

Adaptación y producción de leguminosas forrajeras arbustivas en la región tropical húmeda de Bolivia

A. Vallejos y R. Cardona*

Introducción

El ecosistema de bosque tropical lluvioso constituye una amplia frontera agrícola caracterizada por la fragilidad de los suelos y la vegetación. En Bolivia, este ecosistema comprende aproximadamente 10 de los 70 millones de hectáreas de la Amazonía utilizadas para la explotación ganadera.

En esta región, las pasturas mejoradas están constituidas por gramíneas que representan el principal recurso para la alimentación de bovinos. Sin embargo, éstas se caracterizan por la marcada estacionalidad en su producción, como resultado de las variaciones de clima a través del año. Así, la productividad y el valor nutritivo de los forrajes son mayores en la época de lluvias; por el contrario, durante la época seca, la escasa disponibilidad y pobre calidad de éstos limitan la producción animal, especialmente en las zonas de suelos ácidos de baja fertilidad.

Desde 1981, el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) está evaluando nuevo germoplasma forrajero, con el objeto de brindar alternativas de producción con base en especies persistentes, de buen rendimiento y calidad nutritiva. Los resultados de varios ensayos sobre adaptación y producción de gramíneas y leguminosas indican que en la región es posible establecer con éxito varias especies forrajeras.

Algunos ensayos (Faria et al., 1987; Soares et al., 1992; Vallejos, 1986) demuestran el efecto positivo de la aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre el aumento en el rendimiento y en la calidad de forraje y, consecuentemente, en la capacidad de sostenimiento

de las pasturas. No obstante, el alto costo de aquellos limita su utilización en la mayoría de las explotaciones ganaderas del trópico. Surge, entonces, la utilización de leguminosas arbustivas como una alternativa práctica y económica para la sustitución del nitrógeno mineral, ya que éstas presentan alto contenido de proteína, elevada digestibilidad y mayor resistencia a la sequía, en comparación con las gramíneas (Bruce, 1965).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, entre enero de 1992 y febrero de 1995, en las provincias bolivianas del Chapare y Carrasco, departamento de Cochabamba, se evaluaron la producción de forraje y la calidad nutritiva de 30 accesiones de leguminosas arbustivas, con el objeto de seleccionar las mejor adaptadas a las condiciones de clima, suelos y a los factores bióticos de la región.

Materiales y métodos

Localización, suelos y clima. El departamento de Cochabamba está localizado entre 17° 50' y 20° 65' de latitud sur y entre 64° 50' y 68° 65' de longitud oeste. Las características de los suelos y clima de las localidades (dos fincas y dos estaciones experimentales) en las cuales se realizaron los ensayos aparecen en los Cuadros 1 y 2.

En relación con las propiedades físicas, los suelos de Ichoa y Chipiriri presentan mayor contenido de arena; el de La Jota es alto en arcilla y el de San Julián es alto en limo. En general, el pH es bajo (< 4.9), pero los contenidos de Ca, Mg y K son adecuados para el desarrollo de especies forrajeras. Con excepción de los suelos en San Julián, en los demás suelos la alta saturación de aluminio (> 60%) puede limitar el desarrollo de las plantas.

Los ecosistemas en los sitios experimentales son tropical lluvioso y semi-siempreverde estacional con un promedio de temperatura entre 24.5 y 25.5 °C, y una

* Respectivamente: investigador principal y asistente del Programa Forrajes del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), Estación Experimental Chipiriri, Casilla postal 5409, Cochabamba, Bolivia.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos en los sitios experimentales.

Localidad	Suborden	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P (ppm)	Ca Mg K Al				Sat. Al (%)
									(cmol/kg)				
San Julián	Aquic	0-20	21	55	24	4.9	3.5	21	11.1	2.6	0.2	0.0	0
	Dystropept	20-40	28	56	16	4.9	0.8	11	6.0	1.4	0.1	0.2	3
Chipiriri	Typic	0-20	57	32	11	4.5	0.7	6	0.3	0.1	0.1	1.2	71
	Dystropept	20-40	49	40	11	4.3	0.4	4	0.2	0.1	0.2	2.4	83
La Jota	Fluventic	0-20	25	45	30	3.9	4.9	19	0.6	0.2	0.2	2.3	70
	Dystropept	20-40	10	60	30	3.9	2.0	7	0.1	0.1	0.1	2.2	88
Ichoa	Typic	0-20	55	25	20	4.4	1.7	2	0.3	0.3	0.2	1.3	62
	Paleudult	20-40	54	24	22	4.3	0.8	2	0.1	0.1	0.1	1.4	82

Cuadro 2. Características del clima durante el período experimental en las localidades donde se realizaron los ensayos. Cochabamba, Bolivia.

Localidad	Precipitación (mm) ^a						Temp. ^b (°C)	Prec. ^b (mm)	Altura (m.s.n.m.)	Ecosistema
	Mx1	Mn1	Mx2	Mn2	Mx3	Mn3				
San Julián	—	—	—	—	—	—	25.0	—	200	Bosque lluvioso
Chipiriri	2567	526	2578	657	3109	224	25.5	5763	225	Bosque lluvioso
La Jota	2083	734	1815	449	2527	145	25.0	4270	240	Bosque lluvioso
Ichoa	1645	286	1450	393	1868	306	24.5	3286	325	Bosque estacional

a. Mx1 = Primer período de máxima precipitación.
Mx2 = Segundo período de máxima precipitación.
Mx3 = Tercer período de máxima precipitación.

Mn1 = Primer período de mínima precipitación.
Mn2 = Segundo período de mínima precipitación.
Mn3 = Tercer período de mínima precipitación.

b. Promedios de temperatura y precipitación de 10 años.

precipitación anual que varía entre 3286 mm en Ichoa y 5763 mm en Chipiriri. La altura sobre el nivel del mar varía entre 200 y 325 m.

Accesiones y metodología para su evaluación. Se evaluaron 30 accesiones de leguminosas arbustivas que fueron suministradas por la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT (Cuadro 3). En enero de 1992 se sembraron en el campo en parcelas de un surco con seis plantas, distanciadas 1.0 m entre sí y 2.5 m entre surcos (hileras). El área útil de muestreo fue de 10 m², correspondiente a las cuatro plantas centrales. Durante el establecimiento del ensayo se aplicaron el equivalente a 50 y 30 kg/ha de P y K, respectivamente.

Aproximadamente 120 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaban una altura de 2 m, en promedio, se hizo un corte de uniformización a 50 cm sobre el suelo. A partir de julio de 1992 se evaluaron la producción total de materia seca (MS) y de las fracciones fina (porciones de planta < 6 mm) y

gruesa, el crecimiento semanal, el número de rebrotes, la incidencia de enfermedades y plagas, y se observó la fenología de las plantas. Estas evaluaciones se hicieron durante tres períodos de máxima y tres de mínima precipitación, siguiendo la metodología propuesta por la RIEPT. Además, en el quinto corte, que coincidió con la época seca, y en el sexto, que coincidió con la húmeda, se determinaron el contenido de PC, P y Ca en las 10 accesiones de mejor comportamiento agronómico.

Se utilizó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con dos repeticiones, en el cual las parcelas principales fueron las localidades y las subparcelas las accesiones. En los cuatro sitios experimentales se establecieron, además, parcelas adicionales de cada accesión, las cuales se utilizaron para observar la floración y la producción de semilla. La comparación estadística de los promedios se hizo por medio de la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1990). Los resultados se analizaron considerando cada período de evaluación en forma individual.

Cuadro 3. Germoplasma de leguminosas forrajeras arbustivas utilizadas en el ensayo.

No.	Especie	Accesión CIAT no.
1	<i>Acacia angustissima</i>	20126
2	<i>Cajanus cajan</i>	7839
3		17522
4		18700
5	<i>Calliandra</i> sp.	20400
6	<i>Clitoria fairchildiana</i>	18724
7	<i>Codariocalyx gyroides</i>	3001
8		13548
9		23748
10	<i>Cratylia argentea</i>	18516
11		18957
12	<i>Dendrolobium triangulare</i>	13262
13	<i>Desmodium velutinum</i>	13218
14		13220
15		23134
16	<i>Flemingia macrophylla</i>	801
17		7184
18		19453
19		20626
20	<i>Flemingia strobilifera</i>	17412
21	<i>Leucaena diversifolia</i>	17388
22	<i>Leucaena leucocephala</i>	17474
23		17477
24		17502 ^a
25		18477
26	<i>Phyllodium</i> sp.	13722
27	<i>Sesbania sesban</i>	19679
28		21250
29	<i>Tadehagi</i> sp.	13274
30	<i>Tadehagi triquetrum</i>	13277

a. cv. Cunningham.

Resultados y discusión

Se presentan los resultados obtenidos con las especies y las accesiones que persistieron en todas las localidades después de tres períodos de evaluación en épocas de máxima y mínima precipitación.

Producción de MS. La alta variación encontrada entre géneros y especies dentro de éstos era de esperarse, ya que se trata de materiales heterogéneos por su procedencia y morfología.

El rendimiento de MS de las fracciones fina y gruesa de las leguminosas en ambos períodos de evaluación, aparecen en los Cuadros 4 y 5. Los mayores rendimientos de MS ocurrieron en los sitios La Jota y Chipiriri ($P < 0.05$). En San Julián, a excepción de *C. gyroides* CIAT 3001, *L. diversifolia* CIAT 17388 y *L. leucocephala* CIAT 17502 (cv. Cunningham), las demás accesiones presentaron rendimientos aceptables de MS. En Ichoa se presentaron los menores rendimientos de MS y éstos variaron poco entre períodos de evaluación; por el contrario, en Chipiriri, la precipitación produjo un efecto fuerte en los rendimientos de las leguminosas.

En ambos períodos de evaluación, las menores producciones de MS, tanto de la fracción fina —parte que se considera aprovechable por el animal— como de la fracción gruesa, ocurrieron con las accesiones de *L. diversifolia* y *L. leucocephala*, que alcanzaron

Cuadro 4. Promedio de producción de MS (t/ha) de partes de la planta, en tres períodos de mínima precipitación de las accesiones mejor adaptadas, en cuatro localidades de Cochabamba, Bolivia.

Especie	Accesión CIAT no.	San Julián		Chipiriri		La Jota		Ichoa	
		FF*	FG**	FF	FG	FF	FG	FF	FG
<i>A. angustissima</i>	20126	2.39 abc***	0.77 a	0.88 a	0.12 bc	1.19 b	0.49 ab	1.05 b	0.54 a
<i>Calliandra</i> sp.	20400	3.05 abc	1.02 a	4.79 a	1.70 a	5.02 a	1.39 a	3.17 ab	1.15 a
<i>C. gyroides</i>	3001	0.67 c	0.14 a	1.50 a	0.09 bc	2.16 ab	0.13 b	2.35 ab	0.13 a
	13548	3.26 abc	0.55 a	5.17 a	0.62 abc	2.42 ab	0.25 b	8.54 a	1.09 a
	23748	0.94 c	0.27 a	1.67 a	0.33 bc	1.96 ab	0.15 b	3.21 ab	0.18 a
<i>F. macrophylla</i>	801	2.91 abc	1.43 a	2.56 a	0.78 abc	2.25 ab	0.69 ab	1.68 b	0.68 a
	7184	4.93 ab	2.22 a	3.64 a	0.97 abc	2.63 ab	0.85 ab	1.79 b	0.56 a
	19453	2.10 abc	0.92 a	1.62 a	0.57 abc	2.56 ab	0.81 ab	1.45 b	0.49 a
	20626	5.31 a	2.46 a	3.70 a	1.42 ab	2.66 ab	0.75 ab	2.32 ab	0.97 a
<i>L. diversifolia</i>	17388	0.76 c	0.48 a	0.32 a	0.13 bc	0.45 b	0.21 b	0.52 b	0.21 a
<i>L. leucocephala</i>	17474	2.25 abc	1.05 a	1.93 a	0.97 abc	0.37 b	0.05 b	0.22 b	0.11 a
	17477	1.54 bc	1.16 a	0.84 a	0.32 bc	0.06 b	0.03 b	0.47 b	0.33 a
	17582	1.00 c	0.41 a	0.39 a	0.28 bc	0.06 b	0.04 b	0.07 b	0.03 a
	18477	1.59 bc	1.02 a	0.10 a	0.07 c	0.06 b	0.03 b	0.23 b	0.99 a
<i>F. strobilifera</i>	17412	3.14 abc	0.81 a	3.67 a	0.60 abc	1.01 b	0.17 b	1.83 b	0.26 a
<i>Phyllodium</i> sp.	13722	1.24 c	0.14 a	1.53 a	0.08 bc	0.61 b	0.04 b	0.56 b	0.07 a
<i>Tadehagi</i> sp.	13274	1.34 c	0.05 a	1.97 a	0.12 bc	0.85 b	0.04 b	2.18 ab	0.12 a
<i>T. triquetrum</i>	13277	1.46 bc	0.13 a	1.19 a	0.07 c	0.39 b	0.03 b	0.79 b	0.08 a
Promedio		2.21	0.83	2.08	0.51	1.35	0.34	1.80	0.44

* FF = Fracción fina (hojas, pecíolos, tallos < 6 mm).

** FG = Fracción gruesa (tallos > 6 mm).

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

Cuadro 5. Promedio de producción de MS (t/ha) de partes de la planta, en tres períodos de máxima precipitación de las accesiones mejor adaptadas, en cuatro localidades de Cochabamba, Bolivia.

Especie	Accesión CIAT no.	San Julián		Chipiriri		La Jota		Ichoa	
		FF*	FG**	FF	FG	FF	FG	FF	FG
<i>A. angustissima</i>	20126	2.18 a***	1.42 a	1.04 bc	0.47 a	0.93 bc	0.53 b	2.02 ab	1.01 a
<i>Calliandra</i> sp.	20400	3.23 a	1.93 a	3.53 abc	2.02 a	4.44 abc	1.90 ab	2.53 ab	1.03 a
<i>C. gyroides</i>	3001	4.48 a	2.39 a	4.31 abc	1.71 a	6.00 ab	2.83 ab	5.74 ab	2.67 a
	13548	4.49 a	2.20 a	5.82 a	2.41 a	8.21 a	3.84 a	11.01 a	3.68 a
	23748	4.03 a	1.84 a	4.03 abc	2.23 a	5.42 abc	2.69 ab	4.70 ab	1.16 a
<i>F. macrophylla</i>	801	3.13 a	2.22 a	3.68 abc	2.05 a	3.40 abc	1.90 abc	2.27 ab	1.20 a
	7184	5.48 a	2.50 a	5.07 ab	2.24 a	4.54 abc	2.15 ab	3.18 ab	1.43 a
	19453	2.99 a	2.45 a	2.51 abc	1.14 a	4.64 abc	2.12 ab	2.52 ab	1.44 a
	20626	5.62 a	3.56 a	5.73 a	3.43 a	5.72 a	3.72 abc	2.28 ab	0.89 a
<i>L. diversifolia</i>	17388	0.84 a	0.37 a	0.18 c	0.12 a	0.58 bc	0.36 b	0.69 ab	0.41 a
<i>L. leucocephala</i>	17474	2.42 a	1.72 a	2.86 abc	2.54 a	0.40 bc	0.28 b	0.30 b	0.08 a
	17477	2.55 a	1.82 a	0.27 c	0.18 a	0.15 c	0.08 b	0.47 b	0.17 a
	17582	1.57 a	1.07 a	0.28 c	0.21 a	0.15 c	0.07 b	0.12 b	0.04 a
	18477	2.48 a	1.65 a	0.17 c	0.12 a	0.14 c	0.05 b	0.41 b	0.20 a
<i>M. strobilifera</i>	17412	2.74 a	0.91 a	5.85 a	2.88 a	3.64 abc	1.42 ab	4.97 ab	1.91 a
<i>Phyllodium</i> sp.	13722	2.69 a	0.67 a	4.36 abc	1.05 a	1.91 bc	0.67 b	0.83 ab	0.19 a
<i>Tadehagi</i> sp.	13274	4.74 a	0.84 a	4.45 abc	1.53 a	2.63 abc	0.47 b	2.65 ab	0.44 a
<i>T. triquetrum</i>	13277	3.57 a	1.95 a	6.96 a	1.49 a	4.60 abc	2.47 ab	1.10 ab	0.18 a

* FF = Fracción fina (hojas, pecíolos y tallos < 6 mm).

** FG = Fracción gruesa (tallos > 6 mm).

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

producciones, en promedio, de 0.71 y 0.79 t/ha de MS para las épocas de mínima y máxima precipitación, respectivamente. En San Julián, esto no ocurrió debido a que en esta localidad los suelos son moderadamente ácidos y tienen bajos niveles de aluminio intercambiable (Cuadro 1). El rendimiento de forraje de las accesiones de *Leucaena* fue bastante inferior a los encontrados en el Valle del Cauca, Colombia, por Echeverri et al. (1987); en Puerto Rico, por Martínez et al. (1990); en Paraguay, por Valinotti y Heyn (1991); y en Brasil, por Primavesi et al. (1994), quienes evaluaron accesiones CIAT de este género en condiciones de suelo y clima semejantes a los incluidos en los presentes trabajos.

El desempeño agronómico de las especies más promisorias, en términos de rendimiento de MS, fue aceptable. La distribución de la producción de MS de la planta entera y la relación fracción fina/fracción gruesa de las leguminosas en las cuatro localidades, se presentan en las Figuras 1 y 2. En San Julián, *F. macrophylla* CIAT 20626, 7184 y 19453, *M. strobilifera* CIAT 17412 y *Calliandra* sp. CIAT 20400 presentaron los mayores rendimientos de MS en ambos períodos. Igualmente, *C. gyroides* CIAT 13548 y 23748 y *Tadehagi* sp. CIAT 13274 presentaron poca variación en rendimiento de MS y proporción fracción fina/fracción gruesa entre períodos de evaluación. En Chipiriri se observó un efecto significativo de la precipitación, siendo *Calliandra* sp. CIAT 20400, *F. macrophylla* CIAT 20626 y 7118 las leguminosas de mejor comportamiento en el período de menor

precipitación (469 mm). En La Jota, los mayores rendimientos de MS y la proporción fracción fina/fracción gruesa más alta se encontraron con *Calliandra* sp. CIAT 20400 y con la mayoría de las accesiones evaluadas de *C. gyroides*. En Ichoa, además de las accesiones anteriores, las mejores fueron *Tadehagi* sp. CIAT 13274 y *M. strobilifera* CIAT 17412.

La desaparición de algunos materiales con el transcurso de las evaluaciones se puede considerar como un indicativo de falta de adaptación al ecosistema, pero este hecho también pudo deberse al ataque de patógenos y al efecto de una altura de corte no adecuada. Otro aspecto importante fue el que las accesiones que no persistieron disminuyeron la producción de MS de manera significativa después del primero o del segundo corte. Por el contrario, el rendimiento de las accesiones que persistieron fue más constante a través de los seis cortes efectuados durante el período de las evaluaciones.

Crecimiento y número de rebrotes por planta. En los Cuadros 6 y 7 se observan el crecimiento semanal y el número de rebrotes por planta de cada accesión durante las épocas de mínima y máxima precipitación, respectivamente. Independientemente de la época y la localidad, se encontraron relaciones significativas entre la producción de MS y crecimiento semanal ($r = 0.75^{**}$) y entre la primera y el número de rebrotes/planta ($r = 0.63^{**}$). Tanto en la época de mínima como en la de máxima precipitación, las accesiones que

