

Valoración productiva de algunas asociaciones de gramíneas y leguminosas en el trópico alto andino de Nariño*

Productive Evaluation of Some Grass-Legume Associations in the High Andean Tropics of Nariño

EDMUNDO APRÁEZ G.

Zootecnista, MSc. PhD. Profesor de tiempo completo, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

eapraez@gmail.com

CRISTIAN ALVEAR G.

Zootecnista, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

cristian_22750@hotmail.com

NURY DÍAZ P.

Zootecnista, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

paty11063@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó la valoración productiva de las asociaciones de las gramíneas *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*, y las leguminosas *Trifolium pratense*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, en la granja Chimangual, Universidad de Nariño, bajo un diseño de bloques completos al azar, con 8 tratamientos: T1 (*H. lanatus*), T2 (*H. lanatus* + *L. corniculatus*), T3 (*H. lanatus* + *T. pratense*), T4 (*H. lanatus* + *T. repens*), T5 (*D. glomerata*), T6 (*D. glomerata* + *L. corniculatus*), T7 (*D. glomerata* + *T. pratense*), T8 (*D. glomerata* + *T. repens*) y 4 réplicas. Se aplicó un análisis de varianza con prueba de comparación de medias de Duncan. Respecto a la producción de biomasa fresca, fue mejor en T1: 15,14 y T3: 14,73 t/FV/ha/corte, y de biomasa seca T4: 2,75 t/MS/ha/corte ($p < 0,05$). Para la altura de la gramínea y la velocidad de crecimiento, los mayores resultados fueron en el tratamiento T4: 60,5 cm y 7,9 cm/semana y T5: 60,410 cm y 7,95 cm/semana, respectivamente. Respecto al índice de área foliar, el mayor valor se observó en el tratamiento T3, con 10,78. La cobertura forrajera fue mejor en T4: 96,69% y T3: 94,46%. Todos los tratamientos fueron altamente rentables; se encontró una marcada superioridad en las asociaciones de leguminosas

RECIBIDO: 05/04/2014. APROBADO: 01/08/2014

— Cómo citar este artículo: Apráez, E., Alvear, C. y Díaz, N. (2014). Valoración productiva de algunas asociaciones de gramíneas y leguminosas en el trópico alto andino de Nariño. *Revista Ciencia Animal* (8), 21-40.

— * Grupo de Investigación en Producción y Salud Animal. Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Pasto, 2011.

con *H. lanatus* en los tratamientos T3 y T4. No obstante, el *L. corniculatus* ocasionó los mayores costos de implantación. La mayor productividad de estas asociaciones se produjo debido a que estas especies se encuentran adaptadas y establecidas a las condiciones de la zona.

Palabras clave: asociaciones, adaptación, forraje, trópico alto.

ABSTRACT

The paper presents the productive evaluation of different associations of grasses (*Holcus lanatus* and *Dactylis glomerata*) and legumes (*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, and *Lotus corniculatus*) at the Chimangual farm (University of Nariño) under a design of completely randomized blocks with eight treatments: T1 (*H. lanatus*), T2 (*H. lanatus* + *L. corniculatus*), T3 (*H. lanatus* + *T. pratense*), T4 (*H. lanatus* + *T. repens*), T5 (*D. glomerata*), T6 (*D. glomerata* + *L. corniculatus*), T7 (*D. glomerata* + *T. pratense*), T8 (*D. glomerata* + *T. repens*) and four replicates. An analysis of variance with Duncan's mean comparison test was applied. The production of fresh biomass was better in T1: 15.14, and in T3: 14.73 t/FV/ha/cutting; and that of dry biomass in T4: 2.75 ton/MS/ha/cutting ($p < 0.05$). Regarding the height of the grass and the rate of growth, the best results were found in T4: 60.5 cm and 7.9 cm/week, and in T5: 60.410 cm and 7.95 cm/week, respectively. Regarding the leaf area index, the highest value was observed in the T3 treatment block, with 10.78. Forage coverage was better in T4: 96.69%, and in T3: 94.46%. All treatments were highly profitable; a marked superiority was found in legume associations with *H. lanatus* in the T3 and T4 treatment blocks. Nevertheless, *L. corniculatus* resulted in higher costs of implementation. The higher productivity of these associations occurred because these species are established and adapted to the conditions in the area.

Keywords: Associations, adaptation, forage, high tropics.

Introducción

Los grandes retos de los ganaderos consisten en incrementar la producción de carne y leche, de forma acelerada y sostenible, garantizando la demanda de la población, y, además, en permitir la conservación de los recursos naturales y del ambiente, al minimizar la compra de insumos químicos y, así, reducir la contaminación. Una empresa ganadera, necesariamente, tiene que ser sinónimo de rentabilidad y competitividad, y si bien son muchos los factores envueltos en la producción, el más importante es el com-

ponente de la alimentación animal y, en este caso, las pasturas son fundamentales.

En el altiplano de Nariño, la disponibilidad y la persistencia de los forrajes como fuentes de alimentación frecuentes en las fincas lecheras del trópico son muy variables, con producciones de forraje superiores durante las épocas lluviosas, respecto a las encontradas durante la época seca, lo que ha originado la introducción de suplementos y forrajes mejorados en los hatos que los han vuelto insostenibles. Lo anterior ha causado el deterioro y la degradación del suelo y las praderas, que

si bien mejoran los parámetros productivos, requieren gran cantidad de insumos, en su mayoría fertilizantes nitrogenados para su establecimiento, lo que afecta la economía de la finca y desgasta los recursos naturales.

Es importante buscar nuevas alternativas forrajeras para desarrollar sistemas sostenibles. Utilizar las leguminosas en asociación con gramíneas es una opción para solucionar el problema de la alimentación del ganado en el trópico, por lo que es fundamental generar información que le sirva al ganadero. En general, el propósito de la asociación de gramíneas y leguminosas apunta al incremento de la producción de forraje y a una oferta de mayor calidad en cuanto al aumento de proteína, además se fija el nitrógeno para la gramínea asociada, y así se reduce la necesidad de fertilización nitrogenada y suplementación proteica animal.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la granja Chimangual, propiedad de la Universidad de Nariño, localizada en el municipio de Sapuyes. Se inició con la recuperación del material de *Lotus corniculatus* introducido por la Unidad de Recursos Genéticos Forrajeros (URGF), donado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El material se recolectó en una granja en el corregimiento de Daza, situado a 8 km de la ciudad de Pasto.

