La *Acacia decurrens* presenta un buen valor nutricional de su follaje, siendo una fuente de forraje para la alimentación de animales rumiantes de trópico alto andino colombiano, zona geográfica que es limitada en el número de especies arbustivas que se pueden emplear en sistemas silvopastoriles. Posee buenos niveles de proteína y contenidos de fibra con baja cantidad de pared celular, lo cual puede ser benéfico en cuanto a su digestibilidad, pero se vería limitado por el contenido de taninos.

2.10. Factores antinutricionales.

Los factores antinutricionales son sustancias químicas producidas por las plantas con el objeto de prevenir la depredación por parte de los herbívoros, insectos, hongos y virus (Van Soest, 1994). Su presencia limita el consumo, disminuye la digestibilidad de los nutrientes, causa efectos tóxicos sobre la población microbiana del rumen y originan elementos tóxicos para la salud del animal (Ojeda y Cáceres, 1998). Tanto pastos como forrajes contienen factores antinutricionales, pero tienen mayor presencia en plantas con altos niveles de nitrógeno como las leguminosas y mayormente en las arbustivas que en plantas rastreras (Martínez, 2000).

En los rumiantes son importantes los nitratos causando metahemoglobinemia, los oxalatos que inducen deficiencia de calcio, los cianógenos que son glucósidos hidrolizados por enzimas b-glucosidasas liberando ácido cianhídrico (HCN) tóxico para el animal y los taninos que son compuestos fenólicos solubles en agua y con la capacidad de precipitar las proteínas. Las plantas

presentas dos tipos de taninos, condensados e hidrolizables, que difieren en sus efectos nutricionales y tóxicos; los taninos pueden formar un complejo de baja digestibilidad con proteínas dietéticas y pueden unirse e inhibir la proteína endógena (Smitha, Alagundagi y Salakinkop, 2013).

Los complejos tanino - proteína son astringentes y afectan negativamente la ingesta del alimento y todas las plantas contienen compuestos fenólicos, pero su tipo y concentración pueden causar respuestas animales negativas (Smitha, Alagundagi y Salakinkop, 2013). Sin embargo, los taninos pueden tener efectos benéficos en el animal, los taninos condensados pueden representar ventajas para los rumiantes al proteger la proteína libre en el rumen de la degradación de los microorganismos ruminales (proteína sobrepasante), también mejora la utilización del nitrógeno porque disminuye su exceso en rumen inhibiendo la ureasa microbiana (Makkar, 1993).

Aunque la *Acacia decurrens* posee buen contenido de taninos, esta característica puede ser benéfica debido a que aporta proteína sobrepasante ya que reduce la degradabilidad de la proteína en el rumen. Si los pastos consumidos por el animal tienen buen contenido proteico, gran parte de esta proteína es degradada a nivel ruminal y es excretada en forma de urea en la orina, lo que implica pérdidas. Bolívar *et al.* (2009), encontraron que al adicionar la Acacia que es rica en taninos a una dieta a base de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), disminuyó la degradación de la PC y de FDN, al igual que bajó la producción de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) y el gas metano.

Los taninos están fuertemente ligados a la fibra. Esta fibra puede resistir la degradación de los microorganismos ruminales y sus enzimas, inhibiendo el proceso

de fermentación ruminal. La inhibición del proceso de la fermentación de la celulosa conlleva a una disminución del aprovechamiento de la energía metabolizable en el rumen, decreciendo la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) (Van Soest y Robertson., 1985).

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, citados por Carvajal *et al.*, 2012).

Apráez *et al.* (2012), reportan presencia de saponinas (+++), fenoles (+) y esteroides (+) en *Acacia decurrens*, y no encontraron alcaloides (-) en esta planta. Esto es de importancia, ya que además de los taninos se pueden encontrar otros factores antinutricionales que podrían ocasionar problemas al animal y que son objeto de mejores análisis.

Carvajal *et al.* (2012), reportan contenidos de taninos en *A. decurrens* de 8,10% y negativo a saponinas. Benavides *et al.*, (2004), también determinaron algunos metabolitos secundarios en esta arbórea (Tabla 4), encontrando concentración alta de taninos, presencia de los esteroides triterpenos, y negativo a saponinas y alcaloides. Según García (2004), estos compuestos químicos causan trastornos nutricionales, que están asociados con reducción del consumo voluntario y trastornos digestivos severos.

Tabla 4. Factores antinutricionales en *A. decurrens* localidad de Usme

	Saponinas	Taninos	Esteroides	Alcaloides
Extracto usado				
Eter + Acetona	(-)	++	Triterpenos	(-)
Alcohol + Acetona	(-)	+++	Triterpenos	(-)
Metanol + Eter	(-)	+++	Triterpenos	(-)
	(-): Negativo	++ : Mediana concentración +++ : Alta concentración		(-): Negativo

Fuente: Benavides *et al.*, (2004).

En cuanto a los factores antinutricionales, hace falta una mayor investigación para determinar cuáles más presenta la planta, ya que pueden afectar el consumo, la digestibilidad y ocasionar problemas o enfermedades en el animal.

3. LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.

La mayoría de los sistemas ganaderos se desarrollan bajo condiciones extensivas, donde predomina el monocultivo de gramíneas y la ausencia de la cobertura arbórea, producto de conceptos y tecnologías de revolución verde que, en la actualidad, están siendo reevaluadas. Estas tecnologías han generado problemas ambientales como degradación del suelo, contaminación de las aguas y emisiones de gases con efecto invernadero (Navas, 2007).

Las gramíneas sometidas a defoliación por el animal, originan baja oferta de biomasa, bajos niveles productivos y reducción de los ingresos, especialmente para los pequeños y medianos productores de doble propósito. En el trópico de altura, establecer sistemas silvopastoriles, es una opción para reducir el problema alimenticio de bovinos; contribuyendo además a controlar la degradación de los suelos y al restablecimiento del valor productivo. Sin embargo, el uso actual es limitado, debido a la ausencia de investigaciones (Medrano, 1999).

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de la Agroforestería en la que se combinan en el mismo espacio plantas forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y usos complementarios. Los principales sistemas silvopastoriles investigados o implementados en forma empírica por los productores en la región son: Árboles dispersos en potreros; Sistemas silvopastoriles con manejo de la sucesión vegetal; Cercas vivas; Silvopastoriles de alta densidad arbórea; Sistemas de corte y acarreo: bancos de leñosas forrajeras y Pastoreo de ganado en plantaciones forestales. En menor proporción se ha trabajado las Cortinas o barreras contra el viento y las Pasturas en callejones de árboles (Murgueitio, 2004).

Es probable que en los próximos años esta práctica silvopastoril sea multiplicada por muchos productores porque tiene la más baja inversión financiera frente a otras opciones. Pero para que incremente los efectos ambientales positivos se debe estimular el uso de especies nativas de cada localidad, ayudar a que estas mantengan su capacidad de regeneración y promover altas densidades o coberturas por unidad de superficie (> 20 árboles adultos Ha^{-1}). También se deberá estudiar en muchos casos las interacciones negativas sobre pastos por exceso de sombra y fenómenos de alelopatía en algunas plantas (Murgueitio, 2004).

Los sistemas silvopastoriles a través del uso del árbol como componente productivo permite mejorar los sistemas de producción ganadera en los diferentes agroecosistemas, mitigar los efectos negativos ambientales generados por los sistemas tradicionales, mejorar el bienestar de los animales e incrementar la productividad animal. Los animales pueden presentar estrés calórico por altas temperaturas en zonas de trópico bajo, pero también se observa en zonas de trópico alto andino colombiano en las cuales la temperatura baja drásticamente en

las primeras horas del día y después se incrementa sobrepasando la zona de termoneutralidad de los animales. En cualquiera de los casos el estrés calórico puede afectar la salud y productividad e incluso llegar a incrementar la mortalidad en los hatos (Navas, 2010).

Buena parte de fincas ganaderas presentan árboles dispersos en potreros que ofrecen sombra y alimentos para los animales y generan ingresos por madera o frutas. Algunos de estos son remanentes de los bosques originales antes de la deforestación, otros han sido sembrados por los productores y la mayoría han crecido a partir de la sucesión vegetal natural o por la dispersión que hace el ganado y los animales silvestres. Además de la reducción de costos de mantenimiento y fertilizantes, el ganadero obtiene productos como postes, madera, varas delgadas, leña; el ganado consume frutos y follajes y en la localidad se reduce la erosión y la fauna silvestre encuentra nuevas oportunidades de hábitat y lugares para su reproducción (Murgueitio, 2004).

Los sistemas silvopastoriles, principalmente, se han establecido con el objetivo de proporcionar forraje a los animales, desconociendo otro tipo de beneficios como el mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno realizada por algunas especies, regulación del balance hídrico al conservar agua y reducir la evaporación, fijación de CO₂, diversificación de la producción (madera, leña, frutos, entre otros) y reducción del estrés calórico de los animales a través del efecto de la sombra (Navas, 2010).

La introducción de árboles leguminosos en potreros, permite mejorar la calidad del forraje de la pastura asociada, conservando altos valores de proteína en invierno, comparado con el forraje del pasto en sistemas de monocultivo con total

exposición al sol. Además, puede incrementar la cantidad total de forraje para los animales dependiendo de factores como el manejo que se le haga a los árboles, la densidad arbórea y la cobertura de copa utilizada, las especies forrajeras involucradas, la condición del pasto y la región analizada. De igual forma, estabiliza la producción forrajera, especialmente cuando se produce sequía y de acuerdo a la especie de árbol asociado, puede proveer forraje a través del follaje o frutos. Esto permite un mejor manejo y un aumento de la eficiencia ganadera (Maecha, 2003).

Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos SSPi responden a la necesidad de reconvertir la ganadería tropical en una actividad rentable generadora de bienes demandados por la población (carne, leche, pieles, maderas, frutas) con inocuidad, bienestar animal y al mismo tiempo generar servicios ambientales como la protección de fuentes hídricas, la rehabilitación de la fertilidad del suelo y la conservación de la biodiversidad. Por su diseño estructural, su composición y los procesos de manejo recomendados, los SSPi empiezan a considerarse por los investigadores, empresarios y decisores de política como una herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en la medida que logren expandirse (Murgueitio *et al.*, 2011).

Según Murgueitio *et al.* (2014), el incremento en la productividad primaria del agroecosistema ganadero al tener más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastos vigorosos contribuye a mitigar el cambio climático a través de varios mecanismos que se resumen así:

- Incremento de los depósitos de carbono en el suelo y la vegetación leñosa.
- Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado.

- Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por rápido y eficiente reciclaje de excretas.

La vegetación arbórea y arbustiva juega un papel fundamental en el paso del dióxido de carbono a formas químicas sólidas en especial las cadenas de carbohidratos asociados a lignina. Las raíces de estas plantas penetran en varios horizontes del suelo y contribuyen a aumentar la porosidad y el intercambio gaseoso en el suelo. Por su parte, la hojarasca es una fuente de alimento y refugio de una gran cantidad de organismos que participan en el proceso de descomposición (miriápodos, lombrices de tierra, escarabajos y otros) y estos a su vez mejoran las características del suelo al airear, descompactar, acelerar el reciclaje de nutrientes y procesar rápidamente la materia orgánica de origen vegetal y animal (Murgueitio *et al.*, 2014).

A pesar que en Colombia aún no está generalizada la cultura de uso de madera de las podas o entresacas de los árboles de los sistemas silvopastoriles, es necesario considerar que los árboles pueden cumplir una labor importante en la infraestructura de la ganadería y en un potrero pueden ser empleados como cercas vivas para alambrados permanentes o provisorios, así como la instalación de cercas eléctricas; este uso podría hacer disminuir los costos de apotreramiento. Otro aporte muy importante de los árboles a la infraestructura de un establecimiento ganadero, es la provisión de madera para la construcción de Bretes, mangas, galpones y vivienda rural (Maecha, 2003).

Desde el 2006, el gremio de ganaderos de Colombia reconoció la necesidad de intensificar la producción bovina en el país y propuso aumentar el hato de 24 millones de cabezas de ganado que pastorean en 38 millones de hectáreas, a por lo

menos 40 millones de cabezas para un suelo de solo 20 millones de hectáreas. Para lograr esta meta resulta clave identificar maneras de aumentar la productividad de las praderas para que soporten un mayor número de animales. Según Rolando Barahona Rosales, docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional en Medellín, la solución ya está lista: si se implementan 10 millones de hectáreas de Sistemas Silvopastoriles intensivos (SSpi) de similar productividad a los de la Leucaena, arbusto ampliamente utilizado en sistemas agroforestales en el mundo, Colombia podría alimentar los 40 millones de cabezas que aspira tener (Ruiz, 2010).

El estudio de los sistemas silvopastoriles ha sido mucho mayor en el trópico bajo, por lo cual es importante ampliar este campo de investigación, buscando determinar cuáles pueden ser las mejores especies a utilizar y sus efectos en el área alto andina. Los sistemas silvopastoriles se presentan como una alternativa a mediano y largo plazo, pues se convierten en sistemas productivos más sostenibles tanto biológica como económicamente (Cárdenas *et al.*, 2011).

3.1. Uso de *A. decurrens* en silvopastoreo.

Quiceno y Medina (2006), realizaron un estudio en Manizales (Caldas) sobre el potencial de la *Acacia decurrens* como alimento para la ganadería en el trópico de altura. El objetivo del ensayo fue evaluar la producción de biomasa y proteína cruda de la acacia bajo algunas prácticas culturales en un arreglo silvopastoril multipropósito. Las variables evaluadas fueron: dos densidades de siembra, alta y baja (1664 y 832 plantas/ha), edades de inicio de la defoliación después del transplante (10 y 15 meses), alturas de poda (1 y 1,8 m) y frecuencias de defoliación

(60 y 90 días). Se realizó en una parcela experimental de 3300m², los árboles se establecieron en surcos paralelos a través de la pendiente y se defoliaron manualmente para simular el ramoneo del ganado, el follaje se pesó antes y después de secarlo. Se tomaron muestras para determinar el contenido de proteína cruda. Se determinó: la producción de follaje, materia seca y proteína cruda (kg/ha/año).

Los autores concluyen en su trabajo que el árbol respondió favorablemente a los efectos de la densidad, defoliación y poda con buena producción de follaje de calidad, lo que la hace una especie apta para el consumo animal en sistemas silvopastoriles de trópico alto andino colombiano. También la densidad alta produjo 43% más follaje que la baja. Igualmente las plantas podadas a 1,8 m produjeron 42% más follaje que las podadas a 1 m, indicando que la densidad de siembra fue el factor que más afectó las variables respuesta, ya que con alta densidad se obtuvo: mejor tasa de crecimiento, mayor diámetro del tallo, más número de ramas, y una mayor producción de follaje, materia seca y proteína cruda.

En cuanto a materia seca, las plantas con defoliación realizada a los 15 meses, produjeron 422kg/ha/año ($p < 0,01$), siendo superior a la realizada a los 10 meses (295kg/ha/año). Para el comportamiento de la poda, las plantas podadas a 1,8 m, produjeron 437kg/ha/año ($p < 0,01$), superior a 253kg/ha/año, obtenida a 1,0 m. Para la Proteína Cruda, con la defoliación a los 15 meses, se produjeron 86,6 kg/ha/año ($p < 0,01$), mayor a 65,6kg obtenida con defoliación a los 10 meses y cuando se podó a 1,8 m, 94 kg/ha/año de PC ($p < 0,001$), superior a 55 kg/ha/año con poda a 1,0 m. Con mayor densidad de siembra se produjo 128% más proteína cruda que con baja densidad.

Este estudio indica que la *A. decurrens* presenta buen comportamiento cuando es establecida en cultivos de alta densidad de siembra, con buena producción de forraje y proteína cruda para la alimentación del ganado (Tabla 5).

Tabla 5. Biomasa de *A. decurrens* a diferentes densidades de siembra y alturas de poda Finca la Cascada, Manizales.

Variable	Densidad de siembra		Altura de poda		Edad inicio defoliación	
	Alta (1664 plantas/ha)	Baja (832 plantas/ha)	1 m	1,8 m	10 meses	15 meses
Crecimiento del tallo						
Tasa de crecimiento a los 10 meses (cm/día)	0.62	0.55				
Tasa de crecimiento a los 15 meses (cm/día)	0.60	0.54				
Diámetro del tallo						
A los 10 meses (mm)	20.03	18.17				
A los 15 meses (mm)	29.9	25.9				
Número de ramas	19.7	18.3				
Follaje verde (Kg/ha/año)	1329	572	699	1202	818	1147
Materia seca (Kg/ha/año)	484,58	207,54	253	437	295	422
Proteína Cruda (Kg/ha/año)	102,9	45,1	55	94	65.6	86.6

Fuente: Quiceno J. y Medina M., (2006)

Martínez y Navia (2011), en un estudio realizado en el Centro de Investigación FEDEPAPA Obonuco, municipio de Pasto (Nariño) a 2710 msnm, sembraron arboles de diversas especies (*Alnus jurullensis*, *Baccharis latifolia*, *Teccoma stans*, *Acacia decurrens will*, *Ulex europaeus*) en parcelas de 262 m² a dos distancia de siembra 0,5 m y 1 m respectivamente, en un arreglo de cerca viva como división de los potreros, ellos evaluaron altura, diámetro, rebrotes y sobrevivencia de la planta durante un periodo de 6 meses (Diciembre de 2007 a Junio de 2008) (Tabla 6).

Tabla 6. Comportamiento de *A. decurrens* a dos distancias de siembra, corregimiento de Obonuco, Pasto (Nariño).

Variable	Distancia de siembra	
	0,5 m	1 m
Sobrevivencia (%)	90	90
Incremento en altura mensual (cm)	101,1	110,2
Incremento promedio de diámetro (mm)	86,9	75,4
Promedio de rebrotes	24	20

Fuente: Martínez y Navia (2011).

El porcentaje de sobrevivencia fue alto, se presentó un buen crecimiento y en sus primeros meses de crecimiento y desarrollo hubo un promedio bajo de rebrotes. Los autores concluyeron que las especies más recomendables para realizar la implementación de cercos vivos en el altiplano Nariñense son *Ulex europaeus* y *Acacia decurrens*, esto debido a que presentaron mejores promedios de sobrevivencia y crecimiento y no hubo diferencias ($p < 0,05$) entre las dos distancias de siembra de los arreglos.

Giraldo (2003), estableció kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) asociado con *A. decurrens* en el corregimiento de Santa Elena, municipio de Medellín, a 2350 msnm. Los tratamientos fueron alta densidad (1110 árboles/ha), baja densidad (407 árboles/ha) y testigo (sin árboles), la *A. decurrens* fue sembrada a una distancia de tres m entre árboles en tres bolillos para el tratamiento de alta densidad (1110 árboles/ha) y a cinco m en cuadro para el de baja densidad (407 árboles/ha). Las parcelas experimentales fueron de aproximadamente una hectárea, dentro de la cual se ubicaron al azar tres repeticiones de 16 árboles.

En cuanto a parámetros de evaluación agronómica, encontró una mayor altura de ramificación con baja densidad y en edades tempranas no se presentó diferencia en el diámetro a la altura del pecho (DAP) para las dos densidades. En la evaluación a los 23 meses de edad el DAP fue superior un 45% con baja

densidad. El diámetro de la copa fue superior con baja densidad a los 17 y 28 meses, indicando para este estudio que, con menor número de siembra de árboles por hectárea, se obtuvo una mayor área de cobertura por acacia, pero no evaluó la producción de proteína y materia seca (Tabla 7).

Tabla 7. Evaluación agronómica de *A. decurrens* a dos densidades de siembra en silvopastoreo con *P. clandestinum* corregimiento de Santa Elena (Medellín).

Parámetro	Alta densidad	Baja densidad
Primera Evaluación (17 meses)		
Altura de ramificación (cm)	57,89 ^a	69,77 ^b
Diámetro a la altura del pecho (cm)	3,09 ^a	4,3 ^a
Diámetro de la copa (m ²)	2,20 ^a	3,62 ^b
Cobertura de copa (m ²) *	2 181 ^a	1 180 ^b
Intensidad de luz fuste	575 ^a	316 ^a
Intensidad de luz copa	769 ^a	358 ^a
Segunda evaluación (23 meses)		
Diámetro a la altura del pecho (cm)	6,15 ^a	8,94 ^b
Diámetro de la copa (m ²)	3,51 ^a	7,44 ^a
Cobertura de copa (m ²) *	3 475 ^a	2 154 ^a
Intensidad de luz fuste	612 ^a	414 ^a
Intensidad de luz copa	559 ^a	892 ^b
Tercera evaluación (28 meses)		
Diámetro a la altura del pecho (cm)	6,52 ^a	9,92 ^b
Diámetro de la copa (m ²)	7,30 ^a	14,72 ^b
Cobertura de copa (m ²) *	7 227 ^a	4 799 ^a

*Área total cubierta por la copa de los árboles. Valores en líneas con letra igual, no difieren según Duncan ($p < 0,05$).

Fuente: Giraldo, 2003.

Flórez *et al.* (2010), determinaron la producción de follaje verde en el primer año de siembra de la *Acacia decurrens* en la finca La Ramada, Salento Quindío a 2450 m.s.n.m. Los árboles se sembraron con un mes de edad, en surcos paralelos a la pendiente y se podaron al alcanzar 1,8 m de altura, esto para estimular el crecimiento de nuevas ramas. Se establecieron tres densidades de siembra (alta, media y baja), similar al estudio realizado por Quiceno y Medina (2006), de la siguiente forma: densidad alta con 1664 acacias/ha, a una distancia entre acacias de 0,55 m y entre surcos de 11 m; densidad media con 832 acacias/ha, a una

distancia entre acacias de 1,5 m y entre surcos de 8 m; y densidad baja de 416 acacias/ha, a una distancia entre acacias de 3 m y entre surcos de 8 m.

Los periodos de defoliación que realizaron fueron a los seis, nueve y 12 meses de siembra. Las variables que midieron fueron: el follaje verde por árbol determinado por defoliación manual completa y los resultados se expresaron como gramos de follaje verde por árbol (FVA); e incremento de follaje verde gramos/día (IFVAD), que se calculó a partir del peso total del follaje verde, dividido por el número de días transcurridos entre la siembra y la primera defoliación y entre defoliaciones.

Referente a las tres densidades de siembra (árboles/ha), no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), para el FVA e IFVAD en el primer año de siembra. En cuanto a los periodos de defoliación, sí se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el incremento de follaje verde (g/árbol/día) y el follaje verde (g/árbol), presentándose a los 12 meses un FVA de 48,3 g/árbol y un IFVAD de 0,60 g/árbol/día, que fue superior comparado con la defoliación realizada a los nueve meses y seis meses (Tabla 8).

Tabla 8. Promedio de crecimiento según densidad de siembra y periodo de defoliación en *A. decurrens* finca La Ramada, Salento (Quindío).

Densidad de siembra (árboles/ha)	1664	832	416
Follaje verde (FVA), g/árbol	41,8	39,3	34,2
Incremento de follaje verde (IFVAD), g/árbol/día	0,42	0,30	0,30
Periodo de defoliación (meses)	6	9	12
Follaje verde (FVA), g/árbol	41,5 a	25,6 b	48,3 a
Incremento de follaje verde (IFVAD), g/árbol/día	0,19 b	0,29 b	0,60 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) prueba de Tukey

Fuente: Flórez *et al.*, (2010).

Flórez *et al.*, (2010) concluyen que las diferentes densidades de siembra de la Acacia no influyeron en la producción de follaje verde del árbol durante su primer año de siembra, pero si presentó un incremento de producción de follaje verde a medida que aumentó su edad y recomiendan el ingreso del ganado al potrero a los 10 meses de establecida la *A. decurrens*, debido a que en este tiempo se presenta buena producción de follaje y la planta tiene resistencia, con lo que se garantizaría una adecuada oferta forrajera.

Arboleda *et al.* (2013), proponen el uso de la *A. decurrens* en sistemas de trópico alto colombiano, ya sea como cerca viva a distancias de siembra de 15 a 20 metros; como barreras rompe vientos a una distancia de tres metros; como árboles en potreros a distancias de 5 a 10 metros entre plantas por 5 a 10 metros entre líneas y como forraje para la alimentación bovina.

Dicen que entre los aspectos más notables a la hora de usar árboles y arbustos con potencial agroforestal en trópico alto andino colombiano, se tienen el área de sombra en potreros que permiten generar microclimas más estables, conservación y mejoramiento de las condiciones de fertilidad del suelo, embellecimiento del paisaje, fuente de alimento para el ganado en épocas críticas, conservación de fuentes hídricas, obtención de madera, leña y también para la venta y generación de nichos ecológicos aumentando la biodiversidad.

En la zona del Valle de Ubaté y Chiquinquirá, es muy común ver en las praderas la *Acacia decurrens* establecida ya sea como cerca viva o en sistemas silvopastoriles, pero la mayoría de ganaderos desconoce su potencial nutricional y la utilizan más para el mejoramiento de los suelos o como protección contra los vientos.

Figura 6. *Acacia decurrens* usada en silvopastoreo (Chiquinquirá, Boyacá)



Fuente: Autor, (2016).

3.2. La *Acacia decurrens* y su influencia en suelo y pastura.

Los sistemas silvopastoriles contribuyen notablemente a la recuperación de los suelos de regiones tropicales, y no implican efectos negativos en el ambiente. Estos sistemas constituyen una modalidad de la agroforestería, en la cual se combinan, en el mismo espacio, plantas forrajeras (gramíneas y leguminosas rastreras) con arbustos y árboles, destinados a la alimentación animal y a otros usos complementarios (Crespo, 2008).

Flórez y Umaña (2006), evaluaron el comportamiento de varios sistemas silvopastoriles en trópico alto andino colombiano a 2580 m.s.n.m. (Sopo, Cundinamarca), donde se incluía arreglos con *Acacia decurrens* solo o asociado a *Acacia melanoxyton* o con *Alnus acuminata*, sembrando a distancias de dos m entre árboles. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos, T₁ (testigo: sin árboles), T₂ (aliso), T₃ (*Acacia decurrens*), T₄ (*Acacia melanoxyton*), T₅ (Aliso + *Acacia decurrens*), T₆ (Aliso + *Acacia melanoxyton*) y T₇ (*Acacia decurrens* + *Acacia*

melanoxylon). A los seis meses de establecidos los arreglos se evaluó la calidad del suelo y el cambio en la pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En las tablas 9, 10 y 11 se presentan los resultados de este estudio.

Tabla 9. Análisis físicos y químicos iniciales y finales del suelo con *A. decurrens* y otras especies arbóreas establecidas en Sopo (Cundinamarca).

Prof	Textura		pH		M.O (%)		P		S		AL+H		SAT.AL %		Al	
	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.	Ini.	Fin.
							mg/Kg		mg/Kg		Cmol/kg					
20	FA	FAr	5,2	5,8	3,9	5,0	17	23	9	10	0,4	0,2	5	0,0	0,2	--
20	FA	ArA	5,4	5,8	2,5	5,1	10	35	3	8	0,2	0,2	0	0,0	0,0	--
40	ArA	FAr	5,6	6,0	6,8	4,1	24	25	16	14	6,4	0,2	--	0,0	N.D	--
40	ArA	FAr	5,8	6,0	5,0	4,7	13	12	12	6	0,2	0,2	--	0,0	N.D	--

PROF: Profundidad, TEXT: Textura, F: franco, A: arena, Ar: Arcilla, MO: Materia orgánica, P: Fósforo, S: Azufre, AL+H:, SAT AL: Saturación de aluminio.

Fuente: Flórez y Umaña, (2006).

Tabla 10. Cationes de Cambio iniciales y finales del suelo con *A. decurrens* y otras especies arbóreas establecidas en la finca Santa María (Sopo, Cundinamarca).

Prof.	Ca		Mg		K		Na		CICE		CE	
	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.
					cmol (+) /kg						ds/m	
20	2,6	6,8	0,3	3,1	0,24	0,42	0,27	0,4	3,8	10,9	0,6	0,3
20	2,0	4,7	0,2	2,6	0,12	0,61	0,27	0,4	2,8	8,5	0,3	0,3
40	2,8	5,7	0,9	2,9	0,29	0,21	0,15	0,6	10,5	9,6	0,5	0,3
40	4,1	5,5	1,3	3,6	0,14	0,38	0,21	0,6	5,9	10,2	0,4	0,3

Ca: Calcio, K: Potasio, Na: Sodio, CICE: Capacidad de intercambio Catiónico efectivo, C.E.: Conductividad eléctrica.

Fuente: Flórez y Umaña, (2006).

