

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSGRADO

CRECIMIENTO DURANTE LA FASE DE ESTABLECIMIENTO DE
Brachiaria brizantha (Hochst ex A. Rich) Stapf
y *B. dictyoneura* Stapf EN EL ASOCIO
CON SOYA (*Glycine max* L.)

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

por

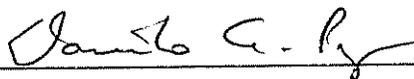
HECTOR EDUARDO PEREZ ACOSTA

CATIE
Turrialba, Costa Rica
1990

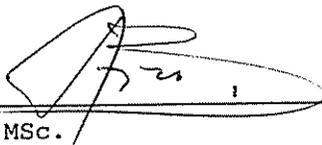
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



Danilo Pezo, Ph.D.
Profesor Consejero



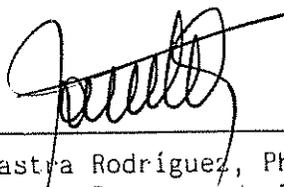
José Arze, MSc.
Miembro del Comité



Tomás Schlichter, Ph.D.
Miembro del Comité



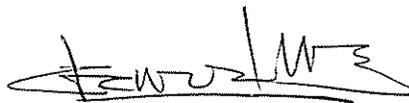
Francisco Romero, Ph.D.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisi
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Héctor Eduardo Pérez
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa, por su comprensión.

A mis hijos

Marcela

Juliana

Eduardo

Emanuel

Sebastián

A mi Madre, con inmenso cariño.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Danilo Pezo, Profesor Consejero y ejemplo de dedicación académica, por su invaluable aporte en mi formación.

Al Mag. Sc. José Arze, por sus enseñanzas y orientación en el análisis de los datos.

A los miembros del Comité Asesor Ph. D. Tomás Schlichter y Ph. D. Francisco Romero, por su colaboración y disposición durante el desarrollo de la tesis.

Al Director Nacional de INTA Ph.D. Edgardo Moscardi, por toda su contribución.

Al Dr. José Luis Parisí y Dr. Virgilio Cozzi, por su incondicional apoyo y amistad.

Al Gobierno de Holanda por el financiamiento de mis estudios.

Al CATIE, Programa de Posgrado, por concederme la beca y por la colaboración de todo su personal.

Al INTA, EEA Santiago del Estero por la oportunidad para acceder a los estudios de Maestría.

Al PNUD, por la asistencia económica complementaria, que hizo posible la reunión con mi familia.

A la Ph. D. Gilda Piaggio, Ph.D. Pedro Ferreira, por las sugerencias en los análisis estadísticos.

Al Lic. Gustavo López y Lic. Jonhy Pérez, por la colaboración en el uso del SAS.

Al CIAT, por el aporte del material experimental de las gramíneas.

Al personal de la finca Experimental La Montaña y del Laboratorio de Fisiología Vegetal del CATIE por su apoyo.

A mis compañeros de Maestría, en especial a los del área de Ganadería Tropical.

A mis compañeros de estudio Vicente Febres y Gabriel Robles, a Edgardo Mejía y familia, Silvana Alvarenga y Hernán López, por su amistad.

BIOGRAFIA

El autor nació en la provincia de Santiago del Estero, República Argentina, donde realizó sus estudios primarios en el Colegio San Francisco de Asís y secundarios en la Escuela de Agricultura y Ganadería donde obtuvo el título de Perito Agrónomo Ganadero. Los estudios superiores los llevó a cabo en la Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Agronomía, graduándose como Ingeniero Agrónomo en 1981.

En 1983 se incorporó al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, desarrollando sus actividades en la Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero como técnico en investigación de pasturas.

En septiembre de 1988 ingresó al Programa de Maestría del CATIE, donde obtuvo el grado de *Magister Scientiae* en noviembre de 1990.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
LISTA DE CUADROS	xv
LISTA DE FIGURAS	xviii
1 INTRODUCCION	1
2 REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades sobre crecimiento.	3
2.2 Origen de la competencia en cultivos asociados.	5
2.3 Asociaciones de cultivos con forrajeras.	6
2.4 Efecto de la sombra en forrajeras.	8
2.5 Análisis del crecimiento.	12
2.6 Indices para medir la eficiencia en los cultivos asociados.	13
3 MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Ubicación.	15
3.2 Clima.	15
3.3 Suelo.	15
3.4 Material Experimental.	16
3.4.1 Cultivo.	16
3.4.2 Gramineas.	16
3.4.3 Mallas de Sarán.	17
3.5 Tratamientos.	18
3.6 Unidad Experimental.	20
3.7 Diseño Experimental.	20
3.8 Análisis de varianza.	21

3.9	Análisis de crecimiento en soya y gramínea.	23
3.10	Generación de índices.	23
3.10.1	Componentes morfológicos.	24
3.10.1.1	Índice de Área Foliar (IAF).	24
3.10.2	Componentes fisiológicos	24
3.10.2.1	Índice de crecimiento relativo (ICR).	24
3.10.2.2	Índice de crecimiento relativo del área foliar (ICRAF).	24
3.10.2.3	Índice de asimilación neta (IAN).	24
3.10.3	Componentes agronómicos.	24
3.10.3.1	Tasa de producción de materia seca (TPMS).	24
3.10.4	Comparación entre asociados.	25
3.10.4.1	Uso Equivalente de la Tierra (UET).	25
3.11	Preparación del terreno.	25
3.12	Siembra.	25
3.12.1	Soya.	26
3.12.2	Gramínea forrajera.	26
3.13	Labores culturales.	28
3.14	Cosecha.	29
3.15	Rotación de mallas.	29
3.16	Toma de datos.	29
3.16.1	Climáticos.	29
3.16.2	Suelo.	30
3.16.3	Cultivo soya.	30

3.16.3.1	Análisis fenológico.	30
3.16.3.2	Biomasa aérea.	31
3.16.4	Gramínea.	32
3.16.4.1	Análisis fisiológico.	32
3.16.4.2	Biomasa.	33
4	RESULTADOