

Stylosanthes capitata en pasturas asociadas: Dinámica, persistencia y recuperación en los Llanos Orientales de Colombia

R. R. Vera, P. Hoyos y G. Ramírez*

Introducción

A fines de la década de los 70, la leguminosa *Stylosanthes capitata* cv. Capica fue identificada como altamente promisorio para los Llanos Orientales de Colombia, particularmente en asociaciones con *Andropogon gayanus* cv. Carimagua (Thomas et al., 1987). El proceso inicial de desarrollo y adopción de ambas especies fue analizado por Ferguson et al. (1985; 1989). Muchos de los resultados referidos a esta asociación fueron sintetizados en el libro publicado sobre *A. gayanus* (Toledo et al., 1989).

Con base en evaluaciones experimentales se comprobó que *S. capitata* era promisorio para el ecosistema sabanas bien drenadas; por tanto, se decidió comprobar su adaptación al medio y su contribución a la producción animal bajo condiciones de pastoreo en sistemas de fincas de la región. La estrategia de pruebas en fincas fue descrita por Vera y Seré (1985), mientras que Guzmán y Vera (1991) y Hoyos et al. (1992) analizaron, respectivamente, las experiencias en el establecimiento y manejo de dichas pasturas por parte de los productores. Vera et al. (1986) y Miles et al. (1994) analizaron el desarrollo de sistemas de producción en estas pasturas, y Vera y Seré (1989) hicieron el análisis económico de los resultados de producción animal obtenidos en los primeros 5 años con animales mantenidos en ellas.

Numerosas observaciones realizadas en suelos francos a franco-arcillosos del Cl. Carimagua mostraron que, a partir del tercer año, la contribución de *S. capitata* a la asociación con *A. gayanus* empezaba a reducirse en forma marcada, habiéndose notado que el problema era más grave en términos del

crecimiento de la leguminosa que del número de plantas de la misma (Toledo y Fisher, 1990). Estas observaciones condujeron a Valencia (1983) y a Valencia y Spain (1988) a realizar una serie de tres experimentos de corto plazo para estudiar fenómenos de competencia y fertilización de dicha asociación en un suelo franco arcilloso. Estos experimentos mostraron claramente que plantas adultas de *A. gayanus* tienen gran habilidad para competir por K, de tal modo que plantas de *S. capitata* localizadas hasta 1 m de distancia de la gramínea fueron afectadas negativamente. Finalmente, y con base en un experimento en potes, Valencia (1983) concluyó que las plántulas de *S. capitata* necesitaban hasta 180 kg/ha de K para establecerse exitosamente en la asociación, un nivel que es varias veces el recomendado para el establecimiento inicial de la pastura.

En el presente artículo se describen la dinámica de *S. capitata* en pasturas asociadas que habían sido manejadas durante 14 años consecutivos por productores de los Llanos Orientales de Colombia, y los resultados de dos experimentos exploratorios conducidos en estas fincas con el objeto de recuperar aquellas pasturas en las que la leguminosa se encontraba en avanzado estado de degradación. Es necesario señalar que a finales de 1996 sólo un pequeño porcentaje de las pasturas estudiadas sobrevivía, habiendo sido reemplazadas por nuevos pastos en el curso de la renovación habitual, por el cambio de propietarios de las fincas y, en dos de ellas, por ataques masivos de hormigas sobre *A. gayanus*.

Materiales y métodos

Todos los experimentos y observaciones aquí relatadas se condujeron en fincas sobre las cuales ya se han publicado otros resultados. La correspondencia en la numeración, así como las características de los suelos, se muestran en el Cuadro 1.

* Respectivamente: Ph.D., Líder del Programa de Tierras Tropicales Bajas, Asociado de Investigación, y Estadístico del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Cuadro 1. Características de los suelos (0-20 cm) y número asignado a las fincas en estudio. Llanos Orientales de Colombia.

Número asignado ^a	Nuevo número ^b	Textura			P, Bray II (ppm)	Propiedades químicas		
		Arena	Limo (%)	Arcilla		Al	CICE (meq/100 g)	Sat. Al (%)
5	5	12	50	38	2.5	2.3	2.7	87.6
4	4	17	36	47	2.4	2.9	3.2	92.9
—	22	20	32	48	1.6	3.0	3.3	90.3
3	3	28	28	43	2.2	2.8	3.6	94.9
1	1	38	23	38	2.2	2.0	2.1	94.0
2	2	56	20	23	1.8	1.2	1.3	88.7
—	8	70	12	18	7.4	0.9	1.1	83.0
—	21	72	10	18	6.2	1.0	—	69.9

a. Número asignado por Vera y Seré (1989).

b. Número asignado en este estudio.

Dinámica de *Stylosanthes capitata*

El conjunto de observaciones para este estudio se basó en determinaciones de la composición botánica realizadas a intervalos entre 3 y 4 meses por un máximo de 14 años en siete fincas que poseían pasturas de *A. gayanus* cv. Carimagua (AG) o *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, asociadas con uno o con ambos ecotipos *S. capitata* CIAT 1019 y 1315 (SC) que fueron sembrados entre 1979 y 1981. Se exceptúa la finca no. 21, donde la siembra se hizo en 1987 y se usó *S. capitata* cv. Capica, cultivar que tiene entre sus componentes la accesión *S. capitata* CIAT 1315 (ICA, 1983).

Las pasturas estudiadas medían entre 5 y 80 ha cada una y se establecieron mediante 2 a 3 pases de rastra y la aplicación de 20, 20, 10 y 10 kg/ha de P, K, Mg y S, respectivamente, utilizando calfos (escorias básicas) y Sulpomag como fuentes de dichos nutrimentos. Con una sola excepción (finca 4), los productores no aplicaron fertilización de mantenimiento durante el período de observación. Antes de la siembra, y posteriormente cada año, se tomaron muestras de suelos entre 0 y 20 cm de profundidad para el análisis químico correspondiente. La composición botánica de las pasturas se determinó utilizando el método BOTANAL, y los porcentajes presentados se refieren a la contribución de *S. capitata* al forraje en oferta.

En 1989, y previo al inicio de los experimentos de recuperación que se describen más adelante, se evaluó la reserva de semillas de la leguminosa en el suelo. Para esta medición, y dependiendo del tamaño de la pastura, se tomaron entre 15 y 100 muestras de suelos entre 0 y 5 cm de profundidad, utilizando cilindros de 5 cm de diámetro. Las muestras se lavaron

individualmente para separar las semillas por medio de un conjunto de tamices. Posteriormente, éstas se secaron y pesaron para calcular la producción equivalente por hectárea.

Recuperación al inicio de la estación lluviosa

Con el objeto de evaluar alternativas de recuperación de pasturas asociadas de *A. gayanus*-*S. capitata*, al inicio del período de lluvias de 1990 se realizaron dos experimentos exploratorios en los cuales cada parcela medía 300 m². El primero se realizó en un suelo franco-arcilloso de la finca 4, donde sólo persistían una población baja y débil de la leguminosa, a pesar de que la pastura con 8 años de establecida había recibido buen manejo, según las prácticas establecidas por Hoyos et al. (1992). El segundo experimento se llevó a cabo en la finca 1, donde la pastura establecida 10 años antes sobre un suelo franco-arenoso, había sido sistemáticamente sobrepastoreada durante los últimos 5 años.

Debido a lo complejo del diseño empleado en la finca 4, el tamaño del área requerida y las limitaciones logísticas para trabajar a nivel de finca, se decidió no incluir repeticiones de campo. Para obtener una estimación aproximada de la variancia de los tratamientos, se utilizó la variancia entre submuestras dentro de cada tratamiento.

En todos los casos, al inicio de los respectivos experimentos se uniformizó el área experimental mediante el corte de la pastura con guadaña mecánica a 25 cm de altura del suelo.