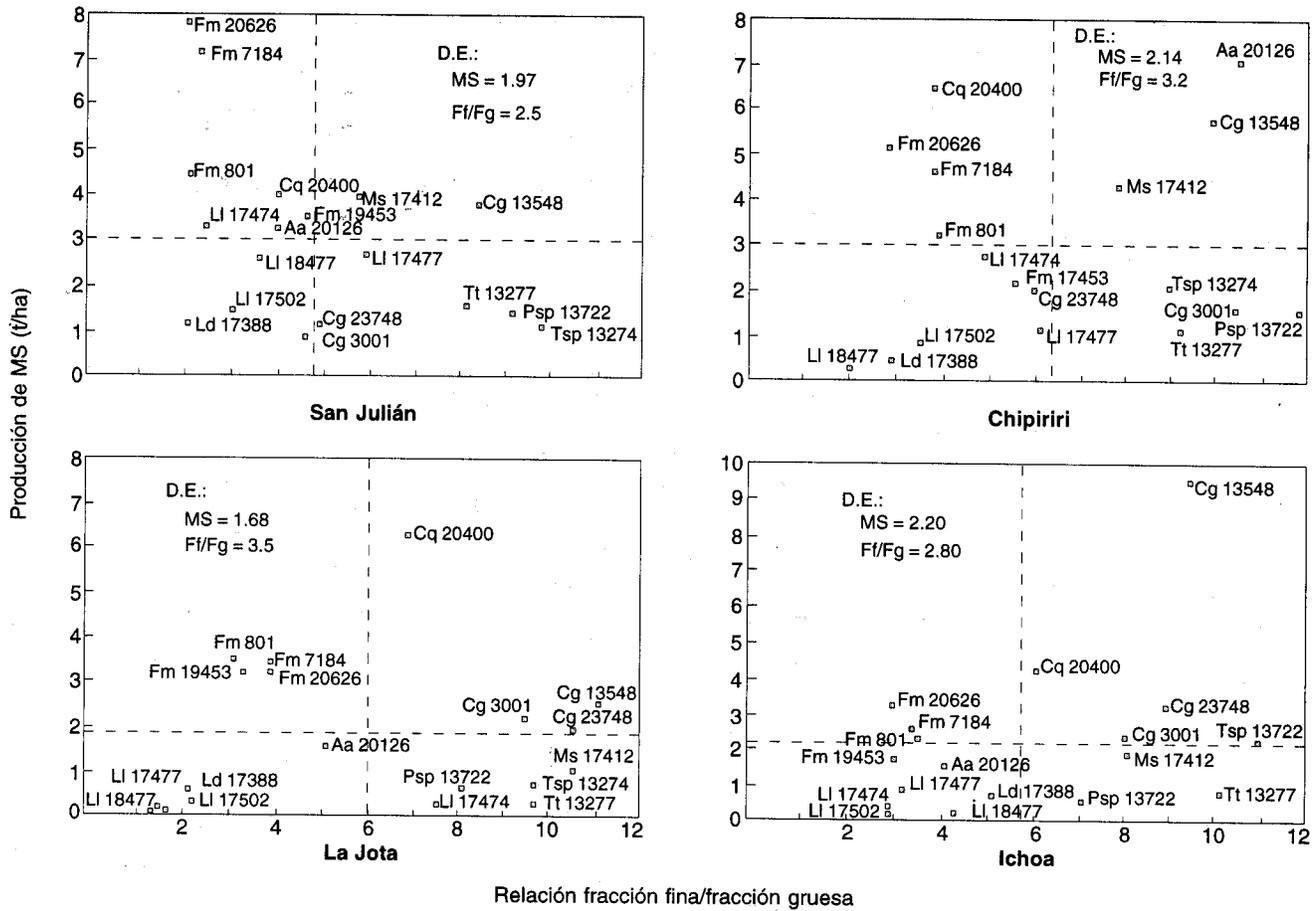


Figura 1. Promedios de producción de MS de la planta entera y relación fracción fina/fracción gruesa de accesiones de leguminosas forrajeras arbustivas, en cuatro localidades durante tres periodos de mínima precipitación. Cochabamba, Bolivia.

presentaron los valores más altos en estas dos características fueron *F. macrophylla* CIAT 7184, 19453, 20626; *A. angustissima* CIAT 20126; *Calliandra* sp. CIAT 20400 y *C. gyroides* CIAT 13548 y 23748, las cuales, a su vez, produjeron la mayor cantidad de MS.

En todos los sitios experimentales, el crecimiento semanal en la época de mínima precipitación varió, en promedio, entre 1.8 cm para *L. leucocephala* CIAT 17502 cv. Cunningham y 16.7 cm para *F. macrophylla* CIAT 20626. Durante el periodo de lluvias, estos valores variaron, respectivamente, entre 0.5 y 20 cm para los mismos materiales.

En San Julián, el crecimiento de las accesiones de *Leucaena* fue mayor. Esto se explica porque en esta localidad la saturación de aluminio es baja y estos materiales son bastante susceptibles a altas concentraciones de este elemento en el suelo.

En términos generales, el crecimiento de las leguminosas que persistieron no varió entre periodos de

evaluación, lo cual se debió, posiblemente, a la adecuada precipitación y, principalmente, a la alta nubosidad que ocurre en la región durante el periodo de lluvias.

Contenido de PC, fósforo y calcio. Estos nutrientes se analizaron en cortes representativos de épocas seca y húmeda para las 10 accesiones más sobresalientes por su producción de MS, crecimiento y número de rebrotes/planta.

Como era de esperarse, la fracción fina presentó mayor contenido de PC, P y Ca en relación con la fracción gruesa (Cuadro 8). Tanto en Chipiriri como en Ichoa, la PC y el P en las plantas fueron más altos en la época de máxima precipitación; por el contrario, el contenido de Ca no varió entre épocas. El contenido de PC en las fracciones fina y gruesa fue similar al encontrado en Colombia por Echeverri et al. (1987) con accesiones CIAT de *L. leucocephala*, pero menores a los valores encontrados en Puerto Rico por Martínez et al. (1990) para esta misma especie.

