

Introducción y evaluación de especies herbáceas y arbustivas forrajeras en zonas de ladera de Cauca y Valle del Cauca, Colombia

F. A. Parra* y A. Gómez-Carabali**

Introducción

En Colombia, la actividad ganadera ocupa la mayor parte de la frontera agropecuaria. En los últimos 35 años, esta actividad pasó a ocupar, de 14.6 a 35.5 millones de hectáreas, con una tendencia a aumentar a expensas de los bosques. Los datos del inventario bovino colombiano no son precisos, pero se estima que en 1999 existían 26 millones de cabezas, que representaban 44.6% del PIB pecuario, equivalente a 9.2% del PIB nacional.

La reconversión social y ambiental de la ganadería es una urgencia y una prioridad para el país, que empieza a reflejarse en la política nacional ambiental, pero no así en la agropecuaria. Sin embargo, la intensificación de la ganadería puede incrementar significativamente su contribución en la alimentación, en el ingreso económico y en el bienestar de la población. Esta intensificación es viable con la tecnología disponible, la organización de los productores y el desarrollo de macropolíticas orientadas a frenar la especulación con el precio y la tenencia de las tierras (Murgueitio, 1999). Si se aplica una serie de principios relacionados con el ordenamiento territorial y la biodiversidad de los sistemas agroforestales, es posible, inclusive, que los beneficios socioeconómicos coincidan con los ambientales.

En el departamento del Valle del Cauca, Colombia, existía en 1994 una población bovina de 697,016 hembras y 296,755 machos, de los cuales aproximadamente el 70% se encontraba en las zonas de

ladera, siendo en su mayoría bovinos en sistema doble propósito. En el departamento del Cauca existían 452,400 bovinos en 649,996 ha, bajo condiciones de manejo tradicional, lo que se reflejaba en producciones de 3 a 4 lt/vaca por día, intervalo entre partos entre 520 y 560 días, ganancia de peso vivo animal entre 150 y 250 g/día, capacidad de carga menor que 1.3 animales/ha, e índices de natalidad entre 50% y 55%.

Las zonas de ladera de las cordilleras son ecosistemas frágiles con relieve ondulado a fuertemente ondulado, áreas rocosas, escarpadas y suelos con una alta tasa de erosión. Los pobladores de estas zonas en las cordilleras central y occidental de Colombia han desarrollado sistemas ganaderos bajo condiciones extensivas y agricultura de cultivos limpios, lo cual ha implicado la tala de extensiones considerables de bosque. La ganadería extensiva en las zonas de ladera de los departamentos de Cauca y Valle del Cauca ha generado la degradación del ecosistema por el uso excesivo de los suelos (CVC, 1998).

En estas zonas, la introducción de gramíneas y leguminosas forrajeras mejoradas contribuye al mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Por tanto, este trabajo tuvo como objetivos:

- Identificar algunas especies arbustivas y herbáceas con potencial de adaptación y producción en sistemas silvopastoriles en cuatro sitios representativos de zonas de ladera en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca.
- Medir la descomposición in situ del follaje de las especies arbustivas más promisorias y determinar las relaciones entre algunos indicadores de calidad en la degradación de la materia orgánica (M.O.) en el suelo.

* Zoot. MSc. Investigador Adjunto, Corpoica Regional Cinco, Palmira, Valle del Cauca, Colombia, Apartado Aéreo 1301, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

E-mail: f.parra@telesat.com.co

** I.A. PhD., Director Académico, Universidad del Pacífico, Buenaventura, Colombia.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo se desarrolló en el departamento del Cauca: Finca Bellavista (Fondo Ganadero del Cauca), zona agroecológica Cx, municipio de Mercaderes (1° 48' N; 77° 9' O); en un suelo con pH 6.5; 1.4 de M.O.; 4.3 ppm de P; 3.8 de Ca y 1.7 de Mg (meq/100 g de suelo). Granja San José Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Cauca, zona agroecológica Mc, localidad denominada Corpopaló en Santander de Quilichao (3° 10' N; 76° 29' O); pH 5.8; 3.1 de M.O.; 1.3 ppm de P; 6 de Ca y 5 de Mg (meq/100 g de suelo); y en el Valle del Cauca: finca Llanitos, Corregimiento Portugal de Piedras, municipio de Riofrío (4° 02' N; 76° 21' O), zona agroecológica Mc, en un suelo con pH de 5.8; 3.1 de M.O.; 5.7 ppm de P; 6.0 de Ca y 5.5 de Mg (meq/100 g de suelo) y finca El Porvenir, Vereda Coloradas, Corregimiento de San Antonio, municipio de Sevilla (4° 09' N; 76° 18' O), zona agroecológica Mg, suelo con pH de 5.6; 5.7 de M.O.; 3.8 de Ca y 1.7 de Mg (meq/100 g de suelo) (ver Cuadro 1).

Estas fincas están ubicadas entre 1000 y 1350 m.s.n.m. con temperaturas promedio entre 20 y 24 °C, relieves ondulado-escarpados y pendientes entre 10% y 25%. Las evaluaciones se realizaron con especies de gramíneas de los géneros *Brachiaria* (tres ecotipos), *Cynodon* (1), *Hyparrhenia* (1), *Panicum* (1); y de leguminosas herbáceas de los géneros *Centrosema* (6), *Arachis* (2), *Desmodium* (2) y leguminosas arbustivas de los géneros *Leucaena* (26), *Cratylia* (4), *Codariocalyx* (3), *Flemingia* (2), *Gliricidia* (1), *Cajanus* (2), *Clitoria* (1), *Sesbania* (2), *Tadehagi* (2), *Erythrina* (2), *Malvaviscus* (1), y *Dendrolobium* (2).

Mediciones

Especies herbáceas. Estas fueron sembradas en las cuatro localidades; no obstante, en Mercaderes y Santander de Quilichao, las especies con baja adaptación no generaron información suficiente para análisis. En las demás localidades se hicieron evaluaciones sobre adaptación en parcelas de 5 x 2.5 m en un área total de 12.5 m², excluyendo 0.25 m a cada lado y 0.5 m en los extremos para una parcela útil de muestreo de 4 m². En las semanas 3, 6, 9, 12 después de la siembra se midió el porcentaje de cobertura, como indicador de la celeridad del establecimiento. Las evaluaciones de producción de materia seca (MS) se hicieron en épocas de mínima y máxima precipitación con una frecuencia de cada 3 semanas. Finalmente, después de un corte de uniformación se midió la producción de MS como indicador de adaptación a las condiciones de suelo, clima y resistencia a plagas y enfermedades, bajo condiciones de cero manejo agronómico.

Para el análisis de los resultados con estas especies se utilizó la pendiente del terreno como criterio de bloqueo (B; 1, 2, 3...), Aj (ecotipos diferentes en especies y en números para cada localidad), Sij (efecto de la interacción de bloque x ecotipo), fueron analizadas las variables cobertura (%) y producción de MS (kg/ha) de las especies forrajeras herbáceas (S; 1...6), utilizando el modelo:

$$Y_{ij} = U + B_i + A_j + S_{ij} + E_{ij}$$

Especies arbustivas. Las plantas se sembraron en bolsas de polietileno con 2 kg de suelo donde permanecieron en vivero durante 3 meses, luego se trasladaron a las parcelas experimentales en el

Cuadro 1. Análisis de suelos en los sitios experimentales.

Prof. (cm)	pH	M.O. (%)	P (ppm)	Ca	Mg	K	Na	CICE	B	Cu	Fe	Zn
(meq/100 g)												
Finca Bellavista												
0-20	6.7	1.42	4.3	3.8	1.7	0.16	0.3	5.9	0.04	2.3	360	1.2
20-40	6.5	1.11	4.5	3.3	1.8	0.16	0.46	5.7	0.1	1.9	329	1.2
Finca de Corpopaló												
	4.7	6.9	2.6	1.8	1.1	0.4	5.00	0.1	6.9	48	7.3	2.1
Finca Llanitos												
	5.8	3.1	5.7	0.1	6.0	5.5	0.17	12.0	0.04	484	22	3
Finca El Porvenir												
0-20	5.6	5.7	2.3	0.2	3.8	1.7	0.2	6.2	0.04	243	8.7	3.9
20-40	5.8	5.7	3.9	—	6.6	2.1	0.3	9.3	0.04	484	10	5.3

campo con una distancia entre plantas de 1.5 y 2.0 m entre calles. Cada parcela consta de ocho plantas, cuatro centrales para medición y dos a cada extremo para eliminar el efecto de bordes.

En el caso de las especies arbustivas, los tratamientos se asignaron mediante un diseño estadístico de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, siendo las parcelas principales las accesiones (A_j , número diferente en cada sitio) y las subparcelas las épocas de lluvia y sequía (B_k). El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + R_i + A_j + S_{ij} + B_k + AB_{jk} + E_{ijk}$$

Los resultados fueron analizados siguiendo el procedimiento general de modelos lineales del programa SAS (SAS, 1989).

Descomposición de la MS y liberación de nitrógeno. En el sitio Corpopalo se hicieron evaluaciones sobre la descomposición de la MS y la liberación de nitrógeno (N) de cinco ecotipos de leguminosas arbustivas sobresalientes en las pruebas de introducción agronómica (*C. argentea* CIAT 18957 y 18668, *F. macrophylla* CIAT 17403, *C. gyroides* CIAT 33131 y 13547). Para el efecto se empleó la metodología de bolsas de descomposición (Palm y Sánchez, 1990; Thomas y Asakawa, 1993; Cobo, 1997).

Los análisis químicos en la biomasa incluyeron las concentraciones de carbono (Anderson e Ingram, citados por Cobo, 1998), nitrógeno total por el método Kjendahl, lignina por la técnica de detergente ácido y polifenoles solubles mediante extracción con etanol al 50% a 80 °C (Walkey y Black, 1934, citados por Thomas y Asakawa, 1993).

La descomposición de los materiales, mediante la pérdida de peso correspondiente a cada tiempo de degradación, generó el porcentaje de peso seco remanente (% PSR) calculado mediante el cociente del peso seco en horno del material remanente sobre el peso seco del material inicial, de acuerdo con la metodología propuesta por Miah et al., 1993 (citados por Cobo, 1998).

Análisis estadístico. Los resultados del porcentaje de PSR y N libre se analizaron por la prueba de "t" de Tukey. Para calcular la tasa de descomposición y la liberación de N de los residuos se realizó un análisis de regresión entre las medias de las variables PSR, N libre, lignina y polifenoles vs. el tiempo requerido para descomposición en cada especie. Debido a que los resultados mostraron una tendencia exponencial, se determinaron las constantes de descomposición y

liberación de N (K_d y K_n , respectivamente) para cada especie mediante el modelo único exponencial:

$$W/W_0 = W_0 e^{-kt}$$

donde:

W_t = es la cantidad de masa N inicial

W_0 = es la masa de N remanente en un tiempo "t" determinado.

Con el objeto de explicar los efectos de estos parámetros en cada uno de los procesos evaluados, se realizó un análisis de correlación entre los parámetros químicos del material inicial y las tasas de descomposición y liberación para cada especie. Los análisis de resultados se realizaron mediante los procedimientos GLM, REG y NLIN del sistema estadístico de SAS (Statistical Analysis System) con una probabilidad de 0.05.

Resultados y discusión

Especies herbáceas con potencial forrajero

En Mercaderes y en Santander de Quilichao, las especies herbáceas no se establecieron; por tanto, no se presentan datos sobre su comportamiento.

En la finca Llanitos, Riofrío, Valle del Cauca, por su cobertura sobresalieron *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713, *C. pubescens* CIAT 15160, y *Desmodium ovalifolium* CIAT 13089 y 350 (Cuadro 2). El promedio de producción de MS de estas accesiones 6 semanas después del corte fue el más alto (Cuadro 3). Entre la sexta y novena semana de evaluación se observaron ataques de comedores de follaje siendo ésta, probablemente, una razón para la reducción de la producción de MS observada a las 9 semanas.

Gramíneas

En la finca Llanitos, *Hyparrhenia rufa* CIAT-383, una especie naturalizada en la zona, presentó un porcentaje de cobertura inferior al de *B. humidicola* CIAT 6369 (Cuadro 4).

En esta finca, en las épocas de evaluación la producción de MS fue similar entre los ecotipos en estudio (Cuadro 5), con excepción de *Cynodon* sp. CIAT-596. En Quilichao, Abaunza et al. (1991) encontraron producciones de MS de 2.4 t/ha para *B. dictyoneura* CIAT 6133, 4.1 t/ha para *B. dictyoneura* CIAT 6133 y 3.3 t/ha para *B. brizantha* CIAT 6780.

Cuadro 2. Cobertura (%) de leguminosas forrajeras herbáceas en la finca Llanitos, municipio de Riofrío, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>D. ovalifolium</i>	350	68.3 a*	70.0 ab	65.0 ab	73.3 ab
<i>C. macrocarpum</i>	5713	58.3 ab	83.3 a	66.7 ab	90.0 a
<i>C. pubescens</i>	15160	56.7 ab	76.7 ab	86.7 a	90.0 a
<i>C. pubescens</i>	438	53.3 abc	66.7 ab	78.3 a	66.7 abc
<i>D. ovalifolium</i>	13089	53.3 abc	53.0 abc	75.0 a	75.0 a
<i>C. macrocarpum</i>	15014	40.0 bc	62.0 abc	42.0 bc	45.0 bc
<i>C. acutifolium</i>	15086	35.0 bcd	45.0 bc	41.7 bc	41.8 bcd
<i>C. acutifolium</i>	5277	28.3 cd	29.3 c	22.5 d	33.3 cd
<i>C. brasilianum</i>	5657	10.0 d	3.7 d	5.0 d	8.3 d

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 3. Promedio de producción de MS (t/ha) de leguminosas forrajeras herbáceas en la finca Llanitos, municipio de Riofrío, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>D. ovalifolium</i>	350	0.27 bc*	1.17 ab	1.31 ab	1.24 bcd
<i>C. macrocarpum</i>	5713	0.48 a	1.70 a	1.40 ab	2.14 a
<i>C. pubescens</i>	15160	0.27 bc	1.15 b	1.73 a	1.44 bc
<i>C. pubescens</i>	438	0.270 bc	0.74 bc	1.34 ab	0.92 bcd
<i>D. ovalifolium</i>	13089	0.34 ab	1.085 b	0.88 bcd	1.51 ab
<i>C. macrocarpum</i>	15014	0.35 ab	0.83 bc	0.95 ab	1.14 bcd
<i>C. acutifolium</i>	15086	0.10 cd	0.37 bc	—	—
<i>C. acutifolium</i>	5277	0.13 bcd	0.170 c	0.35 cd	0.49 cd

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t". Las comparaciones se realizan entre ecotipos en la misma semana de rebrote.

Cuadro 4. Cobertura (%) de gramíneas forrajeras en la finca Llanitos, municipio de Riofrío, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>B. humidicola</i>	6369	96.7 a*	100.0 a	86.7 a	96.7 a
<i>B. dictyoneura</i>	6133	76.7 b	71.7 b	70.0 a	71.7 bc
<i>B. brizantha</i>	6780	75.0 b	75.0 ab	78.3 a	85.0 ab
<i>P. maximum</i>	6299	60.0 bc	88.3 ab	76.7 a	78.3 abc
<i>H. rufa</i>	-383	55.0 c	70.0 b	85.0 a	88.3 ab
<i>Cynodon sp.</i>	-596	30.0 d	36.7 c	38.3 b	63.3 c

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 5. Producción de MS (t/ha) de gramíneas forrajeras en la finca Llanitos, municipio de Riofrío, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>B. humidicola</i>	6369	0.84 abc*	2.14 a	2.84 ab	2.82 a
<i>B. dictyoneura</i>	6133	0.76 bc	1.41 ab	2.85 ab	2.15 a
<i>B. brizantha</i>	6780	1.41 a	1.53 ab	2.09 ab	1.89 a
<i>P. maximum</i>	6299	0.85 abc	1.32 ab	3.08 a	2.49 a
<i>H. rufa</i>	-383	1.14 ab	1.93 a	2.70 ab	2.86 a
<i>Cynodon sp.</i>	-596	0.31 c	0.76 b	0.57 b	0.69 b

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

En El Porvenir, municipio de Sevilla, los porcentajes de cobertura no variaron entre ecotipos (Cuadro 6); no obstante, que *B. dictyoneura* CIAT 6133 tuvo un desarrollo inicial lento, ha sido seleccionado por varios agricultores de la zona por su capacidad para cubrir el suelo y evitar la erosión.

A pesar de que *P. maximum* CIAT 6299 y *B. brizantha* CIAT 6780 presentan en esta localidad buena producción de MS (Cuadro 7), su hábito de crecimiento en macollas no les permite cubrir en forma adecuada el suelo, lo que favorece la erosión por los animales en pastoreo. *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133 presenta la mayor producción de MS entre la

sexta y la novena semana y garantiza una mejor cobertura del suelo, en comparación con las demás gramíneas evaluadas.

Leguminosas

En la finca El Porvenir, Sevilla, la mayor cobertura del suelo se encontró en *C. macrocarpum* CIAT 5713 y 15014, *A. pintoii* CIAT 17434 y *C. pubescens* CIAT 15160, con promedios superiores a 50% en todas las mediciones (Cuadro 8). Estos valores son superiores a los encontrados en la finca La Romelia en Chinchiná, Caldas, por Suárez et al. (1991) para estas mismas leguminosas.

Cuadro 6. Cobertura (%) de gramíneas forrajeras en la finca El Porvenir, municipio de Sevilla, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>B. dictyoneura</i>	6133	76.7 a*	68.3 a	75 a	92 a
<i>B. brizantha</i>	6780	100.0 a	58.0 a	95 a	97 a
<i>P. maximum</i>	6299	50.0 a	83.0 a	93 a	98 a
<i>B. humidicola</i>	6369	38.0 b	52.0 a	37 b	50 b
<i>Cynodon</i> sp.	-596	50.0 a	52.0 a	53 a	63 a

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 7. Producción de MS (t/ha) de seis gramíneas forrajeras en la finca El Porvenir, municipio de Sevilla, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>B. dictyoneura</i>	6133	1.11 a*	2.86 a	1.87 ab	2.85 ab
<i>B. brizantha</i>	6780	1.47 a	1.96 ab	2.17 ab	2.69 ab
<i>P. maximum</i>	6299	1.19 a	3.19 a	3.14 a	3.87 a
<i>B. humidicola</i>	6369	0.87 a	2.40 ab	1.53 ab	1.64 b
<i>Cynodon</i> sp.	-596	0.61 b	0.73 b	0.85 b	1.10 b

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 8. Cobertura (%) de leguminosas herbáceas en la finca El Porvenir, municipio de Sevilla, Valle del Cauca (Colombia).

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>C. macrocarpum</i>	5713	73 a*	87 a	93 a	97 a
<i>A. pintoii</i>	17434	73 a	72 ab	85 a	85 ab
<i>C. pubescens</i>	15160	68 a	67 ab	73 ab	70 ab
<i>C. macrocarpum</i>	15014	63 a	67 ab	77 ab	78 ab
<i>C. pubescens</i>	438	50 ab	66 ab	57 bc	68 ab
<i>D. ovalifolium</i>	13089	39 ab	53 abc	40 cd	68 ab
<i>C. acutifolium</i>	15086	21 b	32 bc	30 cde	53 bc
<i>D. ovalifolium</i>	350	20 b	38 bc	50 bc	30 cd
<i>C. brasilianum</i>	5657	15 b	15 c	18 c	5 d
<i>C. acutifolium</i>	5277	12 b	17 c	12 c	53 bc

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

En esta localidad, *C. macrocarpum* CIAT 5713 produjo la mayor cantidad de MS (Cuadro 9).

Especies arbustivas con potencial forrajero

En Mercaderes

En la finca Bellavista se recolectó información de 29 ecotipos de leguminosas arbustivas, siendo ellas un material de *Gliricidia* sp. (recolectado en una ladera de la región del Patía, próxima al sitio experimental), tres ecotipos CIAT de *Cratylia argentea*, 25 ecotipos de *Leucaena leucocephala*, *L. ensiformis* y *Leucaena* sp. Estos materiales difirieron en producción de MS ($P < 0.001$).

Leucaena leucocephala CIAT Bv01 y *C. argentea* CIAT 18676 presentaron promedios correspondientes a tres épocas de sequía y dos de

lluvias con producciones de 91.8 y 83.97 g/planta, respectivamente (Cuadro 10).

En Santander de Quilichao

En Corpopaló, Santander de Quilichao, *C. argentea* CIAT 18957 y 18668 fueron superiores ($P < 0.05$) a los demás materiales evaluados, tanto en producción de MS (Cuadro 11) como por su tolerancia al ataque de plagas y enfermedades.

En Riofrío

En la finca Llanitos, los ecotipos más productivos fueron *C. argentea* CIAT 18516 y 18957 (Cuadro 12).

En esta localidad se presentó un fuerte ataque de hormigas en todos los ecotipos evaluados y muerte descendente en *C. gyroides* después del tercer corte.

Cuadro 9. Producción de MS (t/ha) de leguminosas forrajeras en la finca El Porvenir, municipio de Sevilla.

Especie	Ecotipo (CIAT no.)	Edad (semanas)			
		3	6	9	12
<i>C. macrocarpum</i>	5713	0.38 a	1.54 a	1.87 a	1.88 a
<i>A. pintoi</i>	17434	0.46 a	0.57 c	0.99 bc	0.71 c
<i>C. pubescens</i>	15160	0.41 a	0.76 bc	0.94 bc	0.76 bc
<i>C. macrocarpum</i>	15014	0.39 a	0.85 b	1.20 a	1.06 b
<i>C. pubescens</i>	438	0.31 b	0.61 c	0.89 b	0.76 bc
<i>D. ovalifolium</i>	13089	0.14 b	0.57 c	0.33 cd	0.51 c
<i>C. acutifolium</i>	15086	0.12 bc	0.25 d	0.32 e	0.37 e
<i>D. ovalifolium</i>	350	0.16 b	0.52 c	0.54 cd	0.37 e
<i>C. brasilianum</i>	5657	0.09 c	0.09 c	0.21 ef	0.07 f
<i>C. acutifolium</i>	5277	0.03 d	0.11 c	0.17 f	0.33 e

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 10. Promedios de producción de follaje (MS, g/planta) de leguminosas arbustivas en Mercaderes, Cauca (Colombia). Promedio de tres cortes en época seca y dos cortes en época de lluvia.

Ecotipo (no. CIAT)	MS (g/planta)	Ecotipo (no. CIAT)	MS (g/planta)	Ecotipo (no. CIAT)	MS (g/planta)
<i>L. leucocephala:</i>		17495	76.05 abc	17474	9.27 abc
Bv01	91.85 a*	734	26.63 abc	17476	24.47 abc
17488	38.51 abc	17467	23.23 abc	17477	10.65 abc
937	35.42 abc	17502	15.29 abc	<i>L. diversifolia:</i>	
17498	32.60 abc	17217	12.89 abc	17388	49.69 abc
17489	20.16 abc	7415	15.25 abc	<i>L. esculenta:</i>	
932	33.04 abc	17219	49.02 abc	17227	59.31 abc
17483	52.23 abc	17222	37.39 abc	<i>C. argentea:</i>	
9441	33.30 abc	<i>L. leucocephala x pulverulenta:</i>		18676	83.97 b
766	29.19 abc	17473	19.69 abc	18516	51.80 abc
9101	24.29 abc	17475	13.18 abc	18668	36.71 abc

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 11. Producción de MS (g/planta) de leguminosas arbustivas. Corpopaló, Santander de Quilichao, Cauca (Colombia).

Ecotipo (CIAT no.)	MS (g/planta)
<i>C. argentea</i> 18957	191.56 a*
<i>C. argentea</i> 18668	157.03 a
<i>C. gyroides</i> 33131	41.97 b
<i>F. macrophylla</i> 17403	35.55 b
<i>L. leucocephala</i> 17503	28.75 b
<i>C. gyroides</i> 13547	26.56 b
<i>L. leucocephala</i> 17502	21.16 b
<i>L. leucocephala</i> 17498	14.86 b

* Valores seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 12. Producción de MS (g/planta) de leguminosas arbustivas. Municipio de Riofrío, Valle del Cauca (Colombia). Promedio de cinco cortes.

Ecotipo (CIAT no.)	MS (g/planta)
<i>C. argentea</i> 18516	132.38 a*
<i>C. argentea</i> 18957	107.47 a
<i>C. argentea</i> 18668	52.76 b
<i>C. gyroides</i> 13547	52.24 b
<i>L. leucocephala</i> 17502	11.98 c

* Valores seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

Cuadro 13. Peso seco residual (kg/bolsa) de follaje en bolsa de nylon, de cinco ecotipos de leguminosas arbustivas en la localidad Corpopaló, Santander de Quilichao, Cauca (Colombia).

Ecotipo (CIAT no.)	Semanas				
	2	4	8	16	24
<i>C. argentea</i> 18957	11.15	9.85	7.58	4.50	4.44
<i>C. argentea</i> 18668	10.60	9.10	7.58	7.14	5.44
<i>C. gyroides</i> 13547	12.80	12.00	11.69	11.18	10.60
<i>C. gyroides</i> 33131	13.04	12.02	11.27	9.14	8.94
<i>F. macrophylla</i> 7403	11.56	11.53	11.27	9.14	8.69

Cuadro 14. Indicadores estadísticos sobre degradación de MS en bolsa de nylon de cinco ecotipos de leguminosas arbustivas en la localidad de Corpopaló, Santander de Quilichao, Cauca (Colombia).

Parámetro*	Ecotipo (número CIAT)									
	<i>C. argentea</i> 18957		<i>C. argentea</i> 18668		<i>C. gyroides</i> 13547		<i>C. gyroides</i> 33131		<i>F. macrophylla</i> 17403	
	Valor	P > t	Valor	P > t						
B ₀	2.77	0.0002	2.54	0.0001	2.59	0.0001	2.70	0.0001	2.56	0.0001
B ₁	-0.410	0.0057	-0.242	0.0065	-0.069	0.0020	-0.161	0.0076	-0.097	0.0869

a. B₀ = intercepto; B₁ = tasa de descomposición/semana.

En Sevilla

En esta localidad sólo fue posible evaluar *C. gyroides* CIAT 33129 en tres períodos de máxima (349 g/planta) y un número igual de períodos en mínima precipitación (202.3 g/planta).

Degradación de la materia seca y liberación de nitrógeno

En Corpopaló (Santander de Quilichao)

Cratylia argentea CIAT 18957 y 18668 presentaron la máxima descomposición de la MS entre la octava y la decimosexta semana (74% y 60%, respectivamente). *Codariocalyx gyroides* y *F. macrophylla* presentaron menores tasas de descomposición (Cuadros 13 y 14), posiblemente por sus niveles altos de taninos condensados (Lazier, 1981).

En el Cuadro 15 se observa el comportamiento de la liberación de nitrógeno medido en bolsas a través del tiempo. Se encontró que los mayores valores (> 60%) ocurrieron en *C. argentea* CIAT 18957 y 18668. Este nitrógeno puede, en parte, ser aprovechado por las plantas o perderse por volatilización o lavado a partir del suelo, o ser fijado por la fracción mineral.

Las pérdidas de peso de la MS presentaron correlaciones significativas con la tasa de liberación de nitrógeno. Sin embargo, la relación carbono/nitrógeno

Cuadro 15. Porcentaje de nitrógeno libre determinado en bolsa de nylon de leguminosas arbustivas en Corpopaló, Santander de Quilichao, Cauca (Colombia).

Ecotipo (CIAT no.)	Semanas				
	2	4	8	16	24
<i>C. argentea</i> 18957	35.89	47.96	55.91	79.01	84.97
<i>C. argentea</i> 18668	42.86	58.36	55.87	72.46	75.65
<i>C. gyroides</i> 13547	11.18	27.61	3	14.75	29.86
<i>C. gyroides</i> 33131	9.13	45.69	-9.81	0.75	21.46
<i>F. macrophylla</i> 17403	41.73	45.03	59.74	46.38	61.21

(0.73), lignina + polifenoles/nitrógeno (0.29) no fueron significativas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos con los materiales herbáceos forrajeros evaluados en este estudio mostraron nuevamente su potencial en zonas de ladera. Las especies de *Brachiaria*, especialmente *C. dictyoneura* CIAT 6133 y *C. macrocarpum* CIAT 5713 presentaron un comportamiento aceptable en Riofrío y Sevilla. Las leguminosas arbustivas *C. argentea* CIAT 18668 y 18516 presentaron, además de una alta producción de MS, una alta degradación de N en el suelo y altos valores de liberación de N. *Codariocalyx gyroides*, una especie de lenta degradación, asociada con niveles altos de fenoles, presentó resistencia al ataque de plagas y altos niveles de materia muerta en el suelo, lo que podría ser un aporte importante a la sostenibilidad de los ecosistemas.

Summary

The adaptation of herbaceous and shrub forage species, without fertilization, was evaluated on farms in hillside areas of Mercaderes and Santander de Quilichao (Department of Cauca) and of Riofrío and Sevilla (Department of Valle del Cauca) in Colombia. In Mercaderes, *Leucaena leucocephala* CIAT Bv01, *Cratylia argentea* CIAT 18676, and *L. leucocephala* CIAT 17495 yielded 92, 84, and 76 g DM/plant, respectively, every 9 weeks. In Santander de Quilichao, the performance of *C. argentea* CIAT 18957 (191 g DM/plant) and *C. argentea* CIAT 18668 (157 g DM/plant) was outstanding. In Riofrío, *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 and *C. pubescens* CIAT 15160 presented outstanding yields with 2.14 and 1.14 t DM/ha at 12 weeks, respectively. Among the grasses, *Brachiaria humidicola* CIAT 6369, *B. dictyoneura* CIAT 6133, and *Panicum maximum* CIAT 6299 were outstanding. In Sevilla, the best performing legume was *C. macrocarpum* CIAT 5713 (1.89 t DM/ha at 12 weeks).

Ecotypes, such as *B. dictyoneura* CIAT 6133, *B. humidicola* CIAT 6369, *C. macrocarpum* CIAT 5713, and *C. argentea* CIAT 18516 and 18668, adapt well to the conditions of this survey and are promising alternatives for managing soils and forage on offer in hillside areas of Latin America's lowland tropics.

Referencias

- Argel, P. J. 1996. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. En: Memorias del taller de trabajo sobre *Cratylia*. Junio 19 y 20 de 1995. Brasilia, D. F., Brasil. p. 75.
- Avila, P. 1999. Efecto de la suplementación con especies forrajeras en la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 195 p.
- Chesson, A. 1997. Plant degradation by ruminants: Parallels with decomposition in soils. En: Cadisch, G. y Giller, K. E. (eds.). Driven by nature. Plant litter quality and decomposition. p. 47-66.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1990. Germoplasma-Agronomía, Llanos Orientales. En: Informe anual 1988. Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 69. Colombia. p. 2.1-2.15, 6.1-6.15.
- Cobo, J. G. 1998. Abonos verdes como fuente de nitrógeno en un agroecosistema tropical de ladera en Colombia. Tesis MSc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 1997. Proyecto CIG-Corpoica-Colciencias. 90 p.
- _____. 1996. Mejoramiento de pasturas en sistemas de doble propósito en el piedemonte del Caquetá, Colombia; proyecto con la colaboración de Nestlé de Colombia, Universidad de la Amazonía y CIAT. Plegable de divulgación no. 2, agosto de 1996. Florencia, Caquetá, Colombia. p. 5.

- _____. 1994. Manejo de bovinos doble propósito. Bol. téc. no. 232, Corpoica Regional Cinco, Cali, Colombia. 42 p.
- Corporación Ambiental para el Valle del Cauca. 1998. Plan de Gestión Ambiental para el Valle del Cauca 1998-2002.
- CVC (Corporación Autónoma Regional del Cauca). 1991. Plan de reordenamiento del uso del suelo en el departamento del Cauca. Corporación para la Reconstrucción del Cauca. Popayán, Colombia. 280 p.
- Domínguez, V. A. 1999. Análisis estadístico con factores no aleatorizados. Unidad de Biometría, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación Palmira.
- Jaramillo, H. L. 1997. Caracterización de cinco especies arbóreas forrajeras con potencial de uso en zona de ladera del Valle del Cauca. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Lascano, C. E. 1995. Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. En: Memorias del taller de trabajo sobre *Cratylia* realizado el 19 y 20 de julio de 1995, Brasilia, D.F., Brasil. p. 83-97.
- Lazier, J. R. 1981. Effect of cutting height and frequency on dry matter production of *Codariocalyx gyroides* in Belice. Trop. Grassl. 15(1):10-16.
- Maass, B. L. 1995. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) en Colombia. En: Memorias del taller de trabajo sobre *Cratylia* realizado el 19 y 20 de julio de 1995, Brasilia, D.F., Brasil. p. 21.
- Murgueitio, E. R. 1999. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. En: Primer Seminario sobre Agroforestería. Octubre de 1999. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.
- Palm, C. A. y Sánchez, P. A. 1990. Decomposition and nutrient release of the leaves of three tropical legumes. Biotropica 22(4):330-338.
- Parra, P. F. 1992. Avances del proyecto de alternativas forrajeras en el Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Popayán, Colombia. 10 p.
- _____. 1990. Las leguminosas nativas en el Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Popayán, Colombia. 10 p.
- Perdomo, U. P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. p. 128.
- Quiñonez, T. W. 1996. Efecto de suplementación con *Cratylia argentea* en la utilización por ovinos de un heno de gramínea de baja calidad. Tesis Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- SAS (Statistical Analysis System). 1989. ISTAT user's guide. Versión 6. 4a. ed. Volumen 2. SAS Institute Inc., Cary, NC, E.U. 846 p.
- Suárez, S.; Wood, M.; y Norteliff, S. 1991. Selección de leguminosas forrajeras e inoculación con *Rhizobium* en dos localidades de la zona cafetera. Revista Cenicafé 42(4):103-108.
- Thomas, R. y Asakawa, N. M. 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biol. Biochem. 25(10):1351-1361.
- Toledo, J. M. (ed.). 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 168 p.
- URPA (Unidad Regional de Planeación Agropecuaria). 1993. Uso de los suelos del departamento del Cauca. Popayán, Colombia. 45 p.