Finca 1. Los métodos de recuperación estudiados incluyeron la longitud del período de descanso y la

fertilización de mantenimiento. Se compararon una pastura sin descanso vs. un tratamiento que incluyó 162 días de protección (sin pastoreo) del pastoreo a partir del 27 de marzo de 1990. Dentro del tratamiento de descanso se hizo un estudio de fertilización de mantenimiento en un diseño factorial 2 x 2 (0 y 21 kg/ha de P y K, respectivamente) más un tratamiento equivalente a 12, 25, 20, 20, 2, 2 y 0.5 kg/ha de P, K, Mg, S, Zn, Cu y B, respectivamente. Los tratamientos de 12/21 (P + K) con y sin los demás nutrientes se compararon también en el tratamiento sin descanso de la pastura.

Las mediciones incluyeron: (1) número de plantas/m² de *A. gayanus* y *S. capitata* (NAG y NCAP) y su altura (ALTUAG y ALTUCAP) a intervalos de 30 días, y (2) rendimiento de forraje a los 30 y 60 días. A partir de estas mediciones se calcularon nuevas variables de cada una de la especies. Por ejemplo, el producto del número y altura de plantas total (AGTOT y CAPTOT) para AG y SC, respectivamente, los que constituyen un índice del volumen de forraje por m². Para expresar la magnitud del cambio en ambas variables en relación con los valores hallados al inicio del experimento, se calcularon las variables AGT y CAPT como los cocientes AGTOT/AGTOT inicial y CAPTOT/CAPTOT inicial, respectivamente, los cuales constituyen, en consecuencia, múltiplos de los valores iniciales de AGTOT y CAPTOT.

Finca 4. En esta finca se estudiaron dos factores de manejo. El primero fue la longitud del período de descanso, incluyendo los períodos siguientes:

- 0 días (SDE),
- 30 días, a partir del inicio del experimento (CDE/30A),
- 30 días, a partir del día 30 del inicio del experimento (CDE/30B),
- 60 días (CDE/60), y
- 90 días (CDE/90).

El segundo factor considerado fue la fertilización, con los niveles y las combinaciones de nutrientes que aparecen en el Cuadro 2. Como se puede observar en el cuadro, los tratamientos de fertilización en CDE/60 correspondieron a un factorial 4 x 4 + 2, incluyendo cuatro niveles de P y K, mientras que en CDE/90 se utilizó un factorial 2 x 2 de P y K.

Cuadro 2. **Tratamientos de fertilización aplicados en los diferentes períodos de descanso en la finca 4. Llanos Orientales de Colombia.**

Tratamiento (no.)	Longitud del descanso	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Otro nutrimento ^a
1	CDE/60 CDE/90	0	0	-
2	CDE/60 CDE/90	0	25	-
3	CDE/60	0	50	-
4	CDE/60	0	100	-
5	CDE/60 CDE/90	12	0	-
6	CDE/60 CDE/90	12	25	-
7	CDE/60	12	50	-
8	CDE/60	12	100	-
9	CDE/60	25	0	-
10	CDE/60	25	25	-
11	CDE/60	25	50	-
12	CDE/60	25	100	-
13	CDE/60	48	0	-
14	CDE/60	48	25	-
15	CDE/60	48	50	-
16	CDE/60	48	100	-
17	CDE/60 SDE	0	0	+
18	CDE/60 SDE	25	50	+

a. 20, 20, 2, 2 y 0.5 kg/ha de Mg, S, Zn, Cu y B, respectivamente.

Recuperación al final de la estación lluviosa

En las mismas fincas se condujo un experimento de recuperación de la pastura al final de la estación lluviosa, permitiendo un descanso de 80 días a partir de octubre de 1990 y hasta el 21 de enero de 1991 para favorecer la floración y la producción de semillas de las especies.

Los tratamientos de fertilización aplicados aparecen en el Cuadro 3. Debido a que se buscaba un efecto rápido de la fertilización sobre la producción de semilla, fue necesario utilizar fosfato de amonio, una fuente de P rápidamente asimilable, lo que implicó adicionar pequeñas cantidades de N, excepto en el tratamiento 17, donde se usó superfosfato triple, lo cual permitió hacer una estimación aproximada del efecto del N cuando se comparó con el tratamiento 13.

Se utilizaron parcelas de 20 x 20 m, dentro de las cuales el área central de 10 x 10 se destinó para la cosecha de semilla de *A. gayanus*. Alrededor de esta área, y en forma equidistante, se hizo un muestreo de ocho marcos de 1 x 1 m para medir la cobertura basal y

Cuadro 3. **Tratamientos de fertilización (kg/ha) empleados en la recuperación de pasturas al final de la estación lluviosa. Fincas de los Llanos Orientales de Colombia.**

Tratamiento (no.)	Descanso (días)	N	P	K	Mg	S	Microelementos ^a
1	80	0	0	0	0	0	-
2	80	10	12	0	0	0	-
3	80	20	25	0	0	0	-
4	80	10	12	21	0	0	-
5	80	10	12	21	0	0	+
6	80	10	12	21	20	0	+
7	80	10	12	21	20	10	+
8	80	10	12	42	0	0	-
9	80	10	12	42	0	0	+
10	80	10	12	42	20	0	+
11	80	10	12	42	20	10	+
12	80	20	25	42	20	10	+
13	80	20	25	42	40	10	+
14	80	0	25	42	40	10	+
15	0	0	0	0	0	0	-
16	0	10	12	42	0	0	-
17	0	10	12	42	20	10	+

a. 2, 2 y 1 kg/ha de Cu, Zn y B, respectivamente.

la altura de *A. gayanus* (AREAAG y ALTUCAP, respectivamente) y el número de plantas de *S. capitata* (NCAP). En los mismos sitios, y al final del experimento, se tomaron ocho muestras con cilindros de 5 cm de diámetro y 5 cm de profundidad para separar las semillas de la leguminosa.

En la fase final del período experimental, las pasturas en la finca 4 sufrieron un ataque masivo de *Mocis* sp., lo cual obligó a descartar los resultados.

Resultados y discusión

Dinámica de *Stylosanthes capitata*

El seguimiento de la composición botánica en algunas de las fincas se extendió hasta un máximo de 129 meses. Durante aproximadamente la mitad de ese tiempo, se tomaron registros del manejo del pastoreo (Vera y Seré, 1989; Hoyos et al., 1992) y de la producción animal (Vera y Seré, 1989).

La dinámica de la contribución de *S. capitata* en estas pasturas aparece en la Figura 1. En general, la contribución de la leguminosa tendió a decrecer en el tiempo, con la excepción de la finca 21, donde *A. gayanus* fue atacado por hormigas. El resultado más sorprendente fue la persistencia de la leguminosa por 10 ó más años, en niveles aproximados de 20% en las fincas situadas sobre suelos de textura liviana,

independientemente del manejo de las pasturas, el cual presentó una gran variación entre fincas. El caso que más ilustra este hecho es el conjunto de los tres potreros en la finca 1, de los cuales dos fueron inicialmente establecidos con la mezcla *A. gayanus-S. capitata*; aunque el porcentaje inicial de la leguminosa fue diferente, después del cuarto año fue similar entre potreros. El potrero 3 fue establecido inicialmente con *A. gayanus* solo en la misma fecha que los demás y su utilización se inició conjuntamente con las pasturas asociadas. En este caso, *S. capitata* colonizó dicho potrero y alrededor del sexto año la composición botánica se estabilizó en el mismo nivel que los potreros inicialmente asociados.

El poco efecto relativo del manejo se puede deducir de la comparación de los resultados en las fincas 4 y 22. En la primera, la pastura fue consistentemente bien manejada, mientras que la segunda, localizada a corta distancia de la anterior y en suelos de igual textura y fertilidad, fue sometida a condiciones extremas de sobre y subpastoreo y quemas anuales. Sin embargo, en ambos casos, la dinámica de la población de plantas a largo plazo fue semejante.