El terreno se preparó mediante labranza mínima: pase de cincel y pase de rastrillo, y se delimitó el sitio de trabajo con cuerda y estacas. La investigación se realizó en condiciones naturales, razón por la cual no hubo corrección de acidez:

- Análisis edáficos. Los análisis de suelos se tomaron antes del trabajo de campo y al finalizarlo, y se procesaron en el laboratorio de suelos y microbiología de la Universidad de Nariño, según el manual de toma de muestras de suelos (Cortés y Viveros, 1977).
- Químicos del suelo. Se determinó el pH por medio del potenciómetro relación suelo: agua (1:1), materia orgánica por método de Walkley y Black, y minerales; método disulfónico para nitrógeno, método de Bray II para fósforo y de cobaltinitrito de sodio para potasio.
- Físicos del suelo. Se determinó el grado textural y la densidad aparente. El cálculo se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño, Colombia.
- Toma de muestra del forraje. Se realizó según lo estipulado por Basto y Fierro (1999), el aforo mediante el uso de un aforo metálico de 25 cm × 25 cm (0,0625 m²), para lo cual se ubicó en 3 sitios diferentes por réplica, de cada tratamiento, teniendo en

cuenta los niveles alto, medio y bajo de la pastura, para luego determinar las variables agronómicas.

Variables agronómicas

- Producción de biomasa fresca y seca. Se recolectaron las muestras para comparar el rendimiento de biomasa en cada uno de los tratamientos. Luego del aforo, el pasto se introdujo en bolsas previamente pesadas en la balanza de precisión; se efectuó la conversión de producción de forraje verde en toneladas por hectárea. Se determinó la materia seca (MS) mediante el análisis proximal de Weende, según la metodología descrita por la Official Association Analysis Center (1995). Luego del secado, se estableció el peso en seco y se calculó la producción de biomasa seca por hectárea.
- Altura de la planta. Se utilizó una cinta métrica, se midió en centímetros la longitud de la planta desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga sin estirla.
- Índice de área foliar (IAF). Se realizó teniendo en cuenta la metodología de Bernal (2003): de las hojas intermedias se tomó un centímetro, se pesó y, con base en la producción de biomasa y la relación hoja: tallo, se calculó el índice.
- Cobertura de la planta. Según Alcalá *et al.* (2009), es la proporción en porcentaje de la superficie de terreno que está cubierta por vegetación enterrada, la cual conforma unidades estructurales y funcionales.
- Composición botánica de la pradera. Se expresó en porcentaje, como lo sugieren el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (RLAC, 1986). Para el cálculo de cobertura y composición botánica, se hizo énfasis en el manual de monitoreo de plantas y animales (*Monitoring Plant and Animal*), descrito por Elzinga *et al.* (2001).
- Velocidad de crecimiento. Se estimó el incremento de la altura durante un periodo determinado (cm/semana). La velocidad de crecimiento se obtuvo por diferencia entre la altura al final del intervalo de corte, menos la altura inicial y la división entre el número de días entre mediciones sucesivas.
- Análisis bromatológicos. Se realizó en los 3 cortes, posteriores a las variables agronómicas; se recolectaron 2 muestras por tratamiento y se trasladaron al laboratorio de la Universidad de Nariño para su análisis. La valoración bromatológica se realizó mediante

un análisis proximal de Weende para MS; de Kedjhal para proteína cruda y de Van Soest para fibra detergente neutra y fibra detergente ácido, y la energía se determinó por el método calorimétrico.

- Sistema y densidad de siembra. Para el *Holcus lanatus*, Bernal (2003) recomienda semilla sexual a razón de 15 kg/ha al voleo. Para el *Dactylis glomerata*, Vicuña (1985) sugiere semilla sexual a razón de 35 kg/ha al voleo en mezcla con tréboles. Para el *L. corniculatus*, Mera y Rúales (2007) proponen la asociación a densidades de siembra de 1 planta/m² y sistema de reproducción por raíz. Para *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, Vicuña (1985) recomienda sembrar al voleo conjuntamente con la siembra de los pastos a razón de 1-4 kg/ha, y para esta investigación se utilizaron 2 kg/ha.

Análisis estadístico

Se adoptó un diseño de bloques completos al azar, con 8 tratamientos y 4 réplicas por tratamiento. Para el procesamiento de información, se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS). El análisis se realizó mediante el procedimiento de análisis de varianza y la comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan. Los tratamientos corresponden a: T1 = S (*H. lanatus*);

T2 = S + L (*L. corniculatus*); T3 = S + TR (*T. pratense*); T4 = S + TB (*T. repens*); T5 = AO (*D. glomerata*); T6 = AO + L; T7 = AO + TR, y T8 = AO + TB. Para la investigación, se utilizó un área experimental total de 1500 m², dividida en 32 parcelas de 35 m² (7 m × 5 m).

Resultados y discusión

Variables agronómicas

Los resultados obtenidos en este acápite corresponden al promedio de 3 cortes consecutivos; para mayor claridad y objetividad, la discusión se centró en los resultados del promedio de los cortes de todas las variables al final del experimento.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA FRESCA

El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$). La prueba de Duncan (tabla 1) reveló los mejores resultados en el tratamiento T1 con 15,14 t/FV/ha/corte y T3 con 14,73 t/FV/ha/corte. En cuanto a la producción del *H. lanatus* en monocultivo, se encontraron resultados cercanos a los reportados en la literatura. Al respecto, Maigual y López (2009) analizaron la producción en condiciones similares y encontraron producciones de 12 y 15 t/FV/ha/corte. Este comportamiento productivo fue semejante al encontrado por Cárdenas (2007), quien obtuvo

Tabla 1. Producción de biomasa fresca t/FV/ha/corte

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|-----------|------------|------------|------------|
| T1 (S) | 14,1800 B | 14,7675 B | 16,4825 B | 15,1433 A |
| T2 (S + L) | 9,9050 D | 16,6375 A | 14,0975 B | 13,5475 C |
| T3 (S + TR) | 13,1950 B | 13,4675 C | 17,5400 A | 14,7341 A |
| T4 (S + TB) | 17,9250 A | 13,5650 BC | 11,6175 C | 14,3675 B |
| T5 (AO) | 9,9475 D | 13,1050 C | 11,3175 CD | 11,4575 D |
| T6 (AO + L) | 9,6350 D | 11,5450 D | 10,0675 DE | 10,4175 E |
| T7 (AO + TR) | 9,7650 D | 11,1100 D | 9,7625 E | 10,2125 E |
| T8 (AO + TB) | 11,7550 C | 10,7475 D | 9,8075 E | 10,7675 DE |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

rendimientos en condiciones naturales para *H. lanatus* de 10 a 15 t/FV/ha/corte.