Tabla 11. Fraccionamiento de carbohidratos y proteínas de pastos finca Santa María (Sopo, Cundinamarca) con *A. decurrens* y otras especies arbóreas antes y después de establecidas.

Análisis	Inicial	Final
PC %	16,93	14,91
FDN %	56,38	59,22
FDA %	21,61	22,87
Hemicelulosa %	34,76	36,35
Lignina %	3,23	5,86
Celulosa %	18,31	18,40
Proteína A (NNP) %	0,48	0,53
Proteína B1 %	30,53	36,01
Proteína B2 %	31,32	29,46
Proteína B3 %	29,98	28,46
Proteína C %	5,92	5,51
Proteína sol /buffer	32,76	36,55

Fuente: Flórez y Umaña (2006).

Para este estudio se puede ver que los valores nutricionales en general desmejoraron a los seis meses de establecidos los sistemas silvopastoriles, los autores atribuyen esto al envejecimiento de la pradera durante el período de establecimiento. Ellos también concluyeron que algunas de las variables analizadas en suelo mejoraron por efecto de la implementación de los árboles en los potreros destinados a los modelos de silvopastoreo, entre las que se destacan Materia Orgánica, pH, Calcio, Nitrógeno, Fósforo y Potasio; indicando que la siembra de esta especie de árboles sí aporta al mejoramiento del suelo, incluso en las primeras etapas de establecimiento de los sistemas.

Flórez y Umaña (2006), también determinaron la producción de forraje con y sin árboles, la cual fue mejor cuando se establecieron los arreglos silvopastoriles. Estos resultados se muestran en la tabla 12, indicando que los sistemas silvopastoriles cuando está presente la *A. decurrens* mejoran la producción de forraje verde y materia seca generando una mayor oferta de pasto para los animales rumiantes, aunque resaltan que el considerable aumento en la disponibilidad de

forraje verde pudo estar relacionado a que las praderas presentaron un periodo de descanso cercano a los diez meses, debido a que no tuvieron ningún uso antes de hacer la siembra ni durante el establecimiento de las arbóreas (a los 6 meses), lo que aumentó significativamente la cantidad de forraje.

Tabla 12. Disponibilidad de forraje verde y materia seca antes y seis meses después de la siembra con *A. decurrens* y otras especies arbóreas finca Santa María (Sopo, Cundinamarca).

PARÁMETROS	Inicial	Final
Forraje verde gr./m ²	2.591	7.136,61
Materia seca gr./m ²	855,03	2319,39

Fuente: Flórez y Umaña, (2006).

Giraldo, (2003), evaluó el comportamiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en asocio con *A. decurrens* en alta densidad (1110 árboles/ha), baja densidad (407 árboles/ha) y testigo (sin árboles) y encontró una menor producción del pasto con alta (1397 Kg MS/ha/ciclo) y baja densidad (2084 Kg MS/ha/ciclo) que en el grupo control sin árboles (2130 Kg MS/ha/ciclo), pero reporta una mayor biomasa comestible total (kg MS/ha) a densidad baja (3462) y alta (2378) comparado con el control (2130), esto debido a que se incluye la biomasa producida por la Acacia y que puede ser utilizada para la alimentación del ganado ofreciendo ventajas, ya que se aumentó la oferta forrajera con la inclusión del sistema silvopastoril.

Giraldo, (2003), observó que la producción del kikuyo disminuyó en alta densidad debido a un exceso de sombra (50% más cobertura). Se encontró una menor proporción de *Pennisetum clandestinum* para la alta densidad, atribuyéndolo a que la mayoría de pastos tropicales son C₄, y según Ludlow *et al.* (1980), citados

por Giraldo (2003) (tabla 13), esta clase de plantas tienen una capacidad limitada para aclimatarse y tolerar la sombra, pero Barroso *et al.* (2005), comentan que poseen baja exigencia en agua y alta tasa de fotosíntesis neta, lo que se traduce en un mayor desarrollo de biomasa, acompañada de unas menores exigencias de nitrógeno edáfico.

Tabla 13. Producción de *P. clandestinum* bajo un sistema silvopastoril con *A. decurrens* a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).

Parámetro	Testigo	Baja densidad	Alta densidad
Producción de pasto (kg MS/ha/ciclo)	2 130 ^a	2 084 ^a	1 397 ^b
Biomasa comestible árbol (g MS/árbol)	.	3 386 ^a	884 ^a
Biomasa comestible total* (kg MS/ha)	2 130 ^a	3 462 ^b	2 378 ^a
Leña por árbol (kg Material Verde)	.	8,5 ^a	1,7 ^a
Porcentaje de kikuyo	88,95 ^a	93,05 ^a	79,82 ^b
Porcentaje de otras gramíneas	8,12 ^a	3,74 ^b	11,78 ^a
Porcentaje de malezas	2,94 ^a	3,03 ^a	8,85 ^a

* Producción de pasto más biomasa comestible proveniente de *A. Decurrens* de 18 meses de edad. Medias dentro de líneas con letra similar, no difieren significativamente según Duncan ($p < 0,05$).

Fuente: Giraldo, (2003).

La producción de forraje comestible proveniente de la acacia fue de 1,4 y 1,0 ton MS/ha para baja y alta densidad respectivamente, pero el autor comenta que fue inferior a la obtenida en ensayos preliminares en Piedras Blancas (Medellín) donde se produjo en dos años 4,0 ton/ha de forraje seco, arreglo establecido a una distancia de 2,7 x 2,7 m y con 1 371 árboles /ha (Escobar, 1993, citado por Giraldo, 2003). Esta diferencia se presenta posiblemente a que al año de establecida la *A. decurrens* las vacas en producción la están ramoneando con buen consumo.

En cuanto a la calidad del pasto kikuyo no se presentaron diferencias estadísticas significativas bajo los tres sistemas evaluados en cuanto a PC, FDN y FDA (Tabla 14) pero el pasto tuvo la tendencia de tener mayor contenido de proteína en la alta densidad.

Tabla 14. Parámetros nutricionales de *P. clandestinum* bajo un sistema silvopastoril *A. decurrens* a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).

Tratamiento	PC	FDN	FDA	Degradabilidad
Baja Densidad	14,09 a	66,92 a	36,78 a	62,48 b
Alta Densidad	16,44 a	66,36 a	38,29 a	61,98 b
Testigo	15,70 a	67,52 a	30,08 a	74,48 a

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de T.

Fuente: Giraldo, (2003).

Giraldo (2003), también determinó la producción de leche de las vacas (seis animales Holstein de 600 Kg) mantenidas en pastoreo rotacional a razón de seis animales/Ha con un ciclo de siete días de ocupación y 53 de descanso, siendo significativamente inferior en alta densidad (14,03 litros/d), mientras que no encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el grupo testigo (15 litros/d) y con baja densidad de siembra del árbol (16,6 litros/d). Esto debido a la menor producción de forraje con el tratamiento a alta densidad de siembra de la *A. decurrens*.

En cuanto al suelo, en este estudio la compactación fue significativamente superior ($p < 0,05$) en el potrero sin presencia de árboles, en las diferentes mediciones y presentó una tendencia a seguir incrementando, indicando que la presencia de los árboles mejora la estructura del suelo. La *A. decurrens* a los 28 meses de establecida, por medio de la hojarasca que cae al suelo le aporta nutrientes como P, N y K (Tabla 16) y materia orgánica, importantes para el crecimiento de los pastos y el reciclaje de nutrientes que hace este sistema.

Schlatter, Gerding y Calderón (2006), dicen que la hojarasca cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y humedad, retornando elementos nutritivos en una cantidad importante. Por descomposición y mineralización de las sustancias orgánicas, los elementos nutritivos son liberados a la solución del suelo y

constituyen un abastecimiento para los propios árboles, además de servir de alimento a la fauna y flora heterótrofa (Tabla 15).

Tabla 15. Producción de hojarasca y reciclaje de P y K bajo un sistema silvopastoril con *A. decurrens* a dos densidades de siembra Finca Paysandú (Medellín).

Parámetro	Densidad	
	Alta	Baja
Materia seca (kg./ha/año)	1086	367,5
Porcentaje de P (%)	0,06	0,05
Porcentaje de K (%)	0,07	0,09
Porcentaje de N (%)	15,2	13,7
Total de P reciclado (kg/ha/año)	6,52	1,83
Total de K reciclado (kg/ha/año)	76,02	33,07
Total de N reciclado (kg/ha/año)	16,5	5,03

Fuente: Giraldo, (2003).

Se han realizado otros estudios con *A. decurrens* con pastos diferentes al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Torres *et al.* (2009), en un ensayo hecho en el Centro Experimental de Botana, Universidad de Nariño (Pasto) a 2820 msnm, determinaron la influencia de la *Acacia decurrens* sobre algunos componentes del pasto Aubade o Raigrás Italiano (*Lolium multiflorum* Lam) respecto a altura de plantas, forraje verde, relación hoja: tallo y porcentaje de materia seca.

Ellos utilizaron seis tratamientos en un área de 143 m² que correspondieron a diferentes distancias de siembra del pasto *Lolium multiflorum* Lam con respecto a la base del tallo de árboles de *Acacia decurrens* de dos años de edad, se hicieron evaluaciones incrementando su valor cada 0,5 m, con los siguientes tratamientos: **T₁**: de 0 a 0,5 m; **T₂**: 0,5 a 1 m; **T₃**: 1 a 1,5 m; **T₄**: 1,5 a 2 m, **T₅**: 2 a 2,5 m y **T₆**: 2,5 a 3 m, sembrados en línea para evitar interferencia del surco siguiente (Tabla 16).

Tabla 16. Producción de forraje verde y M.S del pasto *Lolium multiflorum* Lam bajo un sistema silvopastoril con *A. decurrens* Centro Experimental de Botana Pasto (Nariño).

(ALTURA, cm)		FORRAJE VERDE (tn/ha)		RELACION HOJA:TALLO		% DE MATERIA SECA	
TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO	TRAT	GRUPO
1 (0 a 0.5 m)	58.75a	1 (0 a 0.5 m)	60.02a	1 (0 a 0.5 m)	4.2025a	4 (1.5 a 2 m)	9.06a
2 (0.5 a 1 m)	50.75ab	2 (0.5 a 1 m)	59.65a	2 (0.5 a 1 m)	3.5200ab	3 (1 a 1.5 m)	8.56ab
3 (1 a 1.5 m)	40.25bc	3 (1 a 1.5 m)	33.6b	3 (1 a 1.5 m)	3.080abc	6 (2.5 a 3 m)	6.77abc
4 (1.5 a 2 m)	32.0cd	5 (2 a 2.5 m)	32.8b	4 (1.5 a 2 m)	2.355bc	5 (2 a 2.5 m)	6.72abc
6 (2.5 a 3 m)	28.0cd	6 (2.5 a 3 m)	28.8b	6 (2.5 a 3 m)	2.120bc	1 (0 a 0.5 m)	5.51bc
5 (2 a 2.5 m)	26.5d	4 (1.5 a 2 m)	23.7b	5 (2 a 2.5 m)	1.8675c	2 (0.5 a 1 m)	4.97c

Promedios dentro de una misma línea con letra similar, no difieren significativamente según prueba de Tukey ($p < 0.01$).

Fuente: Torres *et al.*, (2009).

Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$) para las variables correspondientes a altura (cm), producción de forraje verde (FV) (ton/ha), relación hoja tallo (RH:T) y porcentaje de materia seca (% MS) del pasto *Lolium multiflorum*. La tendencia fue que entre menor fue la distancia de siembra del pasto con respecto al tallo de la *A. decurrens*, se presentó una mayor altura del pasto y producción de forraje verde de la gramínea, pero en cuanto a la materia seca la tendencia fue contraria con un mayor porcentaje a distancias de siembra más lejanas.

Torres *et al.*, (2009), comentan que el resultado positivo en altura del pasto sembrado de 0 a 0,5 y 0,50 a 1 m pudo deberse a que *Acacia decurrens* es una leguminosa que aporta nitrógeno al suelo por su simbiosis con microorganismos del suelo como especies de bacterias de género *Rhizobium*, produce hojarasca, se aumenta el porcentaje de MO y nutrientes en la zona de plateo y también es posible que la genética del pasto *Lolium multiflorum* Lam permita esta condición de resistencia al sombreado.

Bueno y Camargo (2015), dicen que la asociación simbiótica de leguminosas forrajeras ricas en bacterias del género *Rhizobium* mejora el contenido de nitrógeno y el desarrollo de la gramínea asociada. Las bacterias de este género se presentan en condiciones naturales cuando las cepas están presentes en el suelo, aunque las semillas pueden ser inoculadas antes de ser sembradas.

Torres *et al.* (2009), encontraron un efecto positivo del árbol en la pastura sembrada a menores distancias posiblemente porque la *A. decurrens* incorpora nutrientes al suelo por la hojarasca que cae, la que se descompone liberando nutrientes que la gramínea aprovecha. Ellos concluyen que el pasto aubade *Lolium multiflorum* Lam sembrado bajo influencia de la copa del árbol, es una buena alternativa para implementar sistemas silvopastoriles y como fuente de alimentación animal, presentando valores considerables de forraje verde (FV) y contenidos de MS (%).

3.3. La *Acacia decurrens* y su utilización como suplemento para el ganado.

Se han realizado varios estudios del uso del follaje de *A. decurrens* como suplemento alimenticio en rumiantes, debido a su buen valor nutricional, este árbol se convierte en una gran alternativa para su utilización en el trópico alto andino colombiano donde la oferta de forrajeras arbustivas es más limitada que en el trópico bajo.

Fernández *et al.* (1999), en Medellín a 2350 m.s.n.m, evaluaron la respuesta de *A. decurrens* como suplemento en vacas Holstein (seis animales entre 550 y 650

kg) en pastoreo midiendo variables como producción de leche y contenidos de sólidos totales, proteína y grasa en leche.

Utilizaron tres tratamientos: T₁: Pastoreo con kikuyo más suplementación con *A. decurrens* fresca a razón de 0,65 % del peso (base seca) y balanceado comercial en un 0,15% del peso vivo (P.V) más un kg de melaza; T₂: Pastoreo con kikuyo más suplementación con *A. decurrens* a razón del 0,4 % del P.V (base seca) y balanceado comercial en un 0,4% del P.V más un kg de melaza; T₃: Pastoreo con kikuyo más suplementación con balanceado comercial a razón del 0,8 % del P.V más un kg de melaza.