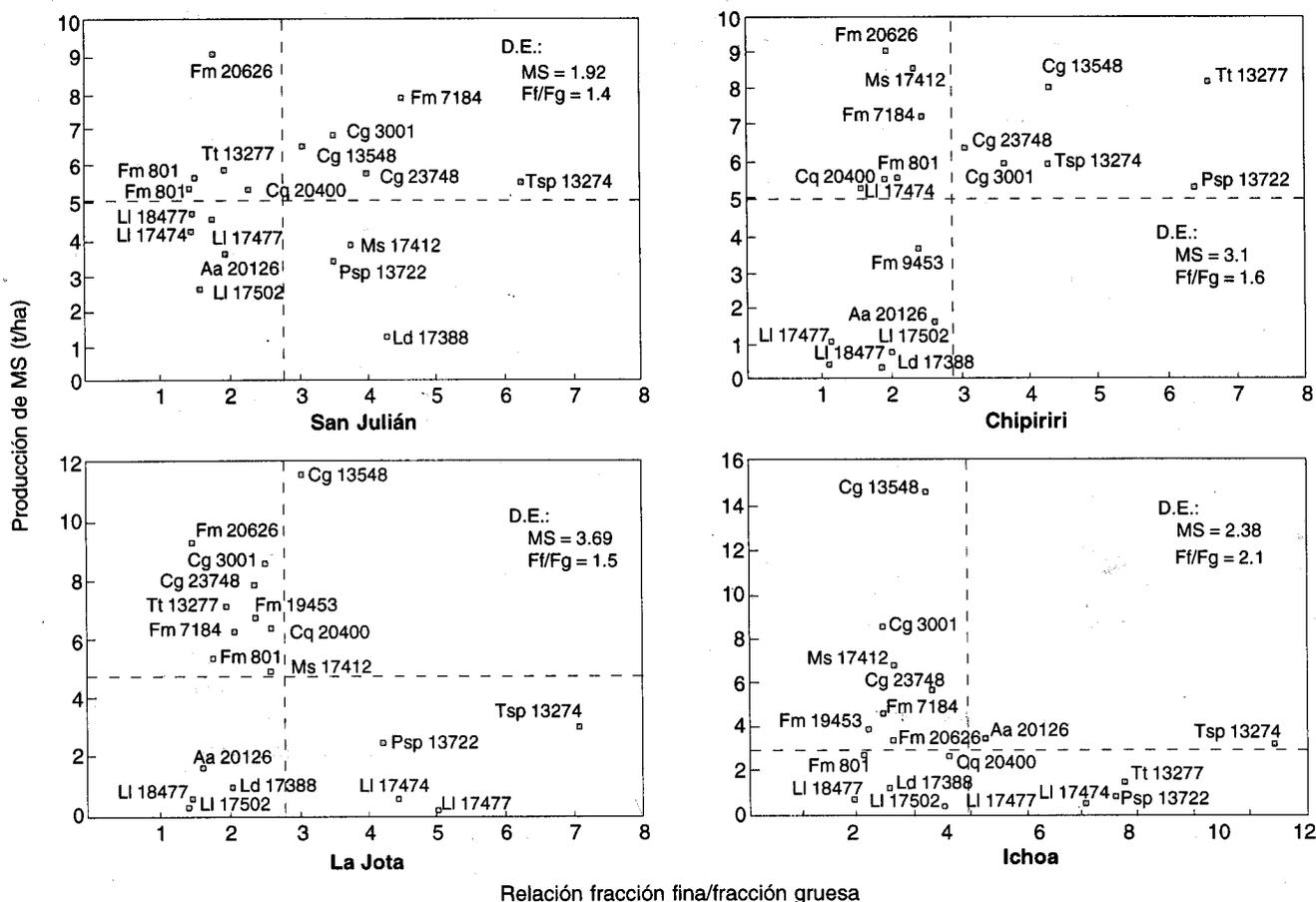


Figura 2. Promedios de producción de MS de la planta entera y relación fracción fina/fracción gruesa de accesiones de leguminosas forrajeras arbustivas, en cuatro localidades durante tres períodos de máxima precipitación. Cochabamba, Bolivia.

Cuadro 6. Crecimiento semanal y número de rebrotes/planta durante la época de mínima precipitación, de 18 accesiones de leguminosas arbustivas en cuatro localidades de Cochabamba, Bolivia*.

Especie	Accesión	San Julián		Chipiriri		La Jota		Ichoa		
		CIAT no.	Crec. sem. (cm)	Rebr./plta. (no.)						
<i>A. angustissima</i>	20126		11.3 abcde**	4.5 cd	7.7 ab	5.5 cd	8.7 ab	4.4 d	10.5 a	3.7 bc
<i>Calliandra</i> sp.	20400		10.5 abcde	5.0 cd	10.5 ab	6.9 bcd	9.3 ab	7.1 abcd	8.7 abc	6.9 bc
<i>C. gyroides</i>	3001		5.7 de	9.6 a	6.0 ab	12.3 ab	6.0 ab	12.2 ab	5.9 abcd	11.6 ab
	13548		9.0 abcde	8.9 ab	6.9 ab	14.1 a	7.3 ab	13.3 a	7.6 abcd	15.6 a
	23748		6.7 abcde	7.4 abc	5.1 b	10.2 abc	9.0 ab	10.7 abc	6.7 abcd	10.0 abc
<i>F. macrophylla</i>	801		15.3 abc	4.8 cd	1.6 ab	5.4 bcd	11.3 a	5.8 cd	10.9 a	5.1 bc
	7184		14.8 abdc	6.0 bcd	11.3 ab	6.4 bcd	12.3 a	6.1 cd	8.6 abc	5.0 bc
	19453		14.0 abcde	4.9 cd	10.3 ab	4.9 cd	12.7 a	5.8 cd	11.0 a	4.6 bc
	20626		16.7 a	6.1 bcd	14.1 a	6.6 bcd	11.6 a	6.4 cd	10.5 a	5.8 bc
<i>L. diversifolia</i>	17388		13.0 abcde	3.1 d	5.9 ab	4.1 cd	11.6 a	2.7 d	9.2 ab	3.1 c
<i>L. leucocephala</i>	17474		15.4 ab	4.9 cd	8.4 ab	5.2 cd	8.6 ab	3.0 d	2.9 bcd	3.6 bc
	17477		11.0 abcde	4.8 cd	8.4 ab	4.5 cd	1.8 cd	2.5 d	4.7 abcd	4.0 bc
	17502		11.4 abcde	3.9 d	6.8 ab	5.0 cd	1.9 b	2.6 d	1.8 d	2.7 c
	18477		13.1 abcde	4.6 cd	3.5 b	3.3 d	1.8 b	2.6 d	5.3 abcd	3.3 bc
<i>M. strobilifera</i>	17412		7.1 bcde	5.7 bcd	8.6 ab	8.2 abcd	4.9 ab	4.8 d	5.9 abcd	6.5 bc
<i>Phyllodium</i> sp.	13722		4.8 e	4.2 cd	5.2 ab	7.9 abcd	4.7 ab	5.6 cd	2.5 cd	5.0 bc
<i>Tadehagi</i> sp.	13274		6.1 cde	8.7 ab	4.8 b	9.4 abcd	4.6 ab	6.8 bcd	3.8 bcd	8.9 abc
<i>T. triquetrum</i>	13277		6.4 bcde	6.0 bcd	4.8 b	7.7 bcd	6.9 ab	5.5 cd	3.3 bcd	5.5 bc

* Promedios de tres evaluaciones. El crecimiento semanal se midió como la distancia del suelo al punto más alto de las hojas superiores, sin estirar el follaje.
 ** Promedios en una misma columna seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa (P < 0.05), según la prueba de Tukey.

Cuadro 7. Crecimiento semanal y número de rebrotes/planta durante la época de máxima precipitación, de 18 accesiones de leguminosas arbustivas en cuatro localidades de Cochabamba, Bolivia*.

Especie	Accesión CIAT no.	San Julián		Chipiriri		La Jota		Ichoa	
		Crec. sem. (cm)	Rebr./plta. (no.)						
<i>A. angustissima</i>	20126	13.2 a**	4.6 cde	15.5 a	3.7 ef	14.9 ab	3.3 d	15.4 a	3.7 bc
<i>Calliandra</i> sp.	20400	11.4 a	4.1 de	13.6 a	5.3 cdef	11.7 ab	4.8 d	9.5 ab	5.0 bc
<i>C. gyroides</i>	3001	14.4 a	9.5 ab	10.3 a	9.8 a	15.1 ab	10.1 ab	13.2 ab	11.1 ab
	13548	15.7 a	8.5 abcd	10.3 a	9.7 a	15.9 ab	10.2 a	14.3 ab	11.2 a
<i>F. macrophylla</i>	23748	11.1 a	9.8 a	11.9 a	8.7 abc	14.3 ab	9.6 abc	7.8 ab	6.6 abc
	801	17.6 a	5.3 abcde	16.7 a	5.3 cdef	13.5 ab	5.6 cd	14.3 ab	6.1 abc
	7184	17.1 a	5.6 abcde	15.2 a	5.7 bcdef	14.1 ab	5.8 cd	14.0 ab	7.0 abc
	19453	17.0 a	5.0 bcde	13.5 a	4.4 def	14.0 ab	5.5 d	13.6 ab	4.6 c
	20626	16.2 a	4.7 cde	17.1 a	6.8 bcde	16.4 a	6.8 abcd	10.6 ab	7.6 abc
<i>L. diversifolia</i>	17388	14.6 a	3.6 e	10.5 a	3.0 f	9.06 abcd	2.8 d	16.5 a	5.1 bc
<i>L. leucocephala</i>	17474	8.4 a	4.3 cde	16.7 a	4.8 def	6.4 bcd	3.6 d	7.8 ab	3.2 c
	17477	15.2 a	3.9 e	7.6 a	4.0 def	2.6 cd	3.8 d	8.4 ab	4.7 c
	17502	18.2 a	3.7 e	10.5 a	3.7 ef	0.5 d	2.7 d	2.9 b	3.4 c
	18477	13.2 a	4.1 de	3.7 a	3.0 f	0.5 d	2.8 d	9.0 ab	3.1 c
<i>M. strobilifera</i>	17412	7.9 a	5.9 bcde	13.5 a	6.9 abcde	10.9 abc	6.0 cd	11.5 ab	7.4 abc
<i>Phyllodium</i> sp.	13722	8.9 a	4.3 cde	9.4 a	6.0 bcdef	9.4 abcd	4.7 d	5.1 ab	5.4 bc
<i>Tadehagi</i> sp.	13274	13.0 a	8.7 abc	12.5 a	7.4 abcd	10.6 abc	5.2 d	9.2 d	7.6 abc
<i>T. triquetrum</i>	13277	15.7 a	5.8 abcde	10.6 a	9.0 ab	11.9 abc	6.1 bcd	10.5 ab	4.6 c

* Promedios de tres evaluaciones. El crecimiento semanal se midió como la distancia del suelo al punto más alto de las hojas superiores, sin estirar el follaje.
 ** Promedios en una misma columna seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa (P < 0.05), según la prueba de Tukey.

Cuadro 8. Porcentajes de proteína cruda (PC), fósforo (P) y calcio (Ca) de 10 leguminosas arbustivas, en dos períodos de evaluación, Cochabamba, Bolivia, 1992-1995*.

Especie	Accesión CIAT no.	Período	Chipiriri						Ichoa					
			PC		P		Ca		PC		P		Ca	
			FF**	FG***	FF	FG	FF	FG	FF	FG	FF	FG	FF	FG
<i>Calliandra</i> sp.	20400	Mn	14.6	4.5	0.17	0.16	0.59	0.20	16.4	5.4	0.17	0.16	0.56	0.22
		Mx	18.4	4.7	0.38	0.51	0.61	0.47	17.4	3.8	0.67	0.40	0.61	0.22
<i>C. gyroides</i>	3001	Mn	15.8	5.4	0.34	0.25	1.07	0.46	18.3	7.6	0.22	0.15	0.65	0.28
		Mx	15.9	4.4	0.29	0.15	0.69	0.35	14.6	3.4	0.78	0.14	0.56	0.21
	13548	Mn	16.7	4.5	0.23	0.23	0.77	0.30	16.6	5.7	0.21	0.13	0.65	0.36
		Mx	15.0	4.4	0.28	0.17	0.60	0.23	12.8	3.7	0.28	0.15	0.64	0.22
<i>F. macrophylla</i>	23748	Mn	14.9	4.9	0.26	0.21	1.52	0.25	17.7	5.1	0.22	0.14	0.68	0.29
		Mx	16.5	3.7	0.29	0.11	0.79	0.22	15.3	4.3	0.30	0.19	0.75	0.27
	7184	Mn	16.4	5.4	0.25	0.18	0.73	0.33	15.6	4.7	0.20	0.15	0.72	0.26
		Mx	17.8	4.7	0.28	0.21	0.64	0.25	15.6	4.3	0.24	0.15	0.59	0.16
	19453	Mn	15.8	5.4	0.21	0.18	0.73	0.34	18.2	5.9	0.20	0.15	0.66	0.22
		Mx	18.1	4.7	0.27	0.22	0.67	0.54	15.6	5.0	0.30	0.18	0.53	0.17
	20626	Mn	16.5	5.2	0.25	0.18	0.98	0.44	19.4	5.9	0.24	0.21	0.81	0.38
		Mx	16.9	3.7	0.36	0.27	0.88	0.36	17.8	5.0	0.34	0.21	0.64	0.22
<i>M. strobilifera</i>	17412	Mn	16.9	5.2	0.24	0.19	0.69	0.33	14.1	6.1	0.17	0.13	0.59	0.38
		Mx	17.5	5.6	0.33	0.30	0.56	0.54	16.2	5.0	0.28	0.18	0.54	0.28
<i>Phyllodium</i> sp.	13722	Mn	15.3	5.4	0.27	0.15	0.98	0.27	16.6	5.5	0.18	0.16	0.73	0.35
		Mx	15.9	5.5	0.30	0.16	0.90	0.30	16.2	5.0	0.22	0.17	0.70	0.34
<i>Tadehagi</i> sp.	13274	Mn	13.4	5.7	0.22	0.12	0.87	0.41	15.8	5.6	0.16	0.10	0.57	0.28
		Mx	14.4	5.3	0.25	0.15	0.80	0.50	15.3	4.9	0.18	0.12	0.51	0.24
Promedio	Mn		15.6	5.2	0.24	0.18	0.89	0.33	16.9	5.7	0.20	0.15	0.66	0.30
			± 1.1	± 0.4	± 0.4	± 0.4	± 0.27	± 0.08	± 1.6	± 0.8	± 0.03	± 0.03	± 0.08	± 0.06
		Mx	16.6	4.7	0.3	0.22	0.71	0.37	15.7	4.4	0.36	0.19	0.61	0.23
		± 1.3	± 0.7	± 0.04	± 0.1	± 0.12	± 0.13	± 1.4	± 0.6	± 0.2	± 0.08	± 0.08	± 0.05	

* Mn = Período de mínima precipitación (respectivamente, 224 y 306 mm/84 días para Chipiriri e Ichoa), correspondiente al quinto corte; Mx = Período de máxima precipitación (respectivamente, 3109 y 1868 mm/84 días para Chipiriri e Ichoa), correspondiente al sexto corte.
 ** FF = Fracción fina (hojas, pecíolos y tallos < 6 mm).
 *** FG = Fracción gruesa (tallos > 6 mm).

Los contenidos de PC y P fueron, en general, más bajos y menos variables entre accesiones durante la época seca que durante la época lluviosa (Cuadro 8). El contenido de Ca en el forraje tendió a ser mayor en la época seca en los cuatro sitios experimentales. Para bovinos, Jardim et al. (1962) consideran que aquellas pasturas con menos de 8% de PC en la MS son deficientes en este nutrimento. En los datos del Cuadro 8 se observa que todas las accesiones evaluadas presentaron contenidos de PC superiores a ese valor.

Es interesante notar la amplia variación en el contenido de PC de las leguminosas. La concentración proteica estuvo relacionada con las características de las accesiones evaluadas. Por otra parte, en estos ecosistemas aparentemente no existe un déficit hídrico lo suficientemente fuerte para promover la defoliación de las plantas, como sí ocurre en ecosistemas con períodos secos prolongados, que afectan fuertemente los contenidos de proteína en las plantas.

Incidencia de plagas y enfermedades. Durante los períodos de evaluación se presentaron ataques leves de insectos comedores (Crisomelidae) y chupadores (Homoptera) de las hojas. En la interfase entre ambos períodos de evaluación, las accesiones de *Cajanus cajan* sufrieron un ataque severo del gusano minador (*Anthores leuconotus*), principalmente en el segundo período de mínima precipitación, que provocó una clorosis severa, marchitez y muerte de las plantas. Durante la época de máxima precipitación se observó una pérdida moderada de las hojas de *C. gyroides* CIAT 3001 causada por *Rhizoctonia solani*. En general, los insectos y las enfermedades no limitaron la producción de las accesiones mejor adaptadas.

Es importante destacar que las accesiones evaluadas son exóticas en la región donde se realizaron los ensayos; por lo tanto, resulta prematuro sacar conclusiones sobre su tolerancia o resistencia a insectos y enfermedades, ya que el tiempo no fue suficiente para que se desarrollara una población importante de patógenos que pudieran atacar los materiales susceptibles.

Floración y producción de semilla. La floración y el rendimiento de semilla en una especie forrajera es importante para su adaptación al ecosistema y para su regeneración, especialmente en aquellas especies que no se reproducen vegetativamente, a fin de asegurar su persistencia en la pastura (Cameron y t Mannelje, 1977).

La precocidad, en términos de días entre la siembra y la floración, varió en forma considerable entre

accesiones. En todas las localidades, las accesiones CIAT 801, 7184, 19453 y 20626 de *F. macrophylla* fueron las más precoces, mientras que *L. leucocephala* CIAT 17474, 17477, 17502, 18477 y *A. angustissima* CIAT 20126 presentaron floraciones tardías. *Leucaena diversifolia* CIAT 17388 sólo floreció en San Julián.

Las leguminosas florecieron prácticamente durante todo el año, siendo mayor la intensidad en los meses de mínima precipitación (mayo-agosto). Todas las accesiones de *Flemingia* y *Codariocalyx* presentaron la mayor producción de semillas. Las accesiones *Phyllodium* sp. CIAT 13722, *Tadehagi* sp. CIAT 13274 y *T. triquetrum* CIAT 13277 presentaron una abundante floración, pero la producción de semillas no fue la esperada, lo cual hace improbable su persistencia a través de regeneración de plántulas.

Es importante recalcar que los eventos fenológicos requieren de un mayor tiempo de observación, a fin de cubrir la variabilidad climática y las interacciones observables entre grupos funcionales de organismos en un ecosistema en particular (Edye et al., 1975). Este último aspecto es importante, si se considera que la mayoría de las accesiones evaluadas son exóticas para el área en estudio y que algunas de ellas requieren de organismos (insectos) especializados para la polinización; por lo tanto, no se descarta que el aborto de las flores en las plantas de *Tadehagi* sp. CIAT 13274, *T. triquetrum* CIAT 13277 y *Phyllodium* sp. CIAT 13722, se debió a algunas de estas causas, independientemente de los factores climáticos.

Conclusiones

De los resultados encontrados en estos ensayos se puede concluir lo siguiente:

1. Las accesiones de leguminosas arbustivas evaluadas presentaron una alta variabilidad en producción de MS de la planta entera y de las fracciones fina y gruesa, calidad nutritiva y tolerancia al ataque de plagas y enfermedades. Esta variabilidad permite la selección de accesiones adaptadas a los ecosistemas prevalentes en Cochabamba.
2. Los contenidos de PC, P y Ca variaron entre las accesiones, siendo mayores en la fracción fina que en la fracción gruesa, destacándose la calidad nutritiva de *Calliandra* sp. CIAT 20400, *C. gyroides* CIAT 3001, 13548, 23748, *F. macrophylla* CIAT 7184, 19453 y 20626 en las cuatro localidades donde se evaluaron.
3. Considerando el rendimiento de forraje de la parte disponible para los animales, calidad nutritiva y

distribución de la producción durante el año, las leguminosas que se destacaron como promisorias para las condiciones edafoclimáticas de cada una de las localidades fueron: (a) En San Julián, *F. macrophylla* CIAT 20626, 7184, 801 y 19453, *Calliandra* sp. CIAT 20400, *M. strobilifera* CIAT 17412, *C. gyroides* CIAT 13548, *A. angustissima* CIAT 20126 y *L. leucocephala* CIAT 17474.

(b) En Chipiriri, *Calliandra* sp. CIAT 20400, *A. angustissima* CIAT 20126, *C. gyroides* CIAT 13548, *F. macrophylla* CIAT 20626, 7184 y 801 y *M. strobilifera* CIAT 17412. (c) En La Jota, *Calliandra* sp. CIAT 20400, *F. macrophylla* CIAT 801, 7184 19453 y 20626, *C. gyroides* CIAT 13548, 3001 y 23748. (d) En Ichoa, *C. gyroides* CIAT 13548, 23748 y 3001, *Calliandra* sp. CIAT 20400, *F. macrophylla* CIAT 20626, 7184 y 801 y *Tadehagi* sp. CIAT 13274.

- Los resultados obtenidos en estos ensayos muestran un amplio número de accesiones promisorias para aumentar la productividad de las pasturas en los ecosistemas de bosque tropical lluvioso y semi-siempre verde estacional de Cochabamba, Bolivia. Por lo tanto, estos materiales deben ser incluidos en un programa de multiplicación de semillas y evaluados con animales en pastoreo, para medir su productividad y persistencia en sistemas silvopastoriles.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Gerhard Keller-Grein, Agrónomo de Pasturas del CIAT, por su colaboración en el suministro de los materiales evaluados y sus sugerencias sobre la metodología de evaluación. A los Ings. José Espinoza H. y Armando Ferrufino C., Investigador y Director de la estación experimental La Jota del IBTA, respectivamente, por la colaboración prestada para la realización de estos ensayos.

Summary

Between January 1992 and February 1995, the forage production and nutritive quality of 30 accessions of shrub legumes were evaluated in the Bolivian provinces of Chapare and Carrasco, department of Cochabamba (between 17° 50' and 20° 65' S, and between 64° 50' and 68° 65' W). Experimental sites were: Ichoa and Chipiriri, soils with high sand content; La Jota, clayey soils; and San Julián, soils with high silt content. In general, soil pH was low (< 4.9), but Ca, Mg, and K contents were suitable for forage species development. Al saturation was high (> 60%) in all soils, except those of San Julián. Ecosystems at the experimental sites are tropical rain forest and seasonal semi-evergreen, with

average temperatures ranging between 24.5 and 25.5 °C and annual precipitation between 3,286 mm (in Ichoa) and 5,763 mm (in Chipiriri). Altitude ranges between 200 and 325 m.a.s.l. The equivalent of 50 kg P and 30 kg K were applied per hectare during trial establishment.

Approximately 120 days after planting, when plants reached an average height of 2 m, these were cut to 50 cm above the ground for uniformity. Total dry matter (DM) production, fine (plant parts < 6 mm) and course fractions of the plant, weekly growth, number of regrowths, and disease and pest incidence were assessed, as of July 1992, during three periods of maximum and three of minimum precipitation. A randomized block design, arranged in split plots, was used (main plot = locality; subplot = accession) with two replications.

Accessions showed differences in the characteristics under evaluation. CP, P, and Ca contents were higher in the fine fraction than in the course fraction. *Calliandra* sp. CIAT 20400, *C. gyroides* CIAT 3001, CIAT 13548, and CIAT 23748; and *F. macrophylla* CIAT 7184, CIAT 19453, and CIAT 20626 were outstanding regarding nutritive quality, at the four test sites. Regarding forage yield for animal nutrition, nutritive quality, and distribution of production year-round, legumes considered promising for the prevailing soil and climatic conditions at each site were: (a) for San Julián, *F. macrophylla* CIAT 20626, CIAT 7184, CIAT 801, and CIAT 19453; *Calliandra* sp. CIAT 20400; *M. strobilifera* CIAT 17412; *C. gyroides* CIAT 13548; *A. angustissima* CIAT 20126; and *L. leucocephala* CIAT 17474; (b) for Chipiriri, *Calliandra* sp. CIAT 20400; *A. angustissima* CIAT 20126; *C. gyroides* CIAT 13548; *F. macrophylla* CIAT 20626, CIAT 7184, and CIAT 801; and *M. strobilifera* CIAT 17412; (c) for La Jota, *Calliandra* sp. CIAT 20400; *F. macrophylla* CIAT 801, CIAT 7184, CIAT 19453, and CIAT 20626; *C. gyroides* CIAT 13548, CIAT 3001, and CIAT 23748; (d) for Ichoa, *C. gyroides* CIAT 13548, CIAT 23748, and CIAT 3001; *Calliandra* sp. CIAT 20400; *F. macrophylla* CIAT 20626, CIAT 7184, and CIAT 801; and *Tadehagi* sp. CIAT 13274.

Referencias

- Bruce, B. C. 1965. Effect of *Centrosema pubescens* Benth. on soil fertility in humid tropics. Qld. J. Agric. Anim. Sci. 22(2):221-226.
- Budelman, A. 1988. Leaf dry matter productivity of three selected perennial leguminous species in humid tropical Ivory Coast. Agroforestry Syst. 7(1):47-62.
- Cameron, D. F. y 't Mannelje, L. 1977. Effects of photoperiod and temperature on flowering of twelve *Stylosanthes* species. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17:417-424.

- Costa, N. de L. y Paulino, V. T. 1990. Comparative performance of four *Leucaena* cultivars in an Ultisol. *Leucaena Res. Rep.* 11:3-38.
- Echeverri, J. D.; Gómez-Caravali, A.; Pizarro, E. A.; y Franco, L. H. 1987. Evaluación agronómica de accesiones de *Leucaena* en el Valle del Cauca, Colombia. *Pasturas Tropicales* 9(3):25-29.
- Edye, L. A.; Williams, W. T.; Anning, P.; Mc.Holm, A.; Miller, C. P.; Page, M. C.; y Winter, W. H. 1975. Sward tests of some morphological-agronomic groups of *Stylosanthes* accessions in dry tropical environments. *Aust. J. Agric. Res.* 26:481-496.
- Faria M., J.; Arrijoa, I.; Chacón, E.; Berroterán, J.; y Chacin, F. 1987. Efecto del corte y de la aplicación de nitrógeno en el crecimiento de *Andropogon gayanus*. *Pasturas Tropicales* 14(2):2-6.
- Jardim, W. R.; Peixoto, A. M.; y Moraes, C. L. de. 1962. Composição mineral de pastagens na região de Barretos no Brasil Central. Bol. téc. no. 11. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, Brasil. 11 p.
- Martínez, M.; Tergas, L. E.; y Méndez-Cruz, A. V. 1990. Producción de forraje y valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* en la región semiárida del sur de Puerto Rico. *Pasturas Tropicales* 12(3):25-28.
- Primavesi, A. C. A.; Primavesi, O.; y Dantas, M. S. F. 1994. Avaliação agronômica de genótipos de *Leucaena* em São Paulo, Brasil. *Pasturas Tropicales* 16(3):17-21.
- Soares Filho, C. V.; Monteiro, F. A.; y Corsi, M. 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*; 1: Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicales* 14(2):2-6.
- Steel, R. G. y Torrie, J. H. 1990. Bioestadística: Principios y procedimientos. 1a. ed. Mc Graw Hill Latinoamericana. México D.F., México. 620 p.
- 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. 170 p.
- Valinotti, P. y Heyn, R. 1991. Adaptación y producción de forraje de ecotipos de *Leucaena* en Barrerito, Paraguay. *Pasturas Tropicales* 13(1):41-43.
- Vallejos, A. 1986. Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de forraje de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales* 8(1):15-17.