En lo referente a la producción de las asociaciones con *L. corniculatus*, se observó una baja producción en el primer corte con *H. lanatus* y *D. glomerata*, y con *D. glomerata* en el segundo y tercer corte. En este sentido, Seany y Henson (1995) aseveran que el *L. corniculatus* es una especie de establecimiento lento si se compara con los tréboles, y no es adecuado para rotaciones cortas. El vigor de las plántulas es menor que los de *Medicago sativa* o *T. pratense* y las poblaciones jóvenes se pueden perder por la competencia de otros cultivos, de las malezas, o por la sombra; el *L. corniculatus*, a medida que se acerca la madurez, se vuelve muy susceptible al vuelco con pérdidas importantes durante el corte

y el secado del heno; este será escaso si está asociado con *D. glomerata* o fleo.

Al analizar la producción, durante los 3 cortes, se observó que en el primero fue menor en la mayoría de tratamientos en comparación con el segundo y tercer corte, lo cual se explica por la baja pluviosidad durante esta época, con 28,68 mm; sin embargo, las asociaciones con *T. repens* mostraron tolerancia a estas condiciones. En el segundo corte hubo mayor pluviosidad (100,4 mm), y se observó que las asociaciones expresaron mayor rendimiento de forraje que las gramíneas en monocultivo. Crespo *et al.* (1998) sostiene que las condiciones climáticas como la precipitación y la humedad relativa juegan un papel decisivo en la producción de biomasa. Según Cobo (2003), uno de los factores que perjudi-

can más el crecimiento de las gramíneas en el trópico es la distribución anual de las precipitaciones, que reducen hasta en un 40% la producción de forraje verde.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA

El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$). Por otra parte, la prueba de Duncan (tabla 2) reveló los mejores resultados en el T4 con 2,75 t/MS/ha/corte.

Los menores valores encontrados se obtuvieron en el pasto *D. glomerata*; en relación con este aspecto, Vicuña (1985) manifiesta que el crecimiento inicial de las plantas de *D. glomerata* es lento y se obtiene poca producción de forraje durante los primeros meses. Una vez establecido, la producción es igual o superior a la del raigrás.

En cuanto a la producción de forraje, se observaron los mejores resultados en el segundo corte, que fue el periodo de mayor pluviosidad (100,4 mm). En este sentido, Cobo (2003) afirma que cuando las plantas no están sometidas a estrés hídrico, la pérdida de agua por evaporación está controlada por factores climáticos; a medida que el suelo pierde humedad, la evapotranspiración de la planta disminuye, este efecto se asocia usualmente con una reducción en el rendimiento de MS.

La adaptabilidad de *T. repens* y *T. pratense* por ser especies ya establecidas en la zona y la facilidad de prendimiento del *L. corniculatus* favorecieron la producción de biomasa debido, quizá, a la fijación de nitrógeno que es capaz de hacer la leguminosa y al aprovechamiento de agua y otros nutrientes que están en horizontes más profundos y que la gramínea no

Tabla 2. Producción de biomasa seca t/MS/ha/corte

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| T1 (S) | 3,0375 B | 2,3800 C | 2,5746 B | 2,6656 B |
| T2 (S + L) | 1,8900 F | 3,2900 A | 2,4225 B | 2,53250 C |
| T3 (S + TR) | 2,9900 B | 2,1050 D | 2,8099 A | 2,6358 BC |
| T4 (S + TB) | 3,8700 A | 2,4250 C | 1,9575 C | 2,75000 A |
| T5 (AO) | 2,4050 CD | 2,6525 BC | 1,9800 C | 2,34500 D |
| T6 (AO + L) | 2,1125 E | 2,7375 B | 1,7550 CD | 2,20500 DE |
| T7 (AO + TR) | 2,2325 DE | 2,4500 C | 1,6300 D | 2,10250 E |
| T8 (AO + TB) | 2,5525 C | 2,4175 C | 1,6775 D | 2,21500 DE |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

puede explorar con su sistema radicular. Lo anterior se apoya en lo encontrado por Murillo (2003) acerca de la conveniencia de la asociación de leguminosas con gramíneas, debido al aumento en la producción de forraje y al mejoramiento en calidad de la dieta ofrecida a los animales. Las leguminosas incrementan la producción de MS en las praderas cuando se asocian con gramíneas; esta disponibilidad de forraje incrementa la carga animal por unidad de superficie. Al respecto, Costa *et al.* (citados en Rojas, 2005) evaluaron 3 gramíneas forrajeras, asociadas con 5 leguminosas, en el periodo de máxima precipitación, donde las asociaciones expresaron mayor rendimiento de forraje que las gramíneas en monocultivo.

Cárdenas (2007), en cuanto a los rendimientos de biomasa, ha observado que las especies introducidas producen más forraje que las especies nativas, dado que en la mayoría de los casos las especies introducidas responden mejor a la fertilización que las especies nativas, lo que hace que estos sistemas productivos sean dependientes de insumos agrícolas como el riego y la fertilización. Para el caso de la producción de biomasa en asociación de gramínea leguminosa en otras latitudes, Leep *et al.* (citados en Cárdenas, 2007) reportaron rendimientos en la mezcla de *D. glomerata* y *F. arundinacea* con *L. corniculatus* con 9,59 y 10,0 t/MS/ha/año, respectivamente, frente a lo reportado

por Sleugh *et al.* (2000), en *D. glomerata* mezclado con *L. corniculatus* y *M. sativa*, con 9,3 y 11,2 t/MS/ha/año.