La evolución diferente de *S. capitata* en los potreros no permitió el ajuste de un modelo matemático único. Sin embargo, si se admite el supuesto de que a partir del cuarto año la composición botánica habría llegado a un estado aproximado de equilibrio, es posible evaluar

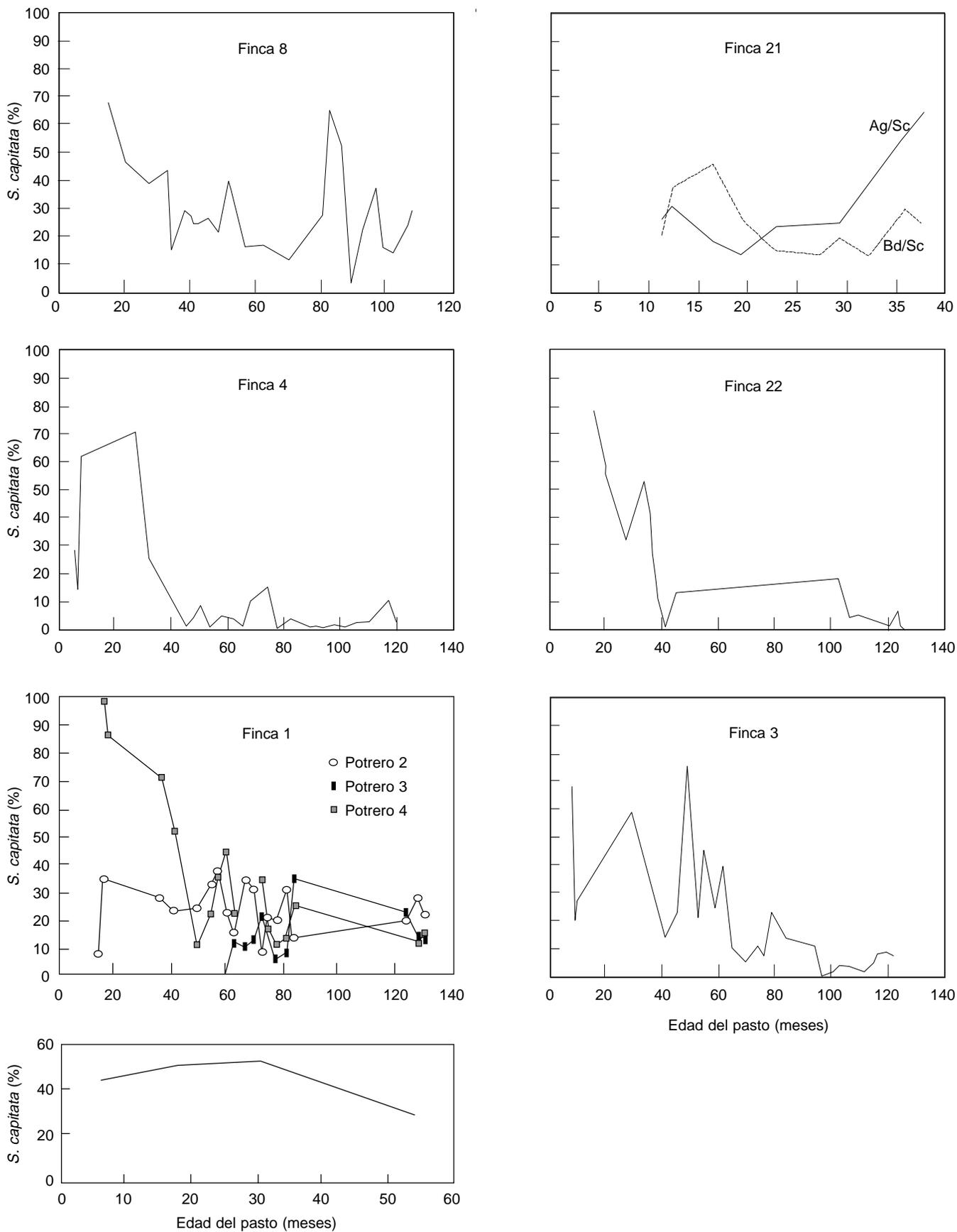


Figura 1. Dinámica de la contribución de *Stylosanthes capitata* en pasturas de varias fincas de los Llanos Orientales de Colombia.

en forma tentativa su relación con la textura del suelo, representada por el porcentaje de arena. La regresión respectiva, basada en seis pasturas de cinco fincas, fue sorprendentemente estrecha, como se presenta a continuación:

$$S. capitata (\%) = 0.9085 * Arena (\%) - 11.42,$$

$$r = 0.993 (P < 0.001)$$

de lo cual se deduce que para mantener un porcentaje de la leguminosa entre 20 y 30 en asociaciones con *A. gayanus*, se requerirían suelos con 35% a 46% de arena.

Reservas de semilla en el suelo

Las reservas de semilla de *S. capitata* evaluadas al principio de la estación lluviosa variaron entre fincas, y no tuvieron relación aparente con la textura del suelo. Dichas reservas variaron entre 0 kg/ha en la finca 22 hasta 60 ± 29 kg/ha en la finca 1.

Recuperación al inicio de la época de lluvias

Finca 1. Las correlaciones entre el rendimiento de MS y las variables no destructivas empleadas fueron altas ($P < 0.01$) (0.99, 0.94, 0.99 y 0.98 para ALTUAG, ALTUCAP, AGT y CAPT, respectivamente).

La población inicial de *S. capitata* fue alta, con un promedio de 12.8 plantas/m², mientras que la de *A. gayanus* fue de 10.1 plantas/m², siendo sus respectivas alturas promedio de 3.5 y 13.3 cm, las cuales son indicativas del grado de sobrepastoreo de ambas especies al inicio del experimento.

En el Cuadro 4 se observa que la época de muestreo tuvo el efecto más consistente en los tratamientos sometidos a descanso, lo que significa que

la longitud del descanso tuvo la influencia más marcada sobre las variables evaluadas. La magnitud de éstas se presenta en la Figura 2. Un aspecto llamativo fue el relativamente largo período de latencia (mayor de 30 días) antes de que *A. gayanus* comenzara a responder positivamente al período de descanso. Al respecto, se debe notar que la disponibilidad de forraje de esta gramínea al inicio del experimento fue de sólo 191 kg/ha de MS, mientras que la de *S. capitata* fue de 118 kg /ha de MS. Hasta el día 73, las tasas de crecimiento lineal diario fueron de sólo 5.3 y 1.4 kg/ha de MS para la gramínea y la leguminosa, respectivamente. De la Figura 2 se deduce que para aumentar la disponibilidad de *A. gayanus* hasta 1 t/ha de MS se necesitan aproximadamente de 100 días de la estación lluviosa, lo cual es indicativo de las pérdidas en que se incurriría como consecuencia del sobrepastoreo previo, en suelos comparables a los de esta finca. Si se utilizan los datos publicados por Vera y Seré (1989) sobre desempeño animal en estas mismas fincas, se puede estimar que las pérdidas en 100 días de descanso en la estación lluviosa equivalen, aproximadamente, a 85 kg de ganancia de peso vivo por hectárea.

En el mismo Cuadro 4 se observa que la fertilización con P y K no afectó la variable CAPT ($P > 0.05$), pero sí afectó significativamente el índice ALTUCAP. Aún así, en términos prácticos, el efecto de la fertilización sobre la leguminosa fue muy bajo como se presenta en la Figura 2 (índices AGT y CAPT), donde en el mejor de los casos, se necesitaron 138 días para quintuplicar el valor de CAPT.

En el pastoreo constante (cero descanso) existió un efecto leve de épocas sobre el índice CAPT ($P < 0.07$) y AGT ($P < 0.02$), pero no se detectó efecto significativo de los dos tratamientos de fertilización aplicados ($P > 0.10$). Sin embargo, la comparación de con y sin descanso vs. el nivel de fertilización 12/21, común a ambos, mostró claramente el gran potencial de

Cuadro 4. Niveles de probabilidad y promedios generales de los análisis de varianza para las variables estudiadas en la finca 1. Llanos Orientales de Colombia.

Fuente de variación	Variables ^a					
	ALTUAG	NAG	ALTUCAP	NCAP	AGT	CAPT
Fecha (F)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Fertilización (f)	0.001	0.07	0.0007	0.46	0.08	0.06
F x f	0.01	0.89	0.0001	0.08	0.09	0.06
Promedio	51.3	10.9	8.0	14.0	4.7	2.6
D.E.	15.9	2.2	1.6	2.4	2.1	0.8

a. ALTUAG = Altura de planta de *A. gayanus*; NAG = Número de plantas de *A. gayanus*; ALTUCAP = Altura de planta de *S. capitata*; NCAP = Número de plantas de *S. capitata*; AGT = Número x altura de plantas de *A. gayanus*; CAPT = Número x altura de plantas de *S. capitata*.

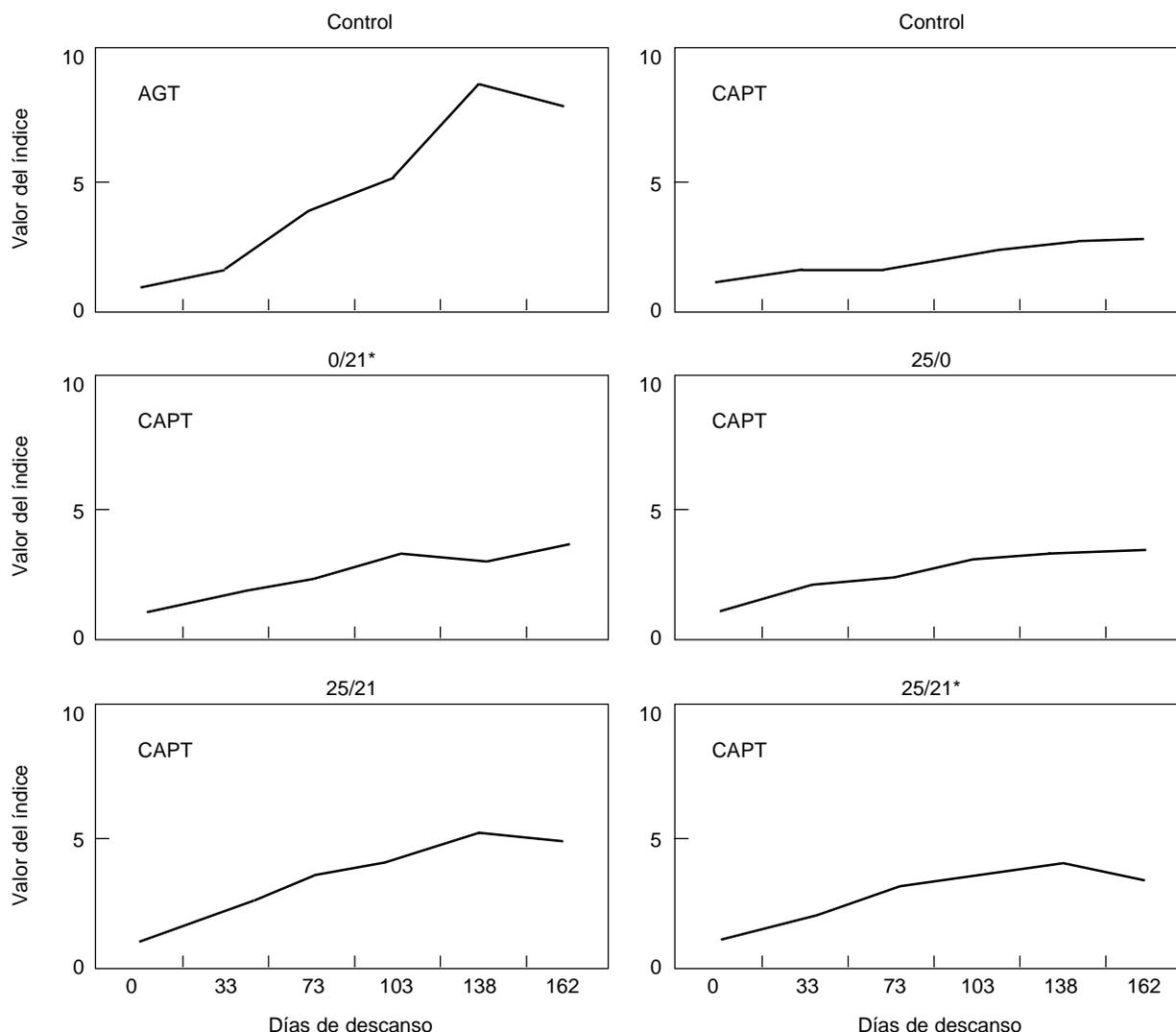


Figura 2. Índices de AGT y CAPT en la finca 1.
* Cantidades de P y K aplicados por hectárea.

respuesta de *A. gayanus* a esta fertilización acompañada de descanso (interacción $P < 0.0001$) (Figura 3). Esta interacción no fue de magnitud importante para el índice SC ($P < 0.09$), aunque como se muestra en la misma figura, existió evidencia de que *S. capitata* también respondió a la fertilización cuando se sometió a descanso.

Finca 4. Al igual que en la finca 1, las correlaciones entre rendimiento de MS y las variables no destructivas empleadas fueron altas y significativas ($P < 0.01$). La población inicial de *S. capitata* fue de 3.3 plantas/m², siendo menor que en la finca anterior, y de *A. gayanus* fue de 6.1 plantas/m². Los promedios de las alturas iniciales fueron de 6.7 y 24.6 cm para la leguminosa y la gramínea, respectivamente, y la disponibilidad de *A. gayanus* fue de 548 kg/ha de MS, considerada adecuada al finalizar la época seca.

Un descanso corto de 37 días en dos diferentes épocas (CDE/30A y 30B) afectó en forma marginal ($P < 0.06$) la variable CAPT (Figura 4), pero tuvo efecto marcado y significativo sobre el desempeño de la variable AGT ($P < 0.001$), tal como se observa en la Figura 5. Independientemente de la época (30A vs. 30B), es claro que la variable CAPT no aumentó su contribución en la pastura en sólo 37 días, y que una vez reiniciado el pastoreo, dicha contribución escasamente permaneció constante. Por el contrario, el aumento de *A. gayanus* en ambas épocas de descanso fue mayor y permaneció más tiempo bajo las condiciones de pastoreo. No obstante, el aumento fue significativamente ($P < 0.01$) mayor en el período de descanso 30B que en el 30A (Figura 5, AGT) y persistió posteriormente bajo pastoreo. Estos resultados se debieron, probablemente, a que durante el período 30B las lluvias ya se habían hecho constantes y para el del

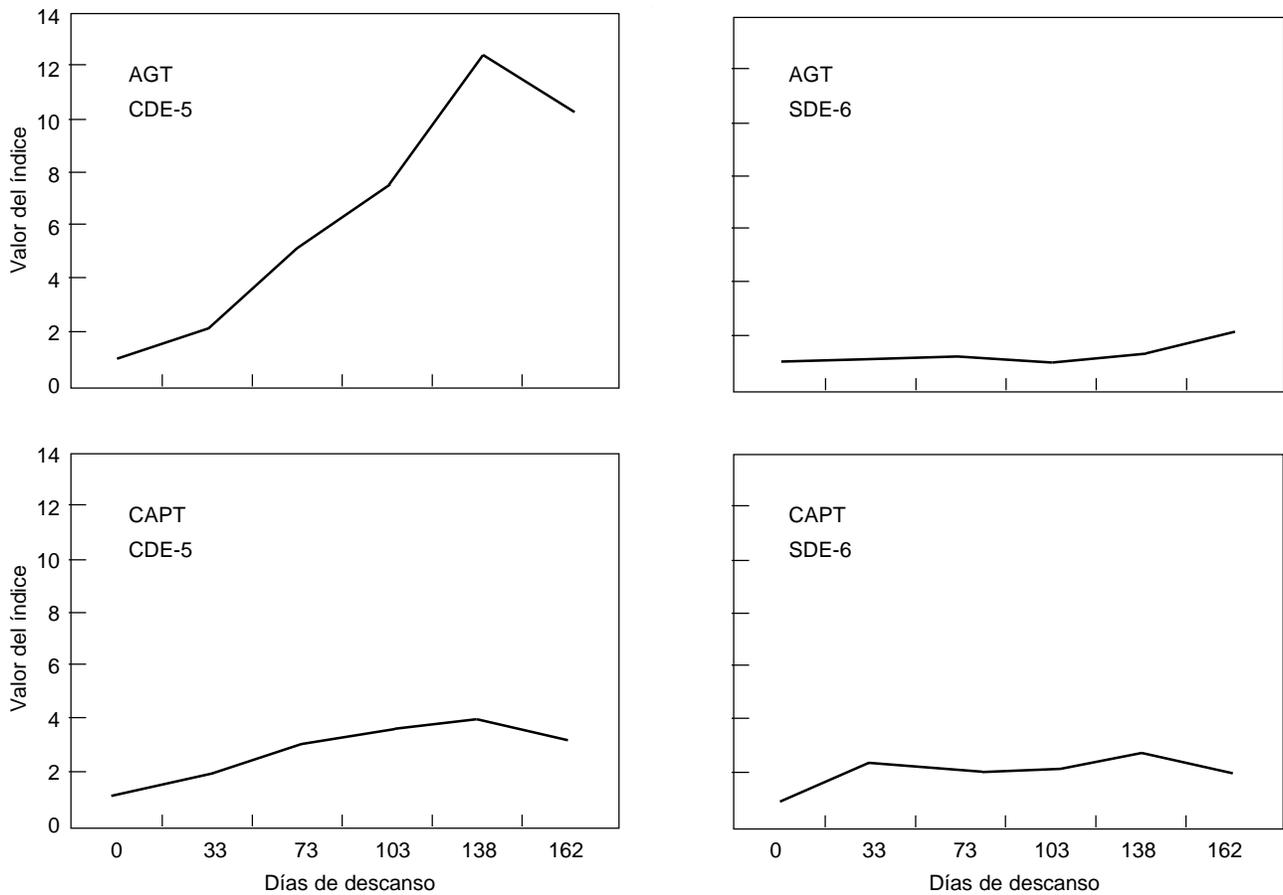


Figura 3. Índices de AGT y CAPT en relación con el tratamiento de descanso (CDE y SDE), y fertilización. Finca 1.

descanso en el 30B había desaparecido el déficit hídrico que existió al comienzo del descanso 30A.

Cuando el descanso se prolongó hasta 73 días (CDE/60), la fertilización no afectó la variable CAPT ($P > 0.05$). El promedio de esta variable al término del descanso era de 3.2 ($P < 0.01$), permaneciendo constante por un largo período (Figura 4). Aún haciendo un análisis más detallado de la interacción $P \times K$ en el factorial de 4×4 , no se encontró evidencia de significancia en ninguno de los tratamientos. Es importante señalar que en todos los casos, la media de la variable AGT fue sistemáticamente más alta que la de la variable CAPT (4.0 ± 2.9 vs. 2.7 ± 2.4), lo cual es indicativo del comportamiento más agresivo de *A. gayanus*.

Como se indicó anteriormente, la relación entre ALTUAG y AGT con el rendimiento de MS difirió entre niveles de fertilización. El rendimiento de *A. gayanus* fue significativamente afectado por la fertilización con P ($P < 0.001$) y con K ($P < 0.001$), como se observa en la

Figura 6. La respuesta a K fue prácticamente lineal y a una tasa promedio de 9.8 kg de MS/kg de K aplicado ($P < 0.001$), pero en el caso de P, la respuesta tendió a ser asintótica. Aún así, la respuesta lineal promedio fue de 7.1 kg de MS/kg de P.

Bajo pastoreo continuo (SDE) no se detectó efecto significativo de los tratamientos de fertilización ($P > 0.05$) sobre las variables AGT y CAPT. En este caso, AGT creció, en promedio, 1.6 ± 0.5 veces, mientras que la variable CAPT aumentó 1.2 ± 0.8 . Cuando el descanso aumentó hasta 104 días (CDE/90), ninguna de estas tendencias se modificó, pero se hizo aún más notoria la diferencia en las tasas de crecimiento de ambas especies, ya que en promedio la variable CAPT aumentó 2 veces y la variable AGT 4.1 veces.

El conjunto de los resultados anteriores sugiere claramente que el descanso de 73 días (CDE/60) tuvo el mayor efecto sobre el aumento sostenido de la variable CAPT, lo cual posiblemente estuvo asociado con el moderado crecimiento de la variable AGT

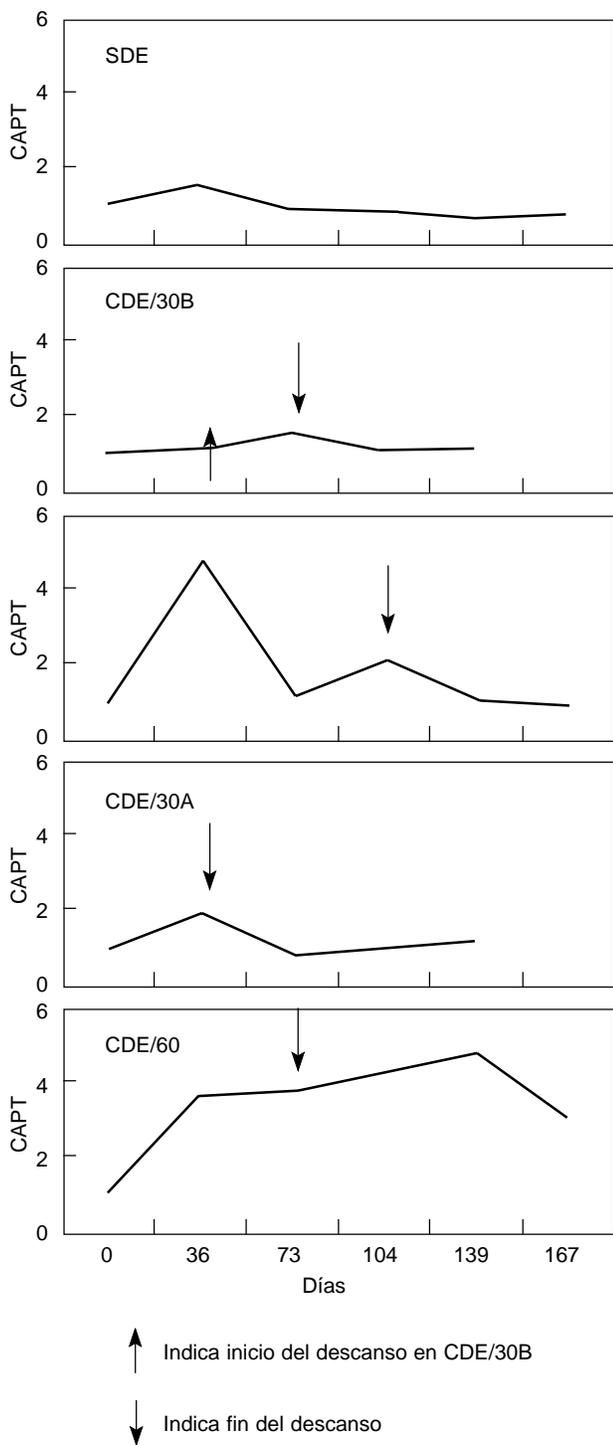


Figura 4. CAPT: longitud y época de descanso. Finca 4.

durante dicho período, como se deduce al comparar ambas variables en las Figuras 4 y 5. Desde luego, en este período de descanso (CDE/60) y con la aplicación de P y/o K, el crecimiento de *A. gyanus* fue mucho mayor y perjudicó la contribución de la leguminosa en la pastura.

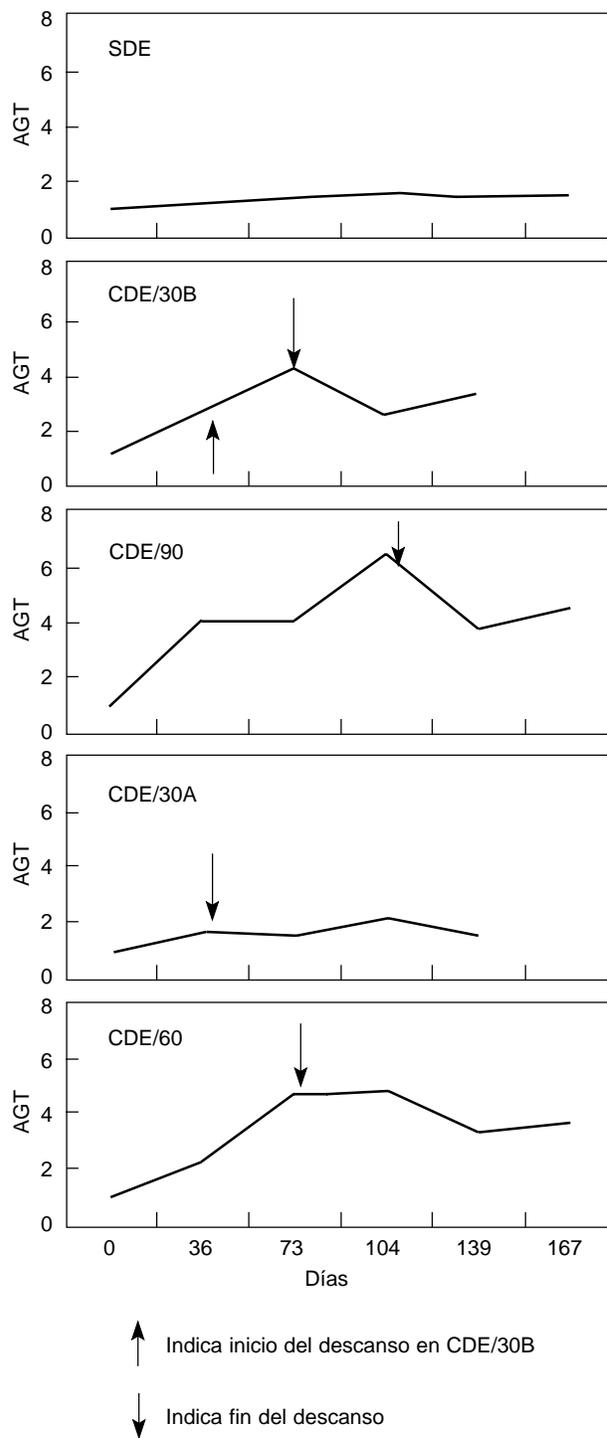


Figura 5. AGT: longitud y época de descanso. Finca 4.

Para verificar las tendencias anteriores y las complejas relaciones existentes entre el crecimiento de cada especie, los días desde el inicio del experimento y el tratamiento de descanso se calcularon las regresiones respectivas por el método "stepwise". Los tratamientos de descanso se codificaron con variables

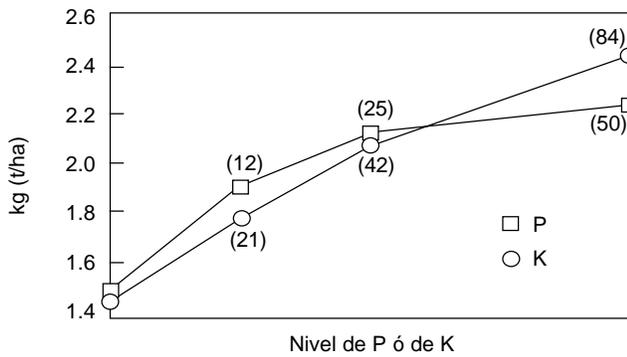


Figura 6. Rendimiento de *Andropogon gayanus* con aplicación de P y K y 60 días de descanso (CDE60).

“dummy” (Draper y Smith, 1966), las que toman valores 1 y 0 cuando se aplica o no el tratamiento correspondiente.

En el Cuadro 5 se incluyen los valores reales y estandarizados de los coeficientes de regresión. Varias de las interacciones de tratamientos de descanso x DIAS ingresaron en las ecuaciones. Para mostrar mejor dichas interacciones y los efectos cuadráticos, la variable DIAS fue forzada a entrar en la predicción de la variable CAPT.

Mediante la ecuación de predicción de la variable CAPT fue posible verificar que los únicos tratamientos

de descanso que la afectaron significativamente fueron CDE60 y CDE90, y que la interacción CDE60 x DIAS tuvo la mayor influencia relativa, tal como se deduce de la magnitud absoluta del respectivo coeficiente estándar. Aún así, y en todos los casos, los efectos cuadráticos fueron significativos, pudiéndose verificar que la variable CAPT tendió eventualmente a decaer una vez reiniciado el pastoreo en los tratamientos respectivos, aunque en el período de descanso CDE60 se logró un valor alto, que consiguió mantenerse con poca disminución hasta el fin del experimento.

En el caso de la variable AGT, los resultados muestran claramente que todos los tratamientos de descanso, con excepción de CDE30A, aumentaron significativamente el volumen de *A. gayanus* en forma aproximadamente proporcional a la longitud del descanso. En consecuencia, se deduce que la variable AGT respondió en forma mucho más consistente al descanso que la variable CAPT.

Al respecto, es importante comparar la evolución relativa de las variables CAPT y AGT, en la medida en que afectan la composición botánica de la pastura. Si bien en el período de descanso CDE90 el aumento de la variable CAPT fue de 2.5 veces, la variable AGT se multiplicó por 5.5, lo cual conduciría a una disminución relativa de la contribución de *S. capitata* a la composición botánica. Por el contrario, en el período de descanso CDE60, ambas especies se multiplicaron

Cuadro 5. Coeficientes de regresión para las ecuaciones de predicción de las variables CAPT y AGT en la finca 4. Llanos Orientales de Colombia.

Variable dependiente	Variable independiente	Coefficiente de regresión	P <	Coefficiente estandarizado
CAPT	Intercepto	1.1832	0.0004	—
	DIAS	-0.00079	0.8084	-0.03416
	CDE90	1.3757	0.0098	0.4454
	DIAS x CDE60	0.0652	0.0001	2.2814
	DIAS ² x CDE90	-0.00005453	0.1243	-0.2756
		-0.000307	0.0023	-1.5518
R ² ajustado = 0.69 (P < 0.001)				
AGT	Intercepto	1.1287	0.0001	—
	DIAS	0.004542	0.1184	0.1723
	DIAS x CDE90	0.077178	0.0001	2.1929
	DIAS x CDE60	0.05648	0.0001	1.7253
	DIAS x CDE30B	0.04606	0.0038	1.0786
	DIAS ² x CDE90	-0.00035	0.0002	-1.5469
	DIAS ² x CDE60	-0.000283	0.0013	-1.2501
	DIAS ² x CDE30B	-0.000274	0.0292	-0.7761
R ² ajustado = 0.83 (P < 0.001)				

aproximadamente 4.5 veces, lo cual significa que el balance entre ellas se mantuvo relativamente constante.

En conclusión, en esta finca el tratamiento de longitud de descanso CDE60 aumentó en forma significativa el rendimiento de *S. capitata*, pero aún así no consiguió mejorar la contribución porcentual de la leguminosa a la pastura. Por el contrario, los demás tratamientos tuvieron, sin excepción, un efecto perjudicial sobre el aporte relativo de esta leguminosa a la pastura, aunque su rendimiento absoluto haya aumentado en algunos de ellos. Estas diferencias en la contribución de ambas especies a la pastura, se magnificaron en presencia de fertilización con P y K, debido a la rápida respuesta de *A. gayanus*.

Recuperación al final de la época de lluvias

Finca 1. El descanso fue la única variable experimental que afectó ligeramente el crecimiento de *S. capitata*, cuando se comparó con el pastoreo continuo. Y aunque alteró significativamente la altura de la planta de la leguminosa ($P < 0.05$), no tuvo efecto sobre las variables NCAP y CAPT ($P > 0.05$).

A pesar de que el rendimiento de semilla de la leguminosa fue variable entre tratamientos, desde 18 kg/ha en el tratamiento control hasta 55 kg/ha en el tratamiento 8 (CDE/60, $P = 12$ y $K = 50$), la gran variabilidad de los resultados enmascaró posibles diferencias significativas. Sin embargo, estos resultados sugieren que es posible manejar la producción de semillas de *S. capitata* en pasturas

asociadas, mediante el uso combinado de P y K. Estas aparentes diferencias se mantenían 10 meses más tarde, cuando variaron entre 0.5 kg/ha en el tratamiento control hasta 11 kg/ha en la mayor parte de los tratamientos de fertilización.

Comparativamente, la respuesta de *A. gayanus* a los tratamientos de fertilización fue más alta y presentó mayores diferencias que la de *S. capitata*. Los tratamientos de fertilización afectaron en forma significativa las variables NAG y AREAAG. El área basal de *A. gayanus* (AREAAG) aumentó significativamente ($P < 0.001$), como respuesta a la aplicación de micronutrientes en presencia de N, P y K, mientras que el S tuvo efecto negativo y significativo ($P < 0.001$) sobre el mismo parámetro. Las diferencias en producción de semilla fueron grandes y oscilaron entre los 18 kg/ha en el tratamiento control hasta 50 kg/ha en los mejores tratamientos de fertilización. En resumen, y como se muestra en la Figura 7, los tratamientos de fertilización afectaron en forma muy diferente la arquitectura de las plantas y el balance entre desarrollo vegetativo y producción de semilla de *A. gayanus*. Como consecuencia de lo anterior, la variable NAG y el rendimiento de semilla no se correlacionaron a través de tratamientos ($P > 0.05$). Por el contrario, el rendimiento de semilla y el área cubierta (AREAAG) mostraron una correlación significativa de 0.63 ($P < 0.02$), aunque de escaso valor de predicción.

El conjunto de estos resultados sugiere que por lo menos en pasturas establecidas en suelos equivalentes a los incluidos en este estudio, es factible lograr compromisos aceptables en el rendimiento de semillas

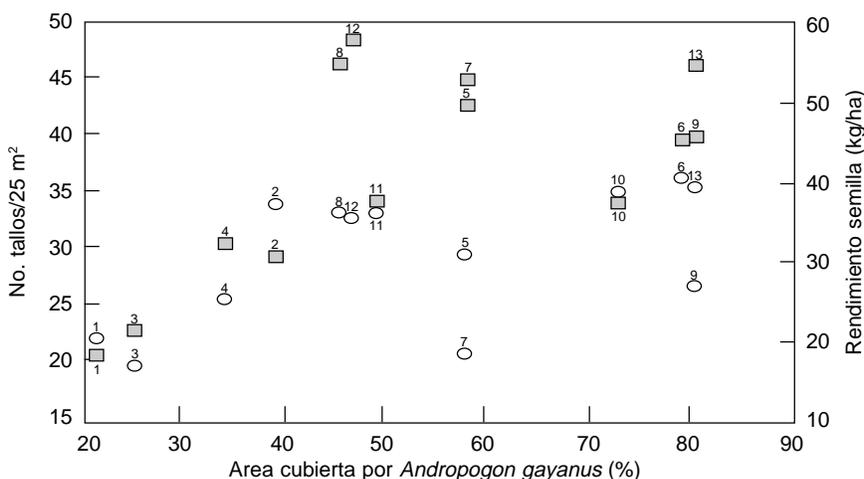


Figura 7. Relación entre el área basal de *A. gayanus*, el número de tallos (○) y el rendimiento de semilla (□) en los diferentes tratamientos de fertilización. Cada número corresponde a un tratamiento del Cuadro 3.

de ambas especies, que permitan recuperar las reservas de las mismas en el suelo, pero que claramente se requeriría mayor experimentación para determinar las tasas apropiadas de fertilización.

Discusión general

El problema de degradación y recuperación de pasturas en el trópico de América Latina ha sido ampliamente discutido en la literatura (p. ej., Spain y Gualdrón, 1991), aunque generalmente con énfasis en pasturas basadas en *B. decumbens* y otras especies del mismo género (Arruda et al., 1987; Veiga y Serrão, 1987; de Carvalho et al., 1990; Quezada et al., 1991; Mattos y Uhl, 1994) o, menos frecuentemente, en pasturas de *Panicum maximum* (Robbins et al., 1986; 1989; Santos et al., 1991). Aún en esos casos no se han estudiado sistemáticamente las prácticas de renovación adoptadas por los productores, con la única excepción de la encuesta publicada por Vera et al. (s.f.) para los Llanos Orientales de Colombia. Este estudio reveló que las pasturas de *B. decumbens* se renuevan frecuentemente utilizando técnicas de labranza superficial con o sin la aplicación de dosis bajas de P y, raras veces, se aplican otros nutrimentos. Es interesante anotar que el uso de descansos estratégicos no aparece como una práctica regular de recuperación de las pasturas en la región (Vera et al., s.f.), a pesar de que la mayor parte de los productores encuestados practican algún tipo de pastoreo rotacional, el cual de hecho implica descansos más o menos programados (Hoyos et al., 1992).

Las técnicas de recuperación evaluadas en el presente trabajo reproducen las tasas de fertilización más frecuentemente reportadas por Vera et al. (s.f.) y las combinan con tratamientos de descanso aplicados en diferente épocas y con diferentes escenarios en términos de costos de oportunidad. Tal como se ha discutido anteriormente, las tasas bajas a moderadas de P y de K, solos o en combinación, no presentaron en estos experimentos exploratorios aumentos significativos en la contribución de la leguminosa a la producción de biomasa de la asociación. Como lo demostraron claramente Valencia (1983), Valencia y Spain (1988) y Ziebel (1997), las gramíneas que normalmente se asocian con *S. capitata* tienen gran capacidad de competencia por dichos nutrimentos. A partir de experimentos en macetas se ha supuesto que la aplicación de altas dosis de K podría tener un efecto positivo y significativo de la contribución de esta leguminosa en diferentes asociaciones (Valencia, 1983; Ziebel, 1997), pero los niveles requeridos serían muy superiores a los comúnmente aplicados a pasturas e, inclusive, a cultivos anuales de mayor valor.

Dentro de las restricciones a las observaciones aquí presentadas, resalta el efecto dominante del contenido de arena, utilizado como indicador de la textura, sobre el balance gramínea-leguminosa de las pasturas utilizadas. Si estos resultados se generalizaran, sugerirían que el nicho natural de *S. capitata* en la altillanura colombiana estaría restringido a los suelos más livianos, si se espera una contribución superior al 20% de la biomasa producida a largo plazo, mientras que su uso en suelos más pesados estaría restringido a su contribución como especie pionera en los 2 ó 3 años iniciales. Es claro que las observaciones anteriores no explican las relaciones causales entre textura y persistencia de la leguminosa en las asociaciones estudiadas, lo cual requeriría de estudios adicionales. Sin embargo, la disponibilidad de otras leguminosas con mayor habilidad competitiva por nutrimentos y, en particular por K, en suelos más pesados (Ziebel, 1997) hacen dudosa la conveniencia de emprender estudios de esa naturaleza.

Agradecimientos

Los autores agradecen sinceramente la invaluable colaboración de los propietarios de las fincas, y de J. M. Toledo (Q.E.P.D.), M. C. Amézquita, R. Botero, S. Guzmán, C. G. Meléndez, A. Rodríguez, T. Romero y numerosos trabajadores de campo y estudiantes que participaron, a lo largo de todos estos años, en el desarrollo de los trabajos aquí presentados.

Summary

The study was in two parts: (1) to describe the dynamics of *Stylosanthes capitata* in associated pastures that had been managed during 14 consecutive years by cattle raisers of the Eastern Plains of Colombia; and (2) to conduct two exploratory experiments on these farms to recover those pastures in which the legume was in an advanced state of degradation. The botanical composition of the pastures was determined at 3 to 4-month intervals, over 14 years, on seven farms that had pastures of the grass *Andropogon gayanus* cv. Carimagua, or *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, associated with one or both ecotypes of *S. capitata*, CIAT 1019 and 1315, that were planted between 1979 and 1981. The pastures studied measured between 5 and 80 ha each and were established by 2 to 3 harrowings and applications of 20, 20, 10, and 10 kg/ha of P, K, Mg, and S, respectively. Only one cattle raiser applied maintenance fertilization during the observation period. Before seeding, and in each subsequent year, samples were taken from the top 20 cm of soil for chemical analysis. The BOTANAL method was used to

determine the botanical composition of the pastures, and the percentages presented refer to the contribution of *S. capitata* to the forage-on-offer. To determine the amount of seed in the soil and, depending on pasture size, between 15 and 100 samples were taken from the top 5 cm of soil of each pasture, using cylinders with a 5-cm diameter. The recovery techniques evaluated here reproduce the most frequent fertilization rates and combine them with the rest treatments applied at different times and in different scenarios in terms of opportunity costs. The low to moderate rates of P and K, alone or in combination, did not result in significant increases in the contribution of the legume to the biomass production of the association. Among the constraints observed was the dominant effect of the sand content (which was used as an indicator of soil texture) on the grass-legume balance in the pastures. The results suggest that the natural niche of *S. capitata* in the higher areas of the Colombian Eastern Plains would be restricted to the lightest soils, if it is to comprise, over the long term, more than 20% of the pasture biomass. The legume's use in heavier soils would be restricted to its contribution as a pioneer species in the first 2 or 3 years.

Referencias

- Arruda, N. G. de; Cantarutti, R. B.; y Moreira, E. M. 1987. Tratamentos físico-mecânicos e fertilização na recuperação de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. *Pasturas Trop.* 19(3):36-39.
- Caicedo, C. A. y Vera, R. R. 1986. Efecto de la carga sobre la productividad de diferentes clases de animales en la asociación *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora* y *Stylosanthes capitata*. *Acta Agron.* 36(1):84-97.
- Carvalho, S. I. C. de; Vilela, L.; Spain, J. M.; y Karia, C. T. 1990. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos Cerrados. *Pasturas Trop.* 12(2):24-28.
- Draper, N. y Smith, H. 1966. *Applied regression analysis*. Wiley, Nueva York. 407 p.
- Ferguson, J. E.; Seré, C.; y Vera, R. R. 1985. The release process and initial adoption of *Andropogon gayanus* in the tropical Latin America. *Proceedings of the XV International Grassland Congress*. p. 222-223.
- _____; Vera, R. R.; y Toledo, J. M. 1989. *Andropogon gayanus* and *Stylosanthes capitata* in the Colombian Llanos: The path from the wild towards adoption. *Proceedings of the XVI International Grassland Congress*, Niza, Francia. p. 1343-1344.
- Guzmán, S. y Vera, R. R. 1991. Establecimiento de pasturas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Lascano, C. E. y Spain, J. M. (eds.). *Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación*. Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Memorias. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 385-398.
- Hoyos, P.; Vera, R. R.; y Sanz, J. I. 1992. Relaciones entre la textura y las características químicas en suelos Oxisoles de la Altillanura plana. En: Pizarro, E. A. (ed.). *Primera Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)-Sabanas*. Documento de trabajo no. 117. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 465-472.
- _____; _____; Lascano, C. E.; y Franco, M. A. 1992a. Manejo del pastoreo por productores de la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. En: Pizarro, E. A. (ed.). *Primera Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)-Sabanas*. Documento de trabajo no. 117. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 679-684.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1983. *Capica (Stylosanthes capitata Vog.)*. Boletín Técnico no. 103. 12 p.
- Mattos, M. M. y Uhl, C. 1994. Economic and ecological perspectives on ranching in the Eastern Amazon. *World Develop.* 22:145-158.
- Miles, J. W.; Thomas, R. J.; Lascano, C. E.; Fisher, M. J.; Vera, R. R.; y Sanz, J. I. 1994. Evaluation of *Stylosanthes* for selected farming systems of tropical America. En: Leeww, P. N. de; Mohamed-Saleem, M. A.; y Nyamu, M. A. (eds.). *Stylosanthes as a forage and fallow crop*. Internacional Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Ababa, Etiopía. p. 25-33.
- Quezada, H.; Caballero, H.; Espinoza, J.; y Anzules, A. A. 1990. Estudio de las causas de la degradación de una pastura de *Brachiaria humidicola*. En: Keller-Grein, G. (ed.). *Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT-Amazonia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. v. 2, p. 1049-1053.
- Robbins, G. B.; Rickert, K. G.; y Humphreys, L. R. 1986. Productivity decline in sown tropical grass pastures with age: The problem and possible solutions. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.* 16:319-322.
- _____; Bushell, J. J.; y McKeon, G. M. 1989. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. trichoglume). *J. Agric. Sci.* 113:401-406.
- Santos, R. L.; Pérez, J.; Hernández, V. E.; y González, V. A. 1991. Renovación de una pradera deteriorada de guinea (*Panicum maximum*) por diferentes técnicas agronómicas. *Agrociencia, Serie Ciencia Animal* 1:27-42.

- Spain, J. M. y Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. En: Lascano, C. E. y Spain, J. M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Memorias. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 269-284.
- Thomas, D.; Lascano, C.; y Vera, R. R. 1987. A tropical pasture legume for poor soils. SPAN 30(2):59-61.
- Toledo, J. M. y Fisher, M. J. 1990. Aspectos fisiológicos de *Andropogon gayanus* y su compatibilidad con las leguminosas forrajeras. En: Toledo, J. M.; Vera, R.; Lascano, C.; y Lenné, J. M. (eds.). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 69-104.
- _____; Vera, R. R.; Lascano, C.; y Lenné, J. M. (eds.). 1989. *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 406 p.
- Valencia, I. M. 1983. Roof competition between *Andropogon gayanus* and *Stylosanthes capitata* in an Oxisol in Colombia. Ph.D. Tesis. Univ. Florida, Gaineville, FL, E.U.
- _____; y Spain, J. M. 1988. Preliminary observations on the effect of competitive interference on stand maintenance of *Stylosanthes capitata* associated with *Andropogon gayanus* in the eastern plains of Colombia. En: Simposio sobre Cerrado, Planaltina, DF. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Brasil. p. 491-498.
- Veiga, J. B. y Serrão, E. A. 1987. Recuperación de pasturas en la región este de la Amazonia brasilera. Pasturas Trop. 9(3):40-43.
- Vera, R. R. y Seré, C. 1985. Evaluation of tropical pastures with a farming system perspective. Proceedings of the XV International Grassland Congress. p. 1187-1188.
- _____; _____; y Tergas, L. E. 1986. Development of improved grazing systems in the savannas of Tropical America. Proc. Second Intern. Rang. Cong., Adelaide, Australia. p. 107-110.
- Vera, R. R. y Seré, C. 1989. Resultados obtenidos con *Andropogon gayanus* en las fincas de los productores de ganado. En: Toledo, J. M.; Vera, R. R.; Lascano, C.; y Lenné, J. M. (eds.). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 323-356.
- _____; Hoyos, P.; y Moya, M. C. s.f. Pasture renovation practices of farmers in the neotropical savannas. Land Degrad. Develop. (En impresión.)
- Zeibel, P. 1997. Efecto del potasio en la competencia de las leguminosas *Arachis pintoi*, *Centrosema acutifolium* y *Stylosanthes capitata* asociadas con las gramíneas *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria dictyoneura* especies forrajeras tropicales. Tesis de grado. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Colombia. 120 p.