En cuanto al análisis químico de la Acacia se encontraron valores de MS de 48,72%, digestibilidad ruminal in situ a 48 horas de incubación intraruminal de 50,04%, PC de 14,86%, FDA de 31,40%, FDN de 45,25% y EM de 1,81 Mcal/Kg. La *A. decurrens* aportó 594 gr/día/vaca de PC en T₁ y 356 gr/día/vaca de PC en T₂. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en cuanto a producción de leche, ni en variables medidas en leche como sólidos totales, proteína y grasa. Según estos resultados se podría hacer un remplazo del balanceado comercial por la Acacia hasta en un 85% sin afectar de forma considerable la producción de leche y su calidad (tabla 17).

Tabla 17. Producción de leche, contenido (%) de proteína, grasa y sólidos totales de leche de vacas suplementadas con Acacia y balanceado.

Tratamiento	Prod. Leche (kg/vaca/día)	Proteína	Grasa	Sólidos Totales
1	14.00 a	2.71 a	3.28 a	11.55 a
2	15.02 a	2.90 a	3.60 a	12.10 a
3	15.72 a	2.81 a	3.53 a	11.80 a

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas Tukey (0,05)

Fuente: Fernández *et al.*, (1999).

Betancourt *et al.* (2012), en Pasto (Nariño) a 2720 m.s.n.m evaluaron la producción y calidad de la leche con dieta basada en pastoreo de pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y suplementando con desperdicio de papa (*Solanum tuberosum*) y follaje de *A. decurrens* realizando el ensayo en 15 vacas de raza Holstein de segundo tercio de producción y 500 kg de peso por un tiempo de 50 días. Utilizaron cinco tratamientos en donde la Acacia tuvo niveles de inclusión de los dos a cinco kg y compararon contra un grupo control a base de pastoreo con kikuyo y balanceado.

Los resultados muestran que para la densidad en la leche no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) pero en cuanto a la proteína y grasa si existieron diferencias. También determinaron la composición química del follaje de *A. decurrens* (tabla 18), presentando alto nivel de proteína cruda, bajos niveles de FDN y FDA atribuyéndolo a que el corte se realizó en el tercio superior del árbol donde estaba menos lignificado por consiguiente con bajo contenido de hemicelulosa. La energía bruta fue de 3200 Kcal/kg que es un buen valor energético, aunque Medrano (1999) encontró un valor alto de 5120 Kcal/kg de EB (tabla 1). Esta planta resultó ser una buena fuente de suplemento para la alimentación de las vacas.

Tabla 18. Composición química follaje *A. decurrens* Centro Experimental Fedepapa, Pasto (Nariño).

Nutriente	Unidad	Valor
Materia seca	%	40,25
Proteína cruda	%	20,33
Fibra cruda	%	23,23
Extracto etéreo	%	3,72
Cenizas	%	4,67
FDN	%	39,25

Nutriente	Unidad	Valor
FDA	%	34,56
Celulosa	%	19,37
Hemicelulosa	%	4,69
Lignina	%	4,69
Calcio	%	1,10
Fósforo	%	0,14
Energía bruta	Mcal/kg	3,29

Fuente: Betancourt *et al.*, (2012).

En la tabla 19 se presentan los resultados en cuanto a densidad, proteína y grasa en leche y producción láctea para los diferentes tratamientos evaluados. Se evidencia una tendencia al aumento de grasa y proteína en leche a medida que se aumentó la inclusión de Acacia en la suplementación de las vacas, pero hay que tener en cuenta que en los tratamientos se subió la cantidad de suplemento suministrado, aumentando de esta forma los nutrientes que las vacas consumieron, lo que pudo influir en los resultados.

Tabla 19. Producción de leche, porcentaje de grasa y proteína en leche, densidad de leche, con suplementación de *A. decurrens* y *S. tuberosum*.

Tratamientos (todos incluyeron 200 g melaza)	Producción leche (L/día)	Grasa en leche (%)	Proteína en leche (%)	Densidad de leche (gr/cc)
0 (pastoreo + 4 kg balanceado)	9,32 a	3,22 c	2,69 b	1,030 a
1 (pastoreo + 1 kg papa + 2 kg Acacia)	9,1 a	3,31 bc	2,96 ab	1,029 a
2 (pastoreo + 2 kg papa + 3 kg Acacia)	9,95 a	3,42 bc	2,99 ab	1,030 a
3 (pastoreo + 3 kg papa + 4 kg Acacia)	8,67 a	3,49 ab	2,95 ab	1,031 a
4 (pastoreo + 4 kg papa + 5 kg Acacia)	8,04 a	3,74 a	3,15 a	1,032 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significantes ($p < 0,05$) Tukey

Fuente: Betancourt *et al.*, (2012).

Ayala *et al.* (2013), evaluaron el nivel de aceptación de tres especies arbóreas (*A. decurrens*, *Sambucus nigra* y *Dahlias imperialis*) en cuatro novillas raza Holstein en un estudio realizado en Ubaque (Cundinamarca). Suministraron dos kg de follaje fresco de cada planta por animal colocándolo en comederos separados

para que los animales seleccionaran el de mayor gusto; determinaron variables como consumo voluntario, tiempo de consumo y número de visitas por especie.

Ayala *et al.* (2013), realizaron análisis químico de la *A. decurrens* (edad de 240 días de rebrote) encontrando valores de PC 20,8%, FDN 44,5%, FDA 25,4% y DIVMS 23,7%. El forraje presentó alto valor proteico pero una baja DIVMS, Di Marco O. (2011), evidencia que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína cruda (PC) (Tabla 20).

Tabla 20. Consumo, tiempo de consumo y número de visitas de tres especies arbustivas con potencial forrajero.

Especie	No. Visitas totales	Tiempo de consumo (min)	Visitas con consumo (%)	Consumo g/animal/ día
Dhalias imperialis	382	5,37 a	75,9	1406,5 ab
Sambucus nigra	362	6,44 a	86,5	1658,5 b
Acacia decurrens	372	6,54 a	86	1272,6 a

Letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Prueba de Tukey.

Fuente: Ayala *et al.*, (2013).

Según estos resultados la *A. decurrens* tuvo buena aceptabilidad por parte de las novillas consumiendo el forraje ofrecido en un alto porcentaje, aunque el consumo fue menor que las otras especies arbóreas presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) con *S. nigra*. A pesar que los animales lo consumieron en menor cantidad, se puede decir que su follaje tiene buena gustosidad y es una alternativa forrajera para bovinos del trópico alto andino colombiano.

Giraldo (2003), reportan que la *A. decurrens* mostró alto contenido de proteína cruda y bajo contenido de pared celular cuando fue establecida a una alta densidad de siembra asociada a *P. clandestinum*. También presentó baja

degradabilidad ruminal a las 48h, debido posiblemente a la presencia de taninos de la Acacia (5,4% de fenoles totales) (Tabla 21).

Tabla 21. Parámetros nutricionales de *A. decurrens* en sistema silvopastoril con *P. clandestinum*.

Tratamiento	PC	FDN	FDA	Degradabilidad
Baja densidad (407 árboles/ha)	14,7 a	67,55 a	35,89 b	41,7 a
Alta densidad (1 110 árboles/ha)	16,3 a	45,95 b	48,56 a	47,8 a

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Fuente: Giraldo, (2003).

Carvajal *et al.* (2012), evaluaron la *A. decurrens* como suplemento para vacas lecheras. El estudio tuvo como objetivo lograr una sustitución parcial del alimento balanceado por follaje arbóreo de *Acacia decurrens* y saúco (*Sambucus nigra*), sin afectar la producción de leche. El ensayo se desarrolló en la finca Roncesvalles, en la Sabana de Bogotá (Cundinamarca) a 2600 msnm y se realizaron tres experimentos, en los que se probaron tres dietas con inclusión de forraje de *A. decurrens* y *S. 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 usaron 12 vacas Jersey de 400 kg de peso vivo.

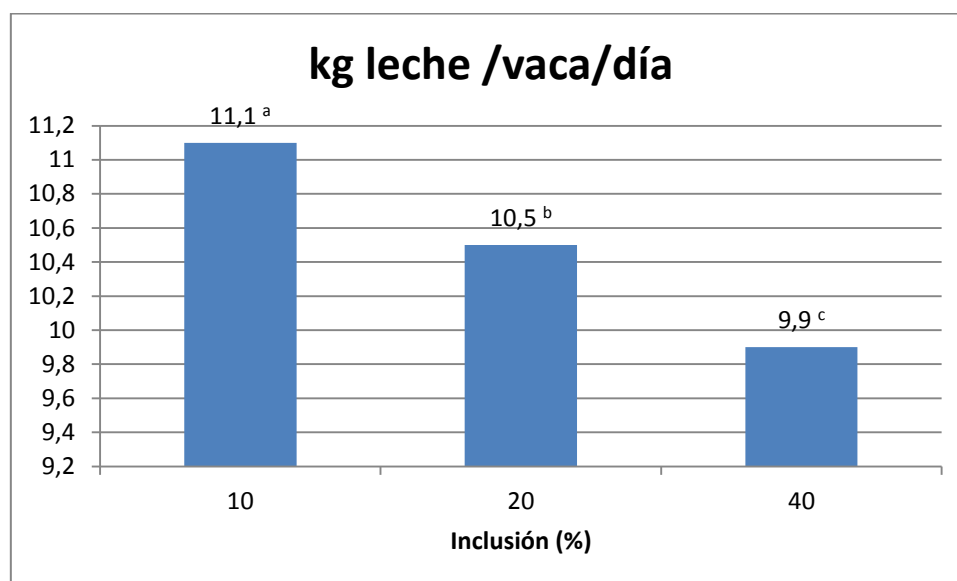
Por el manejo en las granjas, las vacas en esta etapa de lactancia recibían tres kg de alimento balanceado comercial /animal/día. Los experimentos uno y dos consistieron en la sustitución del alimento balanceado por forraje de acacia y saúco a razón del 10, 20 y 40%. Para el experimento tres se sustituyó el balanceado por 10% de *A. decurrens* y 20% de *S. nigra* y se incluyó un tratamiento únicamente a base de balanceado comercial. Durante la fase experimental las vacas pastoreaban en pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) dividida por cercas eléctricas con carga animal de un animal por hectárea. El tiempo de recuperación del pasto fue de

45 días y la ocupación de las franjas fue de siete días, con un tiempo aproximado de pastoreo de 18 horas/día. El follaje de la *A. decurrens* se cortó de praderas con cercas vivas de cinco años de sembradas (un árbol cada dos m).

Se realizó análisis químico nutricional del follaje la *A. decurrens* y se obtuvieron resultados de MS de 37,5%, de PC de 14,1% Fracción de Proteína (B2 + B3 + C) de 78,2%, Fracción de Proteína (A + B1) de 21,8%, Taninos de 8,1% y negativo a saponinas. El forraje de *A. decurrens* que se obtuvo en las fincas del ensayo mostró alto valor nutricional cuando se cortó a los 45 días, momento en el que se incluyó en las raciones balanceadas del ensayo, obteniéndose una producción de forraje en seis cortes de 4,5 t de MS/año.

En cuanto a la producción de leche en el tratamiento uno, de acuerdo con el porcentaje de inclusión del forraje de *A decurrens*, se obtuvieron mejores resultados cuando se sustituyó el 10% (11,1 Kg/vaca/día) de la proteína bruta del balanceado de la dieta, y una menor producción, con el 40% (9,9 Kg/vaca/día) y se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$) entre los niveles de sustitución (Gráfica 1).

Gráfica 1. Producción de leche con niveles de inclusión de *A. decurrens* finca Roncesvalles Sabana de Bogotá (Cundinamarca).

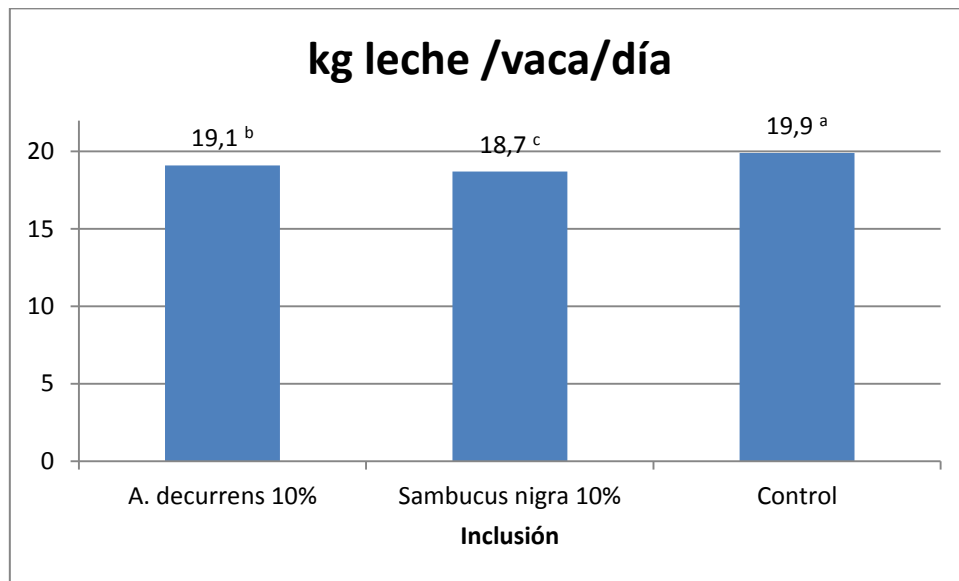


Valores con diferentes superíndices difieren a $**p<0,01$, prueba de Duncan.

Fuente: Carvajal *et al.*, (2012).

Para el tratamiento tres donde se evaluó 10% de inclusión de *A. decurrens*, 20% de *Sambucus nigra* comparado con el balanceado comercial, los mejores resultados en producción de leche se alcanzaron con la dieta control donde se usó el balanceado comercial (Gráfica 2) y la producción fue de 19,9 kg diarios, presentándose diferencias estadísticas significativas ($p<0,01$) con *A. decurrens* al 10% (19,1 kg), la producción fue equivalente al 96% del tratamiento control. Desde el punto de vista económico, la inclusión de la *A. decurrens* en las dietas permitió un ahorro significativo por reducción de costos en la compra de balanceados comerciales, ahorrando 0,12 USD/vaca/día, lo que significa una ventaja en la rentabilidad de la producción lechera.

Gráfica 2. Producción de leche con dos niveles de inclusión de arbóreas y balanceado finca Roncesvalles Sabana de Bogotá (Cundinamarca).



Valores con diferentes superíndices difieren a ** $p < 0,01$, prueba de Duncan
Fuente: Carvajal *et al.* (2012).

Carvajal *et al.* (2012), reportan que la *A. decurrens* tiene un importante valor nutricional con buenos niveles de FDN y FDA para ser usado como forraje en la alimentación del ganado lechero, y también destacan su contenido de taninos. Según Waghorn *et al.* (1987), los taninos condensados pueden ser benéficos para los rumiantes mejorando su producción, si son consumidos en cantidades moderadas los efectos por lo general son positivos y no reducen el consumo voluntario. Estos metabolitos al unirse y formar complejos con la proteína de la dieta, evitan su degradación a nivel ruminal, aumentando la cantidad de amino ácidos que llegan al abomaso y la cantidad de amino ácidos esenciales que son absorbidos.

Londoño *et al.* (1999), suplementaron terneras Blanco Orejinegro (BON) x Holstein de ocho a nueve meses de edad durante 100 días y con peso promedio de 183 Kg utilizando dos tratamientos, T₁: 0% y T₂: 100% de sustitución de balanceado comercial (20% PC) por hojas frescas de *Acacia decurrens* usando kikuyo

(*Pennisetum clandestinum*) como fuente alimenticia principal. Para este estudio no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos para la ganancia diaria promedio de peso (T_1 : 594,9g y T_2 : 638,8g), pero fue mayor en el tratamiento dos con diferencia de 43,9 g/animal/día.

Los autores dicen que la Acacia posee sustancias tales como los polifenoles, los cuales la protegen en parte de ser degradada a nivel ruminal, pudiendo ser considerada como una fuente proteica de baja degradabilidad ruminal lo que explicaría la mayor ganancia de peso en los animales. También que hay un beneficio económico y ambiental al utilizar *A. decurrens* reemplazando parte del balanceado en la alimentación de terneras Holstein de altos requerimientos nutricionales en hatos de trópico alto andino colombiano.

González (2005), en el municipio de Ubaque (Cundinamarca), evaluó un suplemento durante 60 días conformado por: *Acacia decurrens*, papa (*Solanum tuberosum*), chusque de páramo (*Chusquea scadens*), semilla de algodón, palmiste y ensilaje de maíz, contra una dieta control de balanceado comercial y fue balanceado por el CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). Para esto utilizaron seis animales de la raza Holstein mínimo en su segunda lactancia y que estaban en el primero y segundo tercio de lactancia.

Durante el ensayo las vacas fueron tenidas en 10 praderas experimentales conformadas por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en 60%, falsa poa (*Holcus lanatus*) 5%, ryegrass (*Lolium spp*) 30% y trébol blanco (*Trifolium repens*) en 5%, con área aproximada de dos ha. cada una, para una extensión total de 20 ha. Se determinaron periodos de 70 días de ciclo de pastoreo, con una ocupación de siete días y 60 días de descanso utilizando cerca eléctrica.

Los tratamientos evaluados fueron:

T₁: Pastura experimental y suplementación con balanceado comercial.

T₂: Pastura experimental y una suplementación con papa (*Solanum tuberosum*), chusque de páramo (*Chusquea scadens*), denominado mezcla húmeda y semilla de algodón, silo de maíz, palmiste y acacia negra (*Acacia decurrens*), denominada mezcla seca.

Las cantidades de forrajes suministrados en las dietas se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Cantidad de forrajes suministrados en dietas para vacas Holstein, Ubaque (Cundinamarca).

	Alimento	Kg/vaca/día
	Balanceado comercial	4
	Kikuyo (<i>P. Clandestinum</i>)	25
	Ryegrass (<i>Lolium spp</i>)	9,5
Mezcla húmeda	Papa	6,8
	Melaza	0,21
	Chusque de páramo	0,97
Mezcla seca	Semilla de algodón	1,0
	Silo de maíz	0,77
	Acacia negra (<i>A. decurrens</i>)	0,90
	Palmiste	1,0
	Ryegrass (<i>Lolium spp</i>)	9,5
	Kikuyo (<i>P. clandestinum</i>)	25

Fuente: González, (2005).

La *A. decurrens* se incluyó en la mezcla seca en una cantidad de 900 g. Se utilizaron acacias de 15 años de edad aproximadamente, altura de ocho m y con un diámetro promedio a la altura del pecho de 84 cm. El análisis químico nutricional de esta arbustiva en este ensayo con fraccionamiento de la proteína se presenta en la tabla 23.

Tabla 23. Composición nutricional *A. decurrens* Ubaque (Cundinamarca)

Proteína Cruda (%)	17,59
Humedad (%)	46
FDN (%)	39,99
FDA (%)	19,09
Hemicelulosa (%)	20,90
Lignina (%)	5,08
Celulosa (%)	14,43
Fracción A Proteína (% PC)	4,10
Fracción B1 Proteína (% PC)	26,38
Fracción B2 Proteína (% PC)	35,26
Fracción Proteína B3 (% PC)	22,54
Fracción C Proteína (% PC)	11,72
Proteína soluble (A+ B1)	30,48

Fuente: González, (2005).

Para hacer la simulación con el CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) de la respuesta animal se tuvieron en cuenta los datos climatológicos de la zona. La Producción de leche fue medida en dos ordeños individualmente, en cada una de las vacas experimentales. Las variables de repuesta del animal en leche fueron: nitrógeno ureico, grasa y proteína, al inicio, mitad y final del experimento.

En cuanto a la producción de leche diaria se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$) entre los dos tratamientos, donde la mayor producción se logró con la dieta experimental (T_2) con un promedio de 19,5 L/vaca/día, frente a 14,7 L/vaca/día de la dieta control (T_1), lo que representó un beneficio en la dieta donde se utilizó la *A. decurrens* como uno de los ingredientes. Para la variable nitrógeno ureico en leche se presentaron diferencias entre los dos tratamientos, en T_1 el valor fue más alto, González (2005), dice que esto se relaciona con la cantidad de proteína en la dieta, significa que hay excesos de nitrógeno, originados primordialmente por la degradación ruminal de la proteína, solubilidad de la misma y energía de la ración.

Godden *et al.*, (2001), citados por Sánchez (2016), reportaron una asociación positiva entre el nitrógeno ureico en leche (MUN) y variables nutricionales de las vacas como la concentración de proteína cruda (PC), proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR) contrario a la asociación negativa entre el MUN y la concentración de carbohidratos no fibrosos (CNF). Los valores de MUN (nitrógeno ureico en leche), proteína y grasa en leche medidos en tres tiempos del ensayo se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Contenido de Proteína, Grasa y MUN en leche

Tratamiento	Inicio 4 días			Mitad 45 días			Final 67 días			
	Proteína	Grasa	MUN	Proteína	Grasa	MUN	Proteína	Grasa	MUN	MUN
T1	2.74	2.75	20	2.92	3.77	21.33	2.93	3.65	12.66	17.99
T2	3.02	3,78	17	2.82	3.47	19.6	3,1	3,4	10.2	15.6

Fuente: González, (2005).

En cuanto a la proteína cruda y grasa en la leche, no se presentaron grandes diferencias en los tres periodos de tiempo evaluados. Para el T₂ donde se incluyó *A. decurrens* la proteína cruda estuvo en valores de 2,82 a 3,1% y la grasa en 3,4 a 3,78%.

González (2005), concluye que no hay diferencia en calidad de la leche, proteína y grasa, cuando se utiliza la *Acacia decurrens* y una gramínea como el chusque de páramo comparadas con vacas lecheras a las que se les suministra un balanceado comercial.

Los forrajes de clima frio tienen buen contenido de proteína pero un buen porcentaje se degrada a nivel ruminal. Por ejemplo, Bolívar *et al.* (2009), reportan que el pasto ryegrass (*Lolium multiflorum*) tiene altos contenidos de proteína, pero gran parte es degradada en el rumen y excretada como urea en la orina. Estas

pérdidas pueden ser contrarrestadas suplementando con fuentes naturales de taninos. Por esta razón, se han realizado estudios con raygrass (*Lolium multiflorum*), maralfalfa (*Pennisetum* sp), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con suplementación de *A. decurrens* como fuente de taninos naturales para aportar proteína de sobrepaso, ya que reducen la degradación proteica en el rumen.

En estos estudios Bolívar *et al.* (2009), evaluaron el efecto de la *A. decurrens* sobre la fermentación ruminal invitro en pasto kikuyo, maralfalfa y raygrass. Los tratamientos fueron nivel de inclusión de Acacia en un 0, 20 y 40% y con presencia o ausencia de polietilenglicol (PEG). Para todos los casos la Acacia disminuyó el volumen final de gas, sin la adición del PEG se disminuyó: la degradación de la PC y de la FDN, los ácidos grasos volátiles y la producción del gas metano. En estos ensayos se evidenció que con la adición de taninos presentes en *A. decurrens*, se afectaron los parámetros de fermentación ruminal.

Similar a estos estudios, Ramírez, Peralta y Cortés (2015), realizaron un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de varios niveles de inclusión de *A. decurrens* y *S. nigra* sobre la utilización de nitrógeno a nivel ruminal y abomasal en condiciones in vitro, midiendo variables como degradación de proteína y FDN, y concentración de amoníaco. Los tratamientos fueron: T₁: 70% Kikuyo + 30% sauco; T₂: 70% Kikuyo + 15% acacia + 15% sauco; T₃: 70% Kikuyo + 30% acacia. También estos forrajes se manejaron sin y con adición de Polietilenglicol (se une a los taninos condensados inhibiendo su actividad sobre la proteína).

En este estudio se encontró que a medida que aumentaron el nivel de inclusión de *A. decurrens* sin adición de PEG se redujo la degradabilidad de la proteína y FDN al igual que disminuyó la concentración de amoníaco.

La presencia de taninos condensados (TC) en la *Acacia decurrens* puede ser beneficiosa para evitar la degradación de la proteína a nivel ruminal cuando se suministran pastos de trópico alto a las vacas, sobrepasando el rumen y llegando al intestino delgado. Sin embargo, según Tiemann (2004), muchas leguminosas arbustivas contienen concentraciones variables de estos taninos condensados que pueden tener efectos benéficos, perjudiciales o hasta tóxicos para los rumiantes, por tal razón hace falta mayor investigación con la presencia de estos metabolitos secundarios en esta planta y sus efectos en el animal.

3.4. Uso de *Acacia decurrens* en ensilajes y heno.

De las especies arbóreas que se pueden cultivar en trópico alto andino colombiano la *Acacia decurrens* presenta grandes ventajas nutricionales para la alimentación de los rumiantes y puede ser utilizada como forraje conservado en forma de ensilajes suministrándolo en épocas de escasez de alimento, ya que cada día los veranos son más intensos y en estas épocas el ganadero no cuenta con recursos suficientes para alimentar sus animales. Se reportan estudios sobre la conservación del follaje de esta arbustiva con conservación mixta con otras especies como gramíneas y tubérculos obteniendo buenos resultados.

Bustos y Peña (2006), en el municipio de Cabrera (Cundinamarca), evaluaron la respuesta de ovinos de lana destetos con peso aproximado de 15 Kg suplementados con heno de *A. decurrens*, en un periodo de 42 días. Para ello analizaron tres tratamientos que fueron: T₁: pasto kikuyo (*P. clandestinum*) a voluntad; T₂: heno de *A. decurrens* en 10% de la ración en base a MS (a razón de 3,5% del peso vivo) + pasto kikuyo (*P. clandestinum*) a voluntad; T₃: heno de *A.*

decurrens en 20% de la ración en base a MS (a razón de 3,5% del peso vivo) + pasto kikuyo (*P. clandestinum*) a voluntad.

Se realizó un análisis de la composición nutricional del heno de *A. decurrens*, cortado de hojas de árboles de ocho años de edad, encontrando valores de PC 19,17%, MS 41,66%, FDN 62,26%, FDA 41,39%, Lignina 9,81%, degradabilidad ruminal in situ a 48 horas 23,4%, y en cuanto al contenido de factores antinutricionales encontraron la muestra positiva a taninos y esteroides.

En cuanto a la ganancia de peso diaria se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre el grupo testigo T_1 : 117,92 g/día con referencia a T_2 : 97,17 g/día y el T_3 : 66,75 g/día (Tabla 25). A medida que se aumentó el nivel de inclusión en la ración del heno de *A. decurrens* el crecimiento diario de los ovinos se vio disminuido, Bustos y Peña (2006), reportan que esto pudo deberse a la presencia de taninos en el heno, (Dawson *et al.*, 1999), mencionan que los taninos son compuestos fenólicos conocidos por sus propiedades antinutricionales y pueden ocasionar disminución del consumo de alimento o reducción de la digestibilidad de los forrajes, y funcionamiento inadecuado del rumen.

Tabla 25. Ganancia diaria de peso con heno de *A. decurrens* en ovinos de lana

Días	T ₁ (Kikuyo)	T ₂ (Kikuyo + 10% Acacia)	T ₃ (Kikuyo + 10% Acacia)
8	0,12875	0,06975	0,0345
15	0,08075	0,07925	0,0435
22	0,07875	0,089	0,0625
29	0,11125	0,097	0,0695
36	0,1565	0,11275	0,0885
43	0,1515	0,13525	0,102
Promedio	0,11792 a	0,09717 b	0,06675 c

Tratamientos con letras distintas indican diferencias significativas. Tukey ($p < 0.05$).

Fuente: Bustos y Peña, (2006).

Apráez *et al.* (2012), en un estudio realizado en Guachucal (Nariño), evaluaron la calidad nutricional, metabolitos secundarios y palatabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. Se utilizaron cuatro tratamientos, **T₀**: Ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*) + 5% de melaza (Testigo); **T₁**: Ensilaje de avena forrajera + 30% acacia + 5% de melaza; **T₂**: Ensilaje de avena forrajera + 30% chilca + 5% de melaza y **T₃**: Ensilaje de avena forrajera + 30% sauco + 5% de melaza.

El follaje de la Acacia fue cortado en diferentes áreas de la zona de estudio y se oreó durante un tiempo de 24 horas. Se picó el forraje a un tamaño de partícula de un cm y se adicionó melaza al ensilaje en un cinco % sobre el total del forraje. Se ensiló en bolsas de polietileno y se fermentó durante 40 días.