Los resultados encontrados en la asociación con *L. corniculatus* son marcadamente inferiores a los reportados en la literatura, lo cual se explica en que la investigación se llevó a cabo sin fertilización. Tanto las gramíneas solas como en asociación de gramíneas y leguminosas requieren de una apropiada fertilización para producir alimentos óptimos. Aunque las mezclas no requieren mucho nitrógeno, su productividad está limitada por el fósforo; el análisis de suelo (tabla 3) realizado en el área experimental muestra deficiencia de este elemento.

Tabla 3. Análisis físico-químico del suelo previo al experimento

| Parámetros | Unidad | Valor |
|---------------------------------------|-------------------|--------|
| Ph. Potenciómetro suelo: agua (1:1) | | 4,90 |
| Materia orgánica | % | 24,60 |
| Densidad aparente | g/cm ³ | 0,70 |
| Fósforo disponible | mg/kg | 8,90 |
| Capacidad intercambio catiónico (CIC) | cmolcarga/kg | 44,00 |
| Calcio de cambio | cmolcarga/kg | 3,01 |
| Magnesio de cambio | cmolcarga/kg | 0,50 |
| Potasio de cambio | cmolcarga/kg | 0,25 |
| Aluminio de cambio | cmolcarga/kg | 1,10 |
| Hierro | mg/kg | 244,00 |
| Manganeso | mg/kg | 4,60 |

| Parámetros | Unidad | Valor |
|---|--------|-------|
| Cobre | mg/kg | 0,82 |
| Zinc | mg/kg | 1,98 |
| Boro | mg/kg | 0,26 |
| F = franco-Ar = arcilloso- Ar = arenoso-L = limoso | | F |
| Nitrógeno total | % | 0,75 |
| Carbono orgánico | % | 14,26 |
| Azufre disponible | mg/kg | 4,41 |

Fuente: elaboración propia.

Bordoli (1988) menciona que el fósforo es el nutriente más importante, puesto que limita el crecimiento de pasturas, especialmente de leguminosas; además, las especies difieren en su capacidad de absorber fósforo del suelo, así como en la eficiencia de su utilización dentro de la planta para producir MS. Estas diferencias determinan requerimientos de niveles de fósforo en el suelo muy distintos para lograr máximas producciones de una especie dada. El análisis de suelo (tabla 3) indica un pH de 4,9, un suelo extremadamente ácido; este aspecto es muy importante, pues en el ensayo no se realizó ninguna enmienda para la corrección de acidez.

En este sentido, Bernal (2003) asevera que las gramíneas se desarrollan bien a un pH de 5 en adelante y, por consiguiente, solamente se recomienda encalar suelos extremadamente ácidos para este tipo de plantas. Las leguminosas requieren un pH más alto y un mayor

contenido de calcio, fósforo y potasio. Para establecer una mezcla de gramíneas y leguminosas, frecuentemente es necesario encalar.

Bordoli (1988) manifiesta que la acidez del suelo limita el establecimiento y la producción de pasturas, sobre todo de las leguminosas. Entre las leguminosas forrajeras más usadas, la alfalfa es la más sensible a la acidez, luego *T. pratense*, *T. repens*, y *L. corniculatus*. En suelos con aluminio intercambiable es imprescindible eliminarlo mediante encalado para poder producir *M. sativa* o *T. pratense*. A su vez, la eliminación de ese aluminio intercambiable incrementa el rendimiento hasta en 140% en especies menos sensibles como *T. repens* y *L. corniculatus*.

Respecto al *L. corniculatus* y la capacidad de absorción de fósforo, Ayala *et al.* (citados en Murillo, 2003) afirman que la alta capacidad de absorción de fósforo de *L. corniculatus* resulta en una adquisición de nutrientes; los autores sugieren que se siembre colocando fertilizante fosfato para beneficiar la leguminosa puesto que la proximidad del fertilizante mejora la toma de nutrientes por su rápido contacto con la raíz y la competencia entre leguminosa y gramínea se puede reducir, lo que beneficia el establecimiento de pasturas asociadas. Varios estudios hechos con *L. corniculatus* muestran las bondades de esta leguminosa en suelos ácidos; sin embargo, en todos se menciona la

30

fertilización con fósforo, esto podría ser la razón por la que el *L. corniculatus* no mostró los resultados esperados en este ensayo puesto que se realizó en condiciones naturales; otro criterio a tener en cuenta es que, quizá, las condiciones de la zona no son las apropiadas para la producción de esta especie.

A propósito de la fertilización con fósforo, Davis (citado en Murillo, 2003) comparó los requerimientos de fósforo de algunas leguminosas en Nueva Zelanda en un suelo moderadamente ácido (pH 4,5) y con baja disponibilidad de fósforo; dentro de estas se encontraban *L. corniculatus*, *L. pedunculatus*, *T. repens*, *T. ambiguum*, *T. pratense*, *T. hybridum*, *M. sativa* y *Lupinus polyphyllus*. El autor observó que en la etapa de establecimiento, los *Trifolium* fueron más productivos que las especies de *L. corniculatus* y *M. sativa*. En la segunda cosecha, se obser-

varon las mayores producciones de MS, exceptuando *T. repens*, y los mayores incrementos se observaron en las especies de menor establecimiento, *L. corniculatus* (320%) y *T. ambiguum* (230%). En ambas cosechas la concentración crítica de fósforo fue mayor en *T. repens* (0,32%) que en *L. corniculatus* (0,22%).

ALTURA DE LA GRAMÍNEA

Para esta variable, en el caso de las asociaciones, se midió en la gramínea con el fin de observar el efecto de la leguminosa en la asociación. El análisis de varianza no mostró diferencias entre los tratamientos en el primer corte, mientras que en el segundo y el tercer corte se observaron diferencias ($p < 0,05$). La prueba de Duncan (tabla 4) reveló los mejores resultados en el T4: 60,5 cm y T5: 60,410 cm.

Tabla 4. **Altura en centímetros de las gramíneas**

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|----------|-----------|-----------|----------|
| T1 (S) | 57,250 A | 39,750 C | 44,750 BC | 47,250 B |
| T2 (S + L) | 64,500 A | 46,000 BC | 39,750 BC | 50,083 B |
| T3 (S + TR) | 51,250 A | 45,250 BC | 47,000 B | 47,835 B |
| T4 (S + TB) | 60,500 A | 58,500 A | 62,500 A | 60,500 A |
| T5 (AO) | 63,250 A | 56,000 AB | 62,000 A | 60,410 A |
| T6 (AO + L) | 56,250 A | 45,500 BC | 33,000 C | 44,918 B |
| T7 (AO + TR) | 52,000 A | 43,500 C | 41,750 BC | 45,750 B |
| T8 (AO + TB) | 56,250 A | 41,500 C | 44,250 BC | 47,333 B |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

Los valores obtenidos son cercanos a los reportados por Castro (2004), quien encontró valores en *H. lanatus* de 39,7 cm y 42,3 cm; mientras que en asociación con *L. corniculatus*, se reportan valores de 52 cm y 62,5 cm para *H. lanatus*, y de 40,5 cm y 46,5 cm para *D. glomerata* a 45 y 70 días de corte, respectivamente. Mansilla (1981) reportó que en un ambiente sin competencia e incluso en invernadero, con condiciones controladas, *H. lanatus* alcanzó una altura de 78,2 cm. Respecto al hábito de crecimiento, Bernal (2003) afirma que *H. lanatus* crece como plantas aisladas o formando grupos pequeños perennes, posee tallos erectos que pueden alcanzar de 60 cm a 70 cm de altura y se desarrolla durante todo el año. En cuanto a *D. glomerata*, este es perenne de crecimiento robusto, matas individuales en matojos, y los tallos florales alcanzan hasta 1,3 m; después de varios años la población disminuye y

solo quedan plantas aisladas; tiene raíces profundas y es resistente a la sequía.

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Para esta variable, en el caso de las asociaciones, se midió en la gramínea con el fin de observar el efecto de la leguminosa en la asociación. El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$). La prueba de Duncan (tabla 5) reveló los mejores resultados en el T3 con 10,78.

Los mayores resultados se observaron en el primer corte. En este sentido, Bernal (2003) menciona que el IAF (superficie que ocupan las hojas) es el valor por el que una planta puede captar el 95 % de la luz en un día sin nubes; se ha investigado y concluido que a partir del 95 %, la planta tiene un crecimiento óptimo. En palabras más sencillas, el IAF es la

Tabla 5. Índice de área foliar de las gramíneas

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|-----------|----------|-----------|----------|
| T1 (S) | 9,070 AB | 8,840 AB | 9,433 AB | 9,115 AB |
| T2 (S + L) | 7,185 AB | 8,775 AB | 7,695 AB | 7,883 AB |
| T3 (S + TR) | 10,835 A | 10,880 A | 10,628 A | 10,783 A |
| T4 (S + TB) | 5,058 B | 4,208 B | 4,103 B | 4,455 B |
| T5 (AO) | 10,100 AB | 8,898 AB | 8,660 AB | 9,220 AB |
| T6 (AO + L) | 8,275 AB | 6,713 AB | 7,178 AB | 7,388 AB |
| T7 (AO + TR) | 6,095 AB | 4,610 B | 5,265 AB | 5,320 B |
| T8 (AO + TB) | 6,720 AB | 6,323 AB | 6,958 AB | 6,668 AB |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

32

cantidad de hojas a partir de las cuales el árbol se desarrolla bien. Grandes cantidades de área foliar no producen aumentos adicionales en la producción debido a que las hojas basales se hacen sombra unas a otras y las hojas viejas se vuelven ineficientes. Adicionalmente, a medida que se forman nuevas hojas, las hojas viejas mueren anulando el incremento de producción. Lo anterior explica por qué las mayores producciones de forraje se observaron en el segundo corte, y no en el primero, donde se encontraron valores de IAF más altos.

Los valores encontrados en la mayoría de los tratamientos son cercanos a los reportados por Bernal (2003), quien afirma que el IAF crítico para interceptar el 95% de la luz incidente al mediodía varía con la especie; por ejemplo, en raigrás perenne y trébol blanco es de 5, y para otros pastos, de 9 y 10, bajo con-

diciones climáticas y de fertilidad de suelos adecuados. Cuando el IAF está por debajo de cierto nivel no se utiliza toda la luz disponible y, en consecuencia, el crecimiento es relativamente lento. Con valores muy altos de IAF, el sombreado también puede determinar una reducción sustancial del crecimiento. Urbano (citado en Mera y Rúales, 2007) afirma que los pastos tropicales tienen bajo IAF.

COBERTURA FORRAJERA Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA PRADERA

La cobertura forrajera fue mejor para las asociaciones. Los mejores resultados se observaron en T4: 96,69% y T3: 94,46% de cobertura; en cuanto a las gramíneas en monocultivo, la de mayor proporción fue en el tratamiento T1 (S), con 85,54% (tabla 6); respecto a las leguminosas, las de mayor cobertura

Tabla 6. Cobertura y composición botánica (%) de la pradera promedio de tres cortes

| Tratamiento | Asociación | | Arvenses | | | Suelo desnudo |
|--------------|------------|------------|----------|------------|-------|---------------|
| | Gramínea | Leguminosa | Paspalum | Matricaria | Rumex | |
| T1 (S) | 85,54 | 3,07 | 4,83 | 4,49 | 0,86 | 1,21 |
| T2 (S + L) | 61,68 | 30,52 | 3,36 | 1,61 | 1,41 | 1,43 |
| T3 (S + TR) | 63,36 | 31,10 | 2,11 | 1,45 | 1,02 | 0,97 |
| T4 (S + TB) | 75,92 | 20,77 | 0,98 | 1,04 | 0,60 | 0,68 |
| T5 (AO) | 83,00 | 2,98 | 7,29 | 4,41 | 1,04 | 1,29 |
| T6 (AO + L) | 65,87 | 26,60 | 2,00 | 2,67 | 1,24 | 1,63 |
| T7 (AO + TR) | 66,20 | 27,64 | 2,45 | 1,05 | 0,56 | 2,11 |
| T8 (AO + TB) | 70,43 | 23,90 | 1,36 | 1,35 | 1,69 | 1,28 |

Fuente: elaboración propia.

fueron T3 (S + TR), con 31,10%, y T2 (S + L), con 30,52%. En las praderas crecieron 3 especies de plantas acompañantes, la grama (*Paspalum* sp.) fue la de mayor invasión en el segundo y tercer corte, principalmente; otras arvenses que se observaron fueron la manzanilla (*Matricaria chamamilla* L.) y rojo (*Rumex acetocella* L.).

La mayor cobertura en las asociaciones con *H. lanatus* explica los resultados obtenidos en la producción de biomasa fresca y seca, ya que al existir mayor cobertura, se incrementa la producción de forraje. Los mejores resultados se obtuvieron en el tercer corte debido a que las plantas se encontraban establecidas y adaptadas a las condiciones del medio; los menores valores de cobertura fueron en el primer corte debido a que este fue el periodo de menor pluviosidad.

Por otro lado, Costa *et al.* (citados en Rojas, 2005) sostienen que en la mezcla de gramíneas y leguminosas de clima frío, como por ejemplo raigrás y trébol, se puede mantener la proporción entre los distintos componentes de la mezcla mediante una altura de corte o pastoreo apropiada. Cuando se pastorea bajo, se favorece la leguminosa que almacena sus reservas en los estolones y rizomas; en cambio, cuando se pastorea alto, se favorece la gramínea que rebrota rápidamente debido al área foliar remanente y a que acumula sus reservas en la base de

los tallos. Por lo tanto, con un pastoreo controlado se puede aumentar o disminuir a voluntad la cantidad de trébol o raigrás presente en la mezcla. El estado de desarrollo y la altura de la planta antes de su utilización, así como los residuos que se dejan en la pradera, influyen tanto el rendimiento como las proporciones de gramíneas y leguminosas en la mezcla.

El grado de invasión se dio seguramente porque las arvenses son plantas oportunistas y agresivas que compiten por nutrientes y luz, pero la incorporación de la leguminosa mejoró las condiciones de la pradera, puesto que, previa preparación del terreno, se observó una gran cantidad de arvenses, en su mayoría grama. Respecto a la proporción de suelo desnudo, se observó una tendencia a disminuir en cada corte; en el primer corte existió un porcentaje mayor debido, quizá, a que para la preparación del terreno para la siembra se extrajo cespedotes de grama (*Paspalum* sp.). Un aspecto importante es la competencia de especies a propósito, según Muslera y Ratera (citados en Rojas, 2005); en el manejo de asociaciones de gramíneas y leguminosas, se coincide en señalar la dificultad de asociar las leguminosas con las gramíneas en cualquier pradera, esto se debe a que las gramíneas tienen mayor capacidad que las leguminosas para absorber fosfatos, sulfatos, nitratos y potasio de la solución nutritiva del suelo. Resulta que para que

34

la leguminosa persista en una mezcla, hay que proveerla en abundancia de los elementos necesarios para un buen crecimiento y desarrollo.

Argel (citado en Rojas, 2005) menciona que la mayoría de las leguminosas tropicales disponibles tienen una historia relativamente corta de domesticación, en comparación con las leguminosas de zonas templadas como la alfalfa (*Medicago sativa*). Por esta razón, el rango de adaptación y los rendimientos de forraje de las leguminosas tropicales, en los diferentes ecosistemas, pueden ser muy variables y, a veces, erráticos.

PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA VERDADERA

En este acápite se hace una proyección de proteína por unidad de área para tener referentes que apoyen la bondad

de la asociación. El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$). La prueba de Duncan (tabla 7) reveló los mejores resultados en el T2 con 378,90 y T3 con 386,10 kg/proteína/ha/corte.

Los resultados más altos se obtuvieron en las asociaciones con *H. lanatus* al igual que en otras variables como producción de forraje verde y seco, altura de la planta, IAF, cobertura y composición botánica de la pradera. En el tercer corte se observaron los valores de proteína más bajos, lo cual se explica por lo afirmado por Cárdenas (2007), que a medida que aumenta la edad del pasto, se presentan grandes incrementos en la producción de MS, acompañados por acrecentamientos en componentes de la pared celular (fibra y lignina) y disminuciones en proteínas y carbohidratos no estructurales. Teniendo en cuenta lo

Tabla 7. Producción de proteína verdadera (kg/proteína/ha/corte)

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 (S) | 481,85 C | 318,73 C | 312,55 B | 371,05 B |
| T2 (S + L) | 235,23 C | 545,70 A | 355,80 A | 378,90 A |
| T3 (S + TR) | 551,60 B | 280,78 D | 325,95 B | 386,10 A |
| T4 (S + TB) | 688,53 A | 207,85 D | 193,78 E | 363,40 AB |
| T5 (AO) | 403,45 D | 365,58 B | 256,10 CD | 341,70 BC |
| T6 (AO + L) | 377,95 D | 381,48 B | 275,13 C | 344,85 BC |
| T7 (AO + TR) | 421,00 D | 351,35 BC | 234,35 D | 335,55 CD |
| T8 (AO + TB) | 421,08 D | 325,88 C | 200,50 E | 315,83 D |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

anterior, se corroboró lo afirmado por Mera y Rúaless (2007), quienes manifiestan que la producción de biomasa seca es determinante en el rendimiento por unidad de área.

Según Argel (citado en Rojas, 2005), siempre se ha aceptado que los forrajes tropicales son de baja calidad; sin embargo, se ha encontrado que estos son muy variables y es necesario considerar un gran número de factores diferentes antes de aceptar esta afirmación. La calidad de los pastos tropicales varía con la edad, la fertilidad del suelo, la época del año, la parte de la planta, el método para suministrarlos al ganado y la especie. Existe evidencia de que el corte afecta menos la producción de proteína que la producción de MS, de tal manera que si se tiene un sistema de manejo que no afecte demasiado la producción de

MS, se puede obtener un aumento en la producción de proteína.

PRODUCCIÓN DE NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES

El análisis de varianza mostró diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$). La prueba de Duncan (tabla 8) reveló los mejores resultados en el T1 con 1673,9, T3 con 1623,73 y T4 con 1659,10 kg/ha/corte.

Los resultados globales indican que las asociaciones producen una respuesta positiva en el contenido energético; posiblemente se incrementó el área foliar y, con ello, se dio una buena disponibilidad de nutrientes, lo que permitió a la planta optimizar los procesos de fotosíntesis y síntesis de reservas energéticas, especialmente carbohidratos no estructurales, polisacáridos, que constituyen una fuente

Tabla 8. Producción de nutrientes digestibles totales (kg/ha/corte)

| Tratamiento | Corte I | Corte II | Corte III | Promedio |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| T1 (S) | 1956,55 B | 1362,38 EF | 1702,75 A | 1673,90 A |
| T2 (S + L) | 1302,10 D | 2012,35 A | 1583,00 B | 1632,48 B |
| T3 (S + TR) | 1982,73 B | 1284,78 F | 1603,65 A | 1623,73 A |
| T4 (S + TB) | 2421,43 A | 1452,95 DE | 1102,95 BC | 1659,10 A |
| T5 (AO) | 1427,05 CD | 1665,78 BC | 1185,00 B | 1425,95 B |
| T6 (AO + L) | 1276,80 D | 1734,40 B | 1133,48 BC | 1381,58 B |
| T7 (AO + TR) | 1343,03 D | 1542,35 DC | 966,45 D | 1283,95 C |
| T8 (AO + TB) | 1561,73 C | 1475,00 DE | 1024,33 DC | 1353,70 BC |

Nota: letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

importante para el almacenamiento de energía (Mera y Rúales, 2007).

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

En la tabla 9 se detallan los resultados correspondientes al promedio del análisis del pasto en los 3 cortes. Los mayores valores de MS se encontraron en las asociaciones con *D. glomerata*. El menor valor de MS se obtuvo con el *H. lanatus* en monocultivo (T1: 17,73 %); sin embargo, es superior a los reportados por Maigual y López (2009), quienes encontraron valores de MS en diferentes altitudes en el departamento de Nariño; 13,84 % (3005 m. s. n. m.), 15,97 % (2963 m. s. n. m.) y 14,54 % (2964 m. s. n. m.). En relación con la proteína cruda (PC), los valores obtenidos se encuentran en rangos comprendidos entre el 17,33 % y el 23,98 %. Al respecto, Cárdenas (2007) reportó valores de PC del 11,60 % y el 18,38 % para *D. glomerata*; del 24,24 % y el 20,56 % para *T. pratense*; del 25,46 % y el 23,19 % para *T. repens*, a 35 y 45 días de rebrote, respectivamente. En cuanto a *H. lanatus* en monocultivo, se obtuvieron valores del 21,31 % de PC y el 13,79 % de proteína verdadera (PV); estos resultados coinciden con los encontrados por Guerrero *et al.* (1976), quienes obtuvieron para esta gramínea un contenido proteico del 8 % al 16,08 %. Jaime (citado en Castro, 2004) evaluó leguminosas de clima frío como *T. repens*, *M. sativa*, *T. pratense* y *L. corniculatus*, y en-

contró en las 2 últimas contenidos más altos de PC (23,9 % y 23,8 %).

En general, se observó un rango del 12,09 % al 15,86 % y del 17,33 % al 23,98 % para PV y PC, respectivamente; es importante resaltar que estos valores confirman un contenido importante de nitrógeno no proteico (NNP). Al respecto, Bernal (2003) afirma que la PV constituye entre el 75 % y el 85 % de la PC; en algunos casos puede ser un porcentaje mucho menor. Lo anterior se corrobora con los resultados obtenidos para la producción de PV, como se observa en la tabla 8.

En el tercer corte se observaron los porcentajes de proteína más bajos, lo que coincide con lo afirmado por Muslera y Ratera (citados en Rojas, 2005), quienes mencionan que el porcentaje de proteína decrece al aumentar la edad del pasto. Existe una correlación negativa entre MS y contenido de nitrógeno del forraje. El problema fisiológico que se presenta, desde el punto de vista del manejo, es encontrar el momento de corte adecuado en el cual el aumento en el porcentaje de nitrógeno compense por la disminución en la producción de MS para maximizar la producción de proteína. Si se cosecha demasiado tierno el contenido de nitrógeno, este será alto, pero el rendimiento de MS será muy bajo. Cuando los pastos perennes y leguminosos pasan del estado vegetativo al

Tabla 9. Análisis bromatológico promedio de 3 cortes

| Análisis | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Materia seca (%) | 17,73 | 18,68 | 18,11 | 18,76 | 20,63 | 21,03 | 20,53 | 20,43 |
| E. etéreo (%) | 3,75 | 3,95 | 3,59 | 3,13 | 3,65 | 3,52 | 3,88 | 3,43 |
| Ceniza (%) | 8,75 | 7,08 | 9,15 | 8,81 | 7,59 | 7,01 | 7,87 | 7,82 |
| Fibra cruda (%) | 33,34 | 30,44 | 26,46 | 31,25 | 38,92 | 33,97 | 38,85 | 33,43 |
| Proteína cruda (%) | 21,31 | 23,98 | 20,41 | 17,33 | 22,17 | 23,2 | 23,31 | 21,65 |
| Proteína verdadera (%) | 13,79 | 14,57 | 14,46 | 12,09 | 14,5 | 15,82 | 15,86 | 13,98 |
| Extracto no nitrogenado (%) | 32,84 | 34,54 | 40,38 | 39,48 | 27,67 | 32,3 | 26,08 | 33,66 |
| Fibra detergente neutro (%) | 55,57 | 41,09 | 58,83 | 55 | 59,22 | 46,3 | 55,35 | 56,2 |
| Fibra detergente ácido (%) | 29,16 | 25,65 | 31,86 | 31,46 | 33,18 | 29,21 | 34,6 | 33,28 |
| Lignina (%) | 5,43 | 6,78 | 8,36 | 7,22 | 7,99 | 8,55 | 12 | 9,36 |
| Celulosa (%) | 23,73 | 18,86 | 23,49 | 24,23 | 25,15 | 20,66 | 22,6 | 23,91 |
| Hemicelulosa (%) | 26,41 | 15,44 | 26,97 | 23,54 | 26,03 | 17,1 | 20,75 | 22,92 |
| Energía digestible (kcal/kg) | 451 | 466 | 457 | 456 | 457 | 468 | 461 | 457 |

Fuente: elaboración propia.

de floración y producción de semilla, los contenidos de proteína y minerales disminuyen dramáticamente al disminuir la proporción de hojas. De manera similar, al aumentar la proporción de tallos, se acrecientan rápidamente los contenidos de pared celular.

Respecto a la fibra (FC), los tratamientos se encuentran en un rango entre el 26,46% y el 38,97%. Se ha encontrado que los forrajes tropicales tienen un alto contenido de FC y relativamente bajos contenidos de extracto libre de nitrógeno (ELN); la digestibilidad de estas fracciones ha demostrado ser mayor para FC que para ELN. El animal extrae del

forraje vitaminas, minerales, proteína y energía. En los forrajes, la mayor parte de la energía se encuentra en forma de FC. El rumiante tiene la capacidad de utilizar esta fuente de energía mediante las reacciones que ocurren en el rumen, pero la eficiencia de utilización varía mucho. Entre mayor sea el grado de utilización de la FC, mayor es la digestibilidad del forraje (Bernal, 2003).

Los tratamientos se encuentran en un rango entre el 41,09% y el 59,22% de FDN. En cuanto a las gramíneas en monocultivo, Maigual y López (2009) reportan valores del 64,74% para *D. glomerata* y un rango del 42,58% y

el 62,62% para *H. lanatus*, similares a los encontrados en esta investigación. La lignina como el factor más crítico en la digestibilidad en rumiantes presenta valores entre el 5,43% y el 12%. Según Cárdenas (2007), rangos entre el 7% y el 15% son considerados como adecuados.

Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo la investigación, las asociaciones de *H. lanatus* con *T. repens* y *T. pratense*, especies establecidas y adaptadas a la zona, mostraron ser las de mejor potencial forrajero. La *L. corniculatus* demostró adaptarse a suelos pesados, ácidos, con bajos porcentajes de fósforo y nitrógeno, característicos del trópico alto del departamento de Nariño; sin embargo, las condiciones climáticas fueron determinantes en su productividad.

La cantidad y la distribución de la precipitación determinaron, en gran medida, la adaptación de las especies forrajeras, lo que explica los mejores resultados obtenidos en la producción de biomasa en el segundo corte, el cual corresponde al periodo de mayor pluviosidad. La incorporación de enmiendas para la corrección de la acidez en suelos extremadamente ácidos puede ser adecuada para lograr máximas producciones de las especies forrajeras.

Es necesario implementar un programa de fertilización en las pasturas, ya que tanto las gramíneas solas como en asociación con leguminosas requieren de una apropiada provisión de nutrientes. La producción de biomasa seca, la altura, la velocidad de crecimiento y la cobertura fueron mejores en las asociaciones de *H. lanatus* con *T. repens* por estar mejor adaptadas a las condiciones de la zona.

No obstante, las asociaciones reportaron un porcentaje de PC alto, el contenido de PV, lo que revela que las especies contienen un elevado porcentaje de NNP. Los menores indicadores agronómicos se obtuvieron en el pasto *Dactylis glomerata*, lo que permite concluir que las condiciones edafoclimáticas de la zona no son propicias para esta especie.

Referencias

- Alcalá, J. *et al.* (2009). Empleo de ovinos como agentes de control del zacate carretero (*Bothriochloa pertusa*) bajo condiciones de temporal. *UAT*. Recuperado de <http://www.turevista.uat.edu.mx/3-ovinos.htm>
- Basto, G. y fierro, L. (1999). *Manejo sostenible de praderas*. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), ProduMedios.
- Bernal, J. (2003). *Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo* (4ª ed.). Bogotá: Ángel Agro-Ideagro.

- Bordoli, J. (1988). *Encalado y fertilización fosfatada de pasturas de trébol blanco-Lotus en suelos arenosos*. Montevideo: Jornadas Técnicas Facultad de Agronomía.
- Cárdenas, E. (2007). *El trébol pata de pájaro: nueva alternativa forrajera para clima frío en Colombia, Ayrshre. La raza lechera ideal*. s. l.: Asociación de Criadores de Ayrshre de Colombia.
- Castro, E. (2004). *Evaluación de adaptación y compatibilidad de 10 gramíneas para clima frío asociadas a Lotus corniculatus en Mosquera, Cundinamarca* (Tesis de grado). Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cobo, A. (2003). *El suelo y el agua en la producción de pastos*. La Habana: Editorial Revolucionaria.
- Cortés, F. y Viveros, M. (1977). *Manual de toma de muestras de suelos*. Pasto: Universidad de Nariño.
- Crespo, G. et al. (1998). *Los pastos en Cuba* (1ª ed.). La Habana: Pueblo y Educación.
- Elzinga, C., Salzer, D., Willoughby, J. y Gibbs, J. (2001). *Monitoring plant and animal populations*. Philadelphia: Wiley-Blackwell.
- Guerrero, Jaramillo y López. (1976). Estudio de la vegetación natural de las zonas ganaderas del altiplano de Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 21 (1), 108-112.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Biblioteca Nacional de Agricultura (s. f.). *Índice de área foliar*. Recuperado de www.blackwellscience.com
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (RLAC). (1986). *Principios de manejo de praderas naturales*. Santiago de Chile: Autor.
- Maigual, P. y López, D. (2009). *Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y la calidad del pasto Saboya (Holcus lanatus) en condiciones de no intervención en la zona andina del departamento de Nariño a una altura comprendida entre 2800 y 3049 m. s. n. m. Pasto* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Colombia.
- Mansilla, H. (1981). *Estudio fenológico en Holcus lanatus L., Lolium perenne L., Agrostis tenuis Sibth., Lotus uliginosus Schk y Trifolium repens L. en Valdivia* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Mera, R. y Rúaes, J. (2007). *Evaluación de la adaptación del trébol pata de pájaro (Lotus corniculatus) asociado con kikuyo (Pennisetum clandestinum) bajo dos sistemas de reproducción y diferentes densidades de siembra en el municipio de Pasto, Nariño* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Colombia.
- Murillo, M. (2003). *Potencial forrajero del trébol pata de pájaro (Lotus corniculatus) en ecosistema de trópico de altura* (Tesis de grado). Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Official Association Analysis Center. (1995). *Official methods of analysis. Ass. Off. Agricultural chemist*. Washington: Autor.

- 40 Redvet. Revista Electrónica de Veterinaria. (1996-2014). Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
- Rojas, S. (2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Redvet*. Recuperado en febrero de 2010 de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf>
- Seany, R. S. y Henson, P. R. (1995). Cultivos para heno, leguminosas forrajeras y legumbres. *Zootecnia Tropical*, 13 (1), 58-64.
- Vicuña, P. (1985). *Pastos y forrajes de clima frío* (cartilla 3). Bogotá. Sena.