Para hacer la prueba de palatabilidad se usaron cuatro grupos de ovinos criollos, cada uno de cuatro machos con peso, edad y estado fisiológico homogéneo, los cuales pastoreaban en praderas de kikuyo (*P. clandestinum*) *ad libitum*. En el periodo experimental se les ofreció los ensilajes dos veces al día, a las 7:00 a.m. y 5:00 p.m. más agua y sal a voluntad.

Referente a la palatabilidad, en cuanto al consumo del ensilaje en los ovinos no hubo relación con su composición química, encontrando buenas propiedades organolépticas como olor, color, textura y sabor. Los animales consumieron un promedio de 165 g de MS del ensilaje no presentando diferencias significativas con el de solo con *Avena sativa* y los demás evaluados.

Los resultados obtenidos en cuanto al análisis bromatológico del ensilaje de *Avena sativa* y de *Avena sativa* + *Acacia decurrens* se muestran en la tabla 26.

Tabla 26. Composición nutricional ensilaje de avena y *A. decurrens*.

Nutriente	Ensilaje de avena	Ensilaje de avena + Acacia decurrens
Materia seca (%)	28,78	30,04
Ceniza (%)	12,13	8,63
Extracto Etéreo (%)	3,44	2,48
Fibra Cruda (%)	38,66	44,16
Proteína (%)	11,43	11,96
ELN (%)	34,33	32,80
FDN (%)	66,96	70,90
FDA (%)	43,63	51,10
Hemicelulosa (%)	24,33	19,80
Energía Digestible (Mcal/Kg)	2,28	2,28
Ácido Láctico (%)	0,71	0,35
Ácido Butírico (%)	0,0023	0,0033

Fuente: Apráez *et al.*, (2012).

Se tuvo un buen contenido de proteína cruda para el ensilaje de avena + acacia ya que el follaje tiene un contenido aceptable (14,86% de PC, Fernández *et al.*, 1999). Villa (2008), obtuvo valores de 11,4% a los 28 días y de 10,9% a los 56 días en ensilaje de maíz en clima frío, resultados similares a los encontrados en este estudio para silo con Acacia, considerando que el silo de maíz es muy utilizado en la zona de trópico alto andino colombiano en la alimentación de rumiantes, principalmente ganado de leche. Los valores de FDN y FDA fueron altos, según Blanco *et al.* (2005 a), la FDN se relaciona con el estado de madurez de la planta al momento de ensilarla, dando para ensilajes de pasturas cerca de 55% y en mixtos 44%, y en cuanto a FDA, Enríquez y Narváez (2003), comentan que un valor medio para un ensilaje está en 35%, un valor óptimo en 25% y valores mayores a 50% indican ensilajes de mala calidad altos en lignina y con baja digestibilidad.

En cuanto a la presencia de factores antinutricionales en el ensilaje de Avena + *A. decurrens*, Apráez *et al.* (2012), encontraron que al ensilar el material no presentó los metabolitos secundarios analizados (saponinas, fenoles, esteroides y alcaloides), en cambio en el forraje el forraje *A. decurrens* si presentó la mayoría de

estas sustancias químicas. Según los autores, las saponinas, fenoles y alcaloides tuvieron una tendencia a desaparecer, comprobando los beneficios del proceso de ensilado en la eliminación de metabolitos secundarios, esto por efectos de la fermentación láctica que se produce y porque quizás los microorganismos del ensilaje pueden degradarlos (Tabla 27).

Tabla 27. Factores antinutricionales en ensilaje de Avena + *A. decurrens*

Material	Saponinas	Fenoles	Esteroles	Alcaloides
Acacia forraje	+++	+	+	-
Avena + acacia ensilaje	-	-	-	-

Fuente: Apráez *et al.*, (2012).

Blanco *et al.* (2005 b), en un estudio realizado en Corpoica Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca) con el objetivo de mejorar el valor nutricional de la *A. sativa* con respecto al contenido de proteína, evaluaron seis ensilajes mixtos de una gramínea y dos especies arbóreas (*Avena sativa*, *Acacia decurrens* y *Sambucus peruviana*) con la inclusión de melaza, ácido fórmico al 85%, extracto crudo enzimático de fluido ruminal y Kem Lac[®] (bacterias ácido lácticas y enzimas), en microsilos de PVC y analizaron la eficiencia de la fermentación, la composición química y la producción de gas in vitro para establecer los parámetros de degradación ruminal.

Los tratamientos fueron: **T₁**: Ensilaje de *A. sativa*, *S. peruviana* y *A. decurrens* + melaza (7,1%); **T₂**: T₁ + ácido fórmico (0,5%); **T₃**: T₁ + extracto enzimático de fluido ruminal (0,10%); **T₄**: T₂ + extracto enzimático de fluido ruminal; **T₅**: T₂ + Kem Lac[®]; **T₆**: T₁ + Kem Lac[®] (0,10%).

Los resultados obtenidos en cuanto a calidad nutricional de los ensilajes se presentan en la tabla 28.

Tabla 28. Composición nutricional de ensilaje de *A. sativa*, *S. peruviana* y *A. decurrens* de acuerdo a CNCPS.

Tratamiento	PC (%)	Proteína				FDN (%MS)	FDA (%MS)	Celulosa (%MS)
		B1 + A	B2	B3	C			
T1	12.22 c	29.90 b	46.73 c	12.04 c	11.32 d	43.72 bc	30.77 a	20.67 ab
T2	8.58 d	32.42 b	29.81 e	15.68 b	22.07 b	47.82 a	28.31 a	20.66 ab
T3	13.77 b	37.80 a	27.07e	25.22 a	9.90 d	44.40 ab	23.27 b	16.68 c
T4	9.69 d	20.08 c	65.48 a	7.46 d	6.85 e	45.94 ab	27.22 a	21.40 a
T5	12.74 bc	16.21 c	55.44 b	1.67 e	26.66 a	41.87 cd	27.92 a	20.00 ab
T6	15.18 a	41.50 a	40.05d	3.22 e	15.21 c	39.80 d	27.03 ab	18.23 bc

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,01$).

Fuente: Blanco *et al.*, (2005 b).

Los tratamientos evaluados presentaron un contenido de proteína cruda (PC) entre 8,58 y 15,18%, obteniendo un mayor valor en el tratamiento (T₆) donde se incluyó bacteria ácido lácticas y enzimas y el menor valor (T₂) al utilizar ácido fórmico. Para la fracción B₃ que es proteína de sobrepaso se presentaron diferencias, con un mayor valor en T₃ con 25,22%, para lo cual los autores lo atribuyen posiblemente por efecto de las enzimas fibrolíticas que al aplicarlas al ensilaje pueden proteger las enzimas exógenas de la acción de la proteasa ruminal, creando un protector de la degradación ruminal.

Para la fracción C de la proteína que es indigerible, se presentaron diferencias y los mayores valores se obtuvieron con en el T₂ (22,07%) y T₅ (26,66%). Se observó que con la adición del extracto enzimático ruminal esta fracción disminuyó, en T₃ fue de 9,9% y T₄ de 6,85%, siendo de beneficio en el contenido de proteína digestible. Los contenidos de FDN tuvieron valores medios y de FDA valores óptimos que permiten una buena digestibilidad de los diferentes silos mixtos donde se incluyó la *A. decurrens* y son de buena calidad para la alimentación de rumiantes.

Blanco *et al.* (2005 b), evaluaron la DIVMS presentando valores promedio de 67,74%. La mayor digestibilidad se presentó en el T₆ con 72,12% ($p < 0,01$) y dicen

que este incremento estuvo relacionado con bajos porcentajes de FDN (39,80%) para este tratamiento. Para los tratamientos a los que se adicionó ácido fórmico, disminuyó significativamente ($p < 0,01$) la DIVMS (T_2 : 64,8%, T_4 : 63,2% y T_5 : 65,1%) comparado con los demás tratamientos, y en el T_1 que fue a base de ensilaje de *A. decurrens*, *A. sativa* y *S. peruviana* sin ningún aditivo el valor fue de 66,74%.

Blanco *et al.* (2005 a), también realizaron una simulación productiva para estos ensilajes en una producción lechera de la Sabana de Bogotá, para esto tomaron la información del hato de Corpoica Tibaitata aplicando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). La base alimenticia del hato fue pastoreo libre de *Pennisetum clandestinum* suplementado con los seis ensilajes con *S. peruviana* (47,2%), *A. decurrens* (2,9%) y *A. sativa* (38,5%). El modelo animal fueron vacas de 63 meses de edad de raza Holstein en primer tercio de lactancia, con una producción diaria por vaca de 18 Lts.

Para hacer el balance ellos asumieron que el *P. clandestinum* aportaba el 59% de los requerimientos con base en la MS y el 41% restante procede de los ensilajes. Por tal razón, en esta simulación las vacas debían consumir 8,5kg MS/día de kikuyo y 6,0 kg MS/día de ensilaje. Los autores comentan que de acuerdo a las características ambientales, zootécnicas y nutricionales y un consumo voluntario de 14,3 kg /vaca/día, la producción de leche estimada según modelo CNCPS, presentó un promedio/vaca/día para los tratamientos entre 16,6 y 18,2 kg/día. Los ensilajes de los tratamientos T_2 y T_4 obtuvieron la menor producción de leche (1,66 kg/día), mientras que los tratamientos T_6 , T_5 , T_3 y T_1 presentaron producciones superiores o iguales a 18 kg/día estando limitada parcialmente por la disponibilidad de energía metabolizable (EM) para la producción de leche.

Con la simulación realizada con el CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System), todos los tratamientos cubren el balance de N ruminal para el crecimiento microbial, supliendo entre el 92 y el 96% de los requerimientos de las vacas (Tabla 29).

Tabla 29. Desempeño de vacas Holstein suplementadas con seis ensilajes experimentales según modelo CNCPS.

Variable de acuerdo a la simulación con CNCP	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Producción de leche según EM disponible para leche	18	16,6	18	16,6	18,1	18,2
Producción de leche según PM disponible para leche	19,7	16,9	20,7	18	20,4	21,3
Balance N ruminal (% requerimientos)	96	92	96	93	92	96
Balance péptido ruminal (% requerimientos)	100	97	96	98	95	96
Nitrógeno ureico en leche MUN (mg/dl)	5	5	7	6	6	7
PM de bacteria (g/día)	897	806	816	816	848	877
PC en la ración (%)	14,1	12,6	14,7	13,1	14,3	15,3
FDN efectiva en ración (%)	53	55	53	54	52	51

Fuente: Blanco *et al.*, (2005 a).

Se han realizado estudios con la inclusión de la *Acacia decurrens* en ensilajes mixtos, pero hace falta investigación en elaboración de estos suplementos con inclusión única del follaje de esta arbustiva y su evaluación en diferentes cantidades en rumiantes, determinando factores antinutricionales y palatabilidad, ya que según el estudio de Apraez *et al.* (2012), la presencia de estos metabolitos puede disminuir por el proceso de fermentación, siendo una ventaja para esta especie de planta ya que presenta algunas de estas sustancias químicas.

3.5. Comparación de estudios de nutrición y alimentación realizados en ganado de leche con *A. decurrens*.

En la tabla 30 se realiza una comparación de estudios de nutrición y alimentación realizados en ganado de leche con el uso de la *Acacia decurrens* como suplemento.

Tabla 30. Comparación de estudios con *A. decurrens* en ganado de leche.

Estudio	Autor (es)	Objetivo	Resultados
La <i>Acacia decurrens</i> Will fuente potencial de biomasa nutritiva para la Ganadería del Trópico de altura.	Quiceno, J. y Medina, M., 2006.	Determinar la producción de biomasa y proteína cruda de la acacia bajo algunas prácticas culturales en un arreglo silvopastoril multipropósito.	Mayor producción de follaje verde (1329 Kg/Ha/año) y PC (102,9 Kg/Ha/año) a densidad alta de siembra (1664 plantas/ha).
Determinación de la producción de follaje verde de la <i>Acacia decurrens</i> en el primer año de siembra.	Flórez J. <i>et al.</i> , 2010.	Determinar la producción de forraje verde del árbol en su primer año a varias densidades siembra.	Mayor producción de follaje verde por árbol (41,8 g/árbol) para una densidad alta de siembra (1664 plantas/ha).
Uso de la <i>Acacia decurrens</i> como Suplemento Alimenticio para Vacas Lecheras, en Clima Frío de Colombia	Fernández, J. <i>et al.</i> , 1999	Evaluar la respuesta de niveles de inclusión de <i>A. decurrens</i> como suplemento en vacas Holstein en cuanto a producción y calidad de leche.	No se presentaron diferencias en la producción de leche, contenido (%) de proteína, grasa y sólidos totales en leche con los niveles de inclusión de <i>Acacia</i> .
Alimentación de vacas Holstein con suplemento de papa de desperdicio (<i>S. tuberosum</i>) y acacia negra (<i>A. decurrens</i>), y su efecto en la calidad de leche	Betancourt J. <i>et al.</i> , 2012	Determinar producción y calidad de leche en vacas Holstein con dieta basada en pasto kikuyo y donde se incluye suplemento de <i>A. decurrens</i> en varias cantidades	Para producción y la densidad en la leche no se presentaron diferencias significativas pero en cuanto a proteína y grasa en leche si existieron diferencias.
Evaluación de la selectividad de especies arbóreas con potencial forrajero en bovinos en ecosistemas de bosque húmedo premontano	Ayala A. <i>et al.</i> , 2013	Analizar el nivel de aceptación de 3 especies arbóreas (<i>A. decurrens</i> , <i>Sambucus nigra</i> y <i>Dahlia imperialis</i>) en novillas Holstein	La <i>A. decurrens</i> tuvo buena aceptabilidad, consumiéndola en alto porcentaje, aunque el consumo fue menor que las otras especies arbóreas. Su follaje presentó buena gustosidad.
Evaluación de las	Carvajal T.	Sustitución parcial	El forraje de <i>A. decurrens</i>

Estudio	Autor (es)	Objetivo	Resultados
arbóreas <i>Sambucus nigra</i> y <i>Acacia decurrens</i> como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá	<i>et al.</i> , 2012	del alimento balanceado por follaje de <i>A. decurrens</i> y <i>S. nigra</i> en vacas Holstein.	mostró alto valor nutricional, cuando se cortó a los 45 días (PC de 14,1%). Se produjo 11,1 Kg/leche/vaca/día con 10% de inclusión como sustituto del balanceado y 9,9 Kg con el 40%.
Suplementación de novillas de levante con <i>Acacia decurrens</i> .	Londoño <i>et al.</i> , 1999.	Evaluar la sustitución de alimento balanceado por follaje de <i>A. decurrens</i> en terneras BON x Holstein.	No se presentaron diferencias para el T1 (0%) y el T2 (100%) de sustitución de alimento balanceado por follaje de <i>A. decurrens</i> . (T1: 594,9 g y T2: 638,8 g de ganancia diaria de peso).
Suplementación con follaje de <i>Acacia decurrens</i> , <i>Chusquea scadens</i> y <i>Solanum Tuberosum</i> a vacas Holstein en producción en el municipio de Ubaque (Cundinamarca).	González, J., 2005.	Evaluar un suplemento donde se incluye la <i>Acacia decurrens</i> mas otros ingredientes, frente a una ración control de balanceado comercial.	<i>A. decurrens</i> presentó 17,59% de PC, 39,99% de FDN, 19,09% de FDA. La mayor producción de leche se logró en la ración donde se incluyó la acacia T1 (19,5 L/vaca/día) contra T2 (control: balanceado) que fue de 14,7 L/vaca/día.

4. MARCO CONCEPTUAL

Arilo: envoltura interna de la semilla, a menudo coloreado y carnoso, que se encuentra en algunas angiospermas. El arilo se produce a partir de los tejidos del funículo o la base del óvulo arilado (Sugden, 1997).

Copa: parte superior de un árbol que incluye las ramas y las hojas (Sugden, 1997).

Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS): sistema desarrollado por la Universidad de Cornell para predecir los requerimientos, la utilización de piensos, el rendimiento animal y la excreción de nutrientes para el ganado vacuno lechero y ganado vacuno, utilizando el conocimiento acumulado sobre la composición, la digestión y el metabolismo en el suministro de nutrientes para satisfacer los requerimientos (Cornell University, 2016).

Degradabilidad (Degrad): hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos (Giraldo *et al.*, 2006).

Digestibilidad Invitro de la Materia Seca (DIVMS): prueba para determinar la digestibilidad del alimento realizada en el laboratorio. Los procedimientos desarrollados por Tiller y Terry para determinaciones invitro se han usado en forma amplia y exitosa (Maynard *et al.*, 1981).

Energía Bruta (EB): cuando una sustancia se quema por completo hasta sus últimos productos de oxidación a saber, dióxido de carbono, agua y otros gases, el calor liberado se considera como su energía bruta o calor de combustión (Maynard *et al.*, 1981).

Energía Metabolizable (EM): energía perdida en los gases producidos por la digestión y la que se pierde en la orina, se resta de la energía digestible aparente, obteniéndose la fracción de la energía total ingerida capaz de transformarse en el organismo (Maynard *et al.*, 1981).

Energía Neta de Ganancia (ENg): parte de la energía neta del alimento que es utilizada para producir ganancia de peso del animal (Maynard *et al.*, 1981).

Energía Neta de lactancia (ENL): Es una estimación de la energía del alimento útil para mantener al animal y para producir leche durante la lactancia y para las vacas gestantes y secas hasta el momento del parto (Meléndez, 2015).

Energía Neta para Mantenimiento (ENm): parte de la energía neta del alimento que es utilizada para el mantenimiento del animal (Maynard *et al.*, 1981).

Esquisto: roca de composición pelítica de metamorfismo regional, que muestra una esquistosidad. Los esquistos tienen un tamaño de grano más grande que las filitas, siendo este mayor que 1 mm (Oxford University Press, 2000).

Factores antinutricionales: son sustancias que se generan por el metabolismo secundario de las plantas para protegerse de depredadores como bacterias, hongos e insectos y otros animales. Pueden aparecer en cualquier parte de la planta incluyendo los frutos y sus raíces (Savon y Scull, 2006).

Fibra Detergente Acida (FDA): fibra del alimento que queda por ebullición de la muestra con un detergente ácido, se hidroliza la hemicelulosa que se encuentra libre y aquella que esta combinada con lignina, dejando la celulosa y la lignina (Maynard *et al.*, 1981).

Fibra Detergente Neutra (FDN): fibra del alimento que queda al hervir la muestra con un detergente neutro, se solubiliza el contenido de la célula y la pectina, dejando un residuo que es la pared celular que contiene la celulosa, hemicelulosa y lignina (Maynard *et al.*, 1981).

Fracciones de la proteína: se determinan evaluando la cinética ruminal de las proteínas de los alimentos con el Sistema de Carbohidratos y Proteínas Netas de Cornell (SCPNC) y está basado en evaluaciones in vitro, permitiendo describir

diferentes fracciones de las proteínas que son llamadas fracción A, B1, B2, B3 y C (Sniffen *et al.* 1992).

Funículo: pedúnculo del óvulo que lo une a la pared del ovario. Después de que el óvulo es fertilizado el funículo se convierte en el pedúnculo de la semilla (Sugden, 1997).

Fuste: nombre que recibe a veces el tronco de un árbol (Sugden, 1997).

Glándulas jugary: glándulas presentes en los raquis de las hojas bipinnadas, en las uniones de pares de pinnas o de pínulas, como en algunas especies de Acacia (National Herbarium of New South Wales, 2017).

Inflorescencia: renuevo que produce flores, pero no hojas. Una inflorescencia puede tener una o muchas flores (Sugden, 1997).

Materia Seca (MS): parte del alimento que se determina a partir de la pérdida de peso que experimenta una cantidad conocida de la muestra, por desecación a 100 °C hasta extraer la humedad. Se clasifica en materia orgánica e inorgánica (MacDonald y Morgan, 1999).

Nitrógeno Insoluble en Detergente Acido: es considerado insoluble y no degradable en el rumen y representa a la fracción C en el SCPNC (Sistema de Carbohidratos y Proteínas Netas de Cornell).

Nitrógeno Ureico en Leche (MUN): es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche (Peña, 2002).

Nutrientes Digestibles Totales (NDT): es una medida general del valor nutritivo de los alimentos, los coeficientes de digestión son usados para calcular este valor (Maynard *et al.*, 1981).

Palatabilidad: característica de un alimento que estimula una respuesta selectiva de un animal que pastorea (Heady, 1964).

Panícula: inflorescencia ramificada consistente en varios racimos como en muchas gramíneas (Sugden, 1997).

Peciolo: tallo de una hoja que la une en un nudo (Sugden, 1997).

Pinnado: (del latín *pinnatus* con alas o aletas), o pinado, es un término botánico, que designa aquellos órganos foliáceos o laminares que poseen folíolos más o menos numerosos (siempre más de tres) a los lados de un eje principal (el raquis), a modo de las barbas de las plumas (Font Quer, 1982).

Pínula: foliolo sobre la pinna de una hoja bipinnada, como en muchos miembros de las filicales, los helechos (Sugden, 1997).

Podzoles: suelos con un horizonte subsuperficial superior típicamente gris ceniza, decolorado por pérdida de materia orgánica y óxidos de hierro, sobre un horizonte de acumulación oscuro con humus iluvial parda, rojiza o negra. Los Podzoles ocurren en áreas húmedas en las zonas boreal o templada y localmente también en los trópicos (FAO, 2007).

Polietilenglicol (PEG): compuesto químico capaz de enlazarse a los taninos, que permite la liberación de nutrientes y favorece el ataque de los microorganismos ruminales, aumentando la degradabilidad ruminal y la digestibilidad postruminal (Barry y Manley 1986).

Proteína Cruda (PC): parte de un alimento que hace referencia al porcentaje de nitrógeno total multiplicado por 6,25. El cálculo del contenido de PC incluye tanto el nitrógeno proteico como el no proteico (NNP) (Elizondo, 2008).

Proteína Soluble: La fracción proteica A, es el nitrógeno no proteico (NNP) y la fracción B1 corresponde a la proteína verdadera que es casi completamente degradada en el rumen y ambas fracciones son consideradas como proteína soluble (Chamorro, 2002).

Raquis: eje principal de una hoja compuesta pinnada. El raquis es una continuación del peciolo (Sugden, 1997).

Taninos: son un grupo de polifenoles altamente diversos y distribuidos en un gran número de especies vegetales. Su unidad básica es un núcleo de favan, que está sujeto a varias modificaciones por la adición de diversos grupos químicos (generalmente grupos hidroxilo) en diferentes posiciones (Tiemann *et al.*, 2006).

5. CONCLUSIONES

La *Acacia decurrens* posee un alto valor nutritivo (PC, FDN, FDA, Ca, P) para ser empleado como suplemento o en ensilajes en la alimentación de rumiantes, pero falta mayor investigación en el análisis químico de metabolitos secundarios, ya que estos pueden ser una limitante en sus niveles de utilización y causantes de problemas en la salud de los animales.

Los estudios demuestran que la inclusión del forraje de esta arbustiva en dietas para rumiantes, tiene buena aceptabilidad por los animales, mejora la producción de leche y su calidad, disminuye los costos de producción, siendo un material vegetal que se puede cultivar en fincas de trópico alto andino colombiano en sistemas silvopastoriles.

Se puede utilizar en ensilajes mixtos con otras especies obteniendo buenos resultados de producción y sustitución parcial o total del balanceado comercial utilizado en las ganaderías bovinas de leche.

Esta especie tiene buena resistencia a adversidades climáticas como temperaturas bajas y secúas, lo que lo hace un árbol ideal en sistemas silvopastoriles para el trópico alto andino colombiano ya que los cambios climáticos cada día son más drásticos y es necesario el establecimiento de especies arbustivas en las ganaderías que se adapten dichas condiciones.

Las investigaciones demuestran que la planta mejora las condiciones de las praderas donde se establece, en aspectos del suelo como cationes de cambio, pH, materia orgánica y minerales, principalmente en pasturas de pasto kikuyo

(*Pennisetum clandestinum*), además que se aumenta la producción de biomasa disponible por hectárea.

La *Acacia decurrens* también puede ser utilizada por el ganadero para el aprovechamiento de su madera, como cercas vivas, como barrera rompevientos, en bancos de proteína y en la alimentación de otras especies herbívoras.

6. RECOMENDACIONES

Realizar análisis completos de suelo incluyendo actividades enzimáticas como medida de la calidad del suelo, donde se tiene establecido la *Acacia decurrens*, comparando con praderas donde no existe la arbustiva y ver la influencia que tiene sobre las variables físico químicas del suelo.

Realizar análisis completos de factores antinutricionales que presente el forraje de esta planta ya que pueden ser una limitante en su utilización. También estudios nutricionales más detallados por edad de corte, donde se incluya el perfil de aminoácidos y minerales.

Hacer experimentación con ensilajes únicamente a base de *A. decurrens* sin la inclusión de otros forrajes y ver la respuesta en parámetros productivos, la aceptabilidad del suplemento y su composición química nutricional.

Realizar ensayos de alimentación con esta planta en pequeños rumiantes como los ovinos y caprinos que evalúen parámetros ruminales y productivos, ya que se evidencian pocos estudios en estas especies animales.

Establecer árboles de esta especie en sistemas silvopastoriles de trópico alto andino colombiano ya que ofrecen grandes ventajas para el productor ganadero además que son de gran ayuda para la disminución del impacto climático.

7. BIBLIOGRAFIA

- Allen, James. (1990). Homestead tree planting in two rural Swazi communities. *Agroforestry Systems*, 11(1), 11-22.
- Allen, James. Pimentel, David., Lassoie, James. (1988). Fuelwood production and use in rural Swaziland: a case-study of two communities. *Forest Ecology and Management*, 25(3-4), 239-254.
- Apráez, José., Insuasty, Efrén., Portilla, Juliana., Hernández, William. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 25-35.
- Arboleda, Denis., Tombe, Albert., Morales, Sandra., Vivas, Nelson. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (1), 154-163.
- Ayala, Ana., Rincón, Jenny., Navas, Alexander., González, Javier. (2013). Evaluación de la selectividad de especies arbóreas con potencial forrajero en bovinos en ecosistemas de bosque húmedo premontano. *Revista Ciencia Animal*, (9), 41-55.
- Baker, Margaret. Corringham, Robin. (1995). Native plants of the Blue Mountains. Winmale, N.S.W., Australia: Three Sisters Publication.
- Barroso, F.G. Pedreño, A. Martínez, T. Robles, Ana. González-Rebollar, J.L (2005). Potencialidad de las especies C4 como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural (Vol. I): XLV Reunión Científica de la SEEP. 347-353.
- Barry, Thomas., Manley, Timothy. (1986). Interrelationships between the concentrations of total condensed tannin, free condensed tannin and lignin in Lotus sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 37, 248.
- Bartholomaeus, Agnes., Cortés, Alberto., Santos, Jaime., Acero, Luis., Moosbrugge, Werner. (1998). El Manto de la Tierra: Flora de Los Andes: Guía de 150 Especies de la Flora Andina. Tercera edición. Panamericana de impresores. Bogotá D.C. 332 p.
- Beadle, Noel. (1982). Flora of the Sydney Region. 3rd edition (revised). Frenchs Forest, NSW: A.H. & A.W. Reed, 273 p.
- Benavides, Sandra., González, Bersy., Cruz, Fabian. (2004). Determinación del valor nutricional y presencia de metabolitos secundarios en las especies con potencial forrajero, *Acacia decurrens* y *Braccharis latifolia*. Tesis de grado. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá. 104 p.

- Betancourt, Johanna., Cuastumal, Harold., Rodríguez, Sonia., Navia, Jorge., Insuasty, Efrén. (2012). Alimentación de vacas Holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*Acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche. *Revista Investigación Pecuaria*, 1(2), 41 – 51.
- Blanco, Gloria., Chamorro, Diego., Arreaza, Luis. (2005 a). Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa* usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNSPS). *Revista Corpoica*, 6 (2), 86 – 90.
- Blanco, Gloria., Chamorro, Diego., Arreaza, Luis. Rey, Ana. (2005 b). Evaluación nutricional del ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa*. *Revista Corpoica*, 6 (2), 81 – 85.
- Boland, Douglas. (1987). Genetic resources and utilisation of Australian bipinnate acacias (Botrycephalae). ACIAR Proceedings, *Australian Centre for International Agricultural Research*, 16, 29-37.
- Bolívar, Diana., Ríos, Leonardo., Castro, Sandra. (2009). Efecto de los taninos de *Acacia decurrens* sobre características fermentativas ruminales del maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 62 (Suplemento 1), 51-52.
- Bueno, Liliana., Camargo, Juan. (2015). Nitrógeno edáfico y nodulación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles. *Acta Agronómica*, 64 (4), 349-354.
- Bustos, Rosa., Peña, Miguel. (2006). Efecto de la suplementación con dos niveles de inclusión de heno de follaje de *Acacia decurrens* (acacia negra) sobre la ganancia de peso de ovinos (*Ovis aries*) alimentados con *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) en el municipio de Cabrera Cundinamarca. Tesis de grado. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá. 65 p.
- Calderón, Eduardo. (2003). Plantas invasoras en Colombia: una visión preliminar. Instituto Alexander-Von-Humboldt. Programa de Biología de la Conservación, Línea 'Especies Focales', 1 – 7.
- Cárdenas, Carlos., Rocha, Cristina., Mora, Jairo., (2011). Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4 (1), 29 – 35.
- Cárdenas, Edgar. (2003). 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.
- Carvajal, Teresa., Lamela, L., Cuesta, Aurora. (2012). Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 35 (4), 417 - 430.

- Chamorro, Diego. (2002). Importancia de la Proteína en la Nutrición de Rumiantes con énfasis en la Utilización de Proteínas de Especies Arbóreas. CORPOICA. Seminario - Taller Internacional sobre Manejo de La Proteína en Producción de Ganado Bovino. 15 p.
- Clark, N.B., Balodis, V., Fang, GuiGan, Wang, JingXia. (1994). Pulpwood potential of acacias. In: Brown AG, ed, Australian Tree Species Research in China: Proceedings of an International Workshop held at Zhangzhou, Fujian Province, China, 2-5 November 1992:196-202.
- Clemson, Alan. (1985). Honey and pollen flora. New South Wales. Department of Agriculture. 263 p.
- Cornell University. (2016). Cornell Net Carbohydrate and Protein System. URL: <http://blogs.cornell.edu/cncps/>
- Corpoica. (2013). Recursos Alimenticios para Animales del Trópico. URL: <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro>
- Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42 (4), 329-335.
- Dawson, Janet., Buttery, Peter., Jenkins, David., Wood, Christopher., Gill, Margaret. (1999). Effects of dietary Quebracho tannin on nutrient utilization and tissue metabolism in sheep and rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1423-1430.
- Di Marco, Oscar. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. *Revista Producir XXI*, 20 (240), 24-30.
- Elizondo, Jorge. (2008). Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. ii. proteína metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1): 123-130.
- Enríquez, Carlos., Narváez, María. (2003). Valoración nutricional del ensilaje de 2 cereales forrajeros en mezcla con Raygrass. Universidad de Nariño. Tesis de Pregado. 117p.
- Escobar, Jorge. (2013). Los árboles del Humedal el Salitre. Fundación Humedales de Bogotá. URL: <http://humedalesbogota.com/2013/06/12/los-arboles-del-humedal-el-salitre/>
- FAO. (2007). Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.
- Fernández, Juan., Zapata, Andrés., Giraldo, Luis. (1999). Uso de la *Acacia decurrens* como Suplemento Alimenticio para Vacas Lecheras, en Clima Frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

- Flórez, Jancy., López, Alvaro., Rendón, Alejandro., Pérez, Juan. (2010). Determinación de la producción de follaje verde de la *Acacia decurrens* en el primer año de siembra. *Revista Luna Azul*, 30, 24-28.
- Flórez, Luz., Umaña, John. (2006). Evaluación de la adaptación, comportamiento y efecto en la pradera de la acacia negra (*Acacia decurrens*), de la acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), y del aliso (*Alnus acuminata*), como cerca viva en un sistema de producción de ganado de leche en el trópico alto colombiano. Tesis de Grado. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. 184 p.
- Font Quer, Pio. (1982). Diccionario de botánica. Barcelona: Editorial Labor, SA. 1244 p.
- Gamble, James. (1972). A manual of Indian timbers. Reprint. Dehra Dun, India: Bichen Singh and Mahendra Pal Singh.
- García, D.E. (2004). Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27 (2), 101-111.
- Giraldo, C., Valderrama, E., Montoya, L., Ambrecht, I. (2006). Efecto de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) sobre herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). En: Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Enero, 113 p.
- Giraldo, Luis. (1999). Evaluación del potencial multipropósito en dos especies de Acacia para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en clima frío. Memorias V ENICIP. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 12:12, (suplemento).
- Giraldo, Luis. (2003). Potencial de *Acacia decurrens*. 1. Evaluación bajo sistemas silvopastoriles en clima frío de Colombia. *Agroforestería para la producción animal en América Latina* – II. FAO, 227 – 226.
- Giraldo, Luis., Bolívar, Diana. (1999). Evaluación de un Sistema Silvopastoril de Acacia decurrens Asociada con Pasto kikuyo Pennisetum clandestinum, en Clima Frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de producción animal. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 14 p.
- González, Javier. (2005). Suplementación con follaje de *Acacia decurrens*, *Chusquea scadens* y *Solanum Tuberosum* a vacas Holstein en producción en el municipio de Ubaque (Cundinamarca). UDCA. Tesis de investigación.
- Hall, Norman., Johnson, Lawrie. (1993). The names of Acacias of New South Wales with a guide to pronunciation of botanical names. Royal Botanic Gardens: Sydney.
- Hall, Norman., Wainwright, Robert., Wolf, Ludeck. (1981). Summary of meteorological data in Australia. CSIRO, Divisional Report No. 6. CSIRO, Division of Forest Research: Canberra.

- Hannah, B. C, Fergus B. J, Jones R. N (1977). Kraft pulping and bleaching studies on young exotic hardwood species. *Appita*, 30(6), 483-487.
- Harden, Gwen. (2001). Flora of New South Wales. Royal Botanic Gardens Sydney University of New South Wales Press. Volume 2. 690 p.
- Heady, Harold. (1964). Palatability of herbage and animal preference. *Journal of Range Manage.* 17, 76-81.
- Logan, A.F., Balodis, V. (1982). Pulping and papermaking characteristics of plantation-grown *Acacia mangium* from Sabah. *Malaysian Forester*, 45(2), 217-236.
- Londoño, Mauricio., Velásquez, Raúl., Giraldo, Luis. (1999). Suplementación de novillas de levante con *Acacia decurrens*. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria - PRONATTA. 9 p.
- Luyt I. E, Mullin L. J., Gwaze D. P (1987). Black wattle (*Acacia mearnsii*) in Zimbabwe. In: Turnbull JW, ed. Australian Acacias in Developing Countries. Proceedings of an International Workshop, Gympie, Qld., Australia. *ACIAR Proceedings*, 16, 128-131.
- MacDonald, Edwards., Morgan, Greenhalgh. (1999). Nutrición Animal. 5ta Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 600 p.
- Macmillan, Hugh., Barlow, Henry., Enoch, I.C., Russell, R.A (1991). Tropical planting & gardening. Ed. 6. 767 pp.
- Maecha, Liliana. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16 (1), 11-18.
- Makkar, HPS., (1993). Antinutritional factors in foods for livestock. In: Animal Production in Developing Countries. Occasional Publications, British Society of Animal Production, 16, 69-85.
- Martin, Valda, (1974). Dyemaking with Australian Flora. Rigby: Adelaide, Australia.
- Martínez, Leonardo., Navia, Jorge. (2011). Evaluación del comportamiento de algunas especies arbóreas y arbustivas bajo dos distancias de siembra. *Revista de ciencias agrícolas*, 28 (2), 129-136.
- Martínez, Silvio. (2000). Los metabolitos intermedios como factores antinutricionales. CEDEPA. Universidad de Camagüey. Cuba.
- Maynard, Leonard., Loosli, John., Hintz, Harold., Warner, Richard. (1981). Nutrición Animal. Séptima Edición. Libros McGraw-Hill de México, México. 640 p.
- Medrano, Jorge. (1999). Informe técnico final, Evaluación del valor nutritivo y uso en dietas para rumiantes del follaje de árboles utilizables en sistemas silvopastoriles del trópico de alturas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) - Programa Nacional de

- Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA). Pasto, Nariño. 57 p.
- Meléndez, Pedro. (2015). Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. URL: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2015/10/21/Las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>
- Midgley, S. J., Vivekanandan, K., (1987). Australian acacias in Sri Lanka. In: Turnbull JW, ed, Australian Acacias in Developing Countries. Proceedings of an International Workshop, Gympie, Qld., Australia. *ACIAR Proceedings* (16), 132-135.
- Morrison D., Davies, S. (1991). Mimosoideae 5: Acacia. In: Harden GJ, ed. Flora of New South Wales. Vol. 2. Kensington, NSW: New South Wales University Press, 390-391.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261: 1654-1663.
- Murgueitio, Enrique. (2004). Sistemas Silvopastoriles en el Trópico de América. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. pp. 20.
- Murgueitio, Enrique., Chará, Julian., Barahona, Rolando., Cuartas, César., Naranjo, Juan. (2014). Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 501 – 507.
- Murgueitio, Enrique., Gómez, María., Rodríguez, Lylian., Ríos, Clara., Rosales, Mauricio., Molina, Carlos., Molina, Hernando., Molina, Enrique., Molina, Juan. (2002). Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica. CIPAV. Cali. 147 p.
- Narváez, N., Lascano, C. E. (2004). Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Tropicales*, 26 (3), 1 – 8.
- National Herbarium of New South Wales. (2017). Glossary of Botanical Terms. Sydney, Australia. URL: <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/cgi-bin/NSWfl.pl?page=nswfl&glossary=yes&term=jugary&ill=Fig.+19+H>
- Navas, Alexander. (2007). Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista ACOVEZ*, 37 (3), 16–20.
- Navas, Alexander. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, 19, 113 – 122.
- Ojeda, F., Cáceres, O. (1998). Valor nutritivo, factores antinutricionales y tóxicos en leñosas forrajeras para la alimentación animal. En: Sistemas silvopastoriles

- en la ganadería tropical. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 1-14.
- Oxford University Press (2000). Diccionario de ciencias de la tierra. Editorial Complutense. Madrid, España. 822 p.
- Peña, Francisco. (2002). Importancia del Nitrógeno Ureico de la Leche. En: *Revista Acovez*. 27 (1).
- Prayitno, T.A. (1982). Influence of age on tannin content in trees. [Pengaruh umur terhadap kadar tanin dalam pohon.] *Duta Rimba*, 8(55), 43-44.
- Pryor, Lindsay., Banks, John. (1991). Trees and shrubs in Canberra. ACT Government, Little Hill Press.
- Quiceno, A. Jaime., Medina, S. M. (2006). La *Acacia decurrens* Will fuente potencial de biomasa nutritiva para la para la Ganadería del Trópico de atura. . *Livestock Research for Rural Development*, 18 (12).
- Ramírez, Daniel., Cuesta, Aurora., Cortés, Javier. (2015). Efecto in vitro de la inclusión de *Acacia decurrens* y *Sambucus nigra* sobre la utilización del nitrógeno en rumiantes. *Revista Zoociencia*, 2 (Supl. 1): 3-4.
- Ross, J.H. (1975). The naturalized and cultivated exotic Acacia species in South Africa. *Bothalia*, 11, 463 – 470.
- Ruiz, Gimena. (2010). Sistemas silvopastoriles mejoran calidad de carne en el país. UN Periódico impreso. 131, 18.
- Ruskin F. R. (1983). Firewood crops. Shrub and tree species for energy production. Volume 2. 1983, vii + 92 pp.; 36 pl. BOSTID Report No. 40. Washington DC, USA: National Academy Press. 6 pp.
- Sánchez, Jeffry. (2016). Nitrógeno ureico en leche: importancia, determinación y relación con otros componentes lácteos. *Nutrición Animal Tropical*. 10 (2), 20-37.
- Sánchez, José. (2014). *Acacia decurrens* willd. Species Plantarum. Editio quarta. 4(2): 1072 (1806).
- Savón, Lourdes., Scull, Idania. (2006). Factores antinutricionales en alimentos para especies monogástricas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13 (1), 25-29.
- Schlatter, Juan., Gerding, Victor., Calderón, Sigrid. (2006). Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, X Región, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27 (2), 115-125.
- Seigler, D. S., Seilheimer, S., Keesy, J., Huang, H. F. (1986). Tannins from four common *Acacia* species of Texas and Northeastern Mexico. *Economic Botany*, 40 (2), 220-232.

- Smitha Patel, P. A., Alagundagi, S. C., Salakinkop, S. R. (2013). The antinutritional factors in forages - A review. *Current Biotica*, 6(4), 516-526.
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., Russell, J. B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562 – 3577.
- Subba Rao, G.V. (1959). Oil from the seeds of *Acacia decurrens* Willd. *Current Science*, 28, 410.
- Sugden, Andrew. (1997). Diccionario ilustrado de la Botánica. Ed. Everest S.A. 3ra Edición. España. 216 p.
- Tame, Terry. (1992). *Acacias of south eastern Australia*. Kenthurst, Sydney, Australia: Kangaroo Press.
- Tiemann, Tassilo. (2004). Proyecto de investigación Potencial de leguminosas forrajeras con taninos en explotaciones ganaderas de pequeños productores. Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia. CIAT. 63 p.
- Tiemann, Tassilo., Avila, Patricia., Barahona, Ronaldo., Dieter, Hans. (2006). Análisis de taninos: astringencia, composición química y peso molecular. Segundo taller taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. CIAT. 52 p.
- Torres, Leidy., Aragón, Livia., Silva, Amanda. (2009). Efecto de la acacia (*Acacia decurrens*) en el desarrollo y producción del pasto aubade (*Lolium multiflorum*, Lam), Botana, departamento de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 26 (1), 25-45.
- Van Soest, Peter. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca, NY. 476 p.
- Van Soest, Peter., Robertson, J. B. (1985). Analysis of forage and fibrous foods. A Laboratory Manual for Animal Science. Ithaca, NY, EE.UU. Cornell University. 165 p.
- Villa, Andrés. (2008). Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Tesis de Maestría. 125 p.
- Waghorn, G. C., Ulyatt, M. J., John, A., Fisher, M. T. (1987). The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus*. *British Journal of Nutrition*, 57, 115-126.
- Webb, Derek. (1984). A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. Tropical Forestry Papers, No. 15. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford.

Whibley, David., Symon, David. (1992). *Acacias of South Australia*. Revised 2nd edn. Handbook of the flora and fauna of South Australia. Adelaide: South Australian Government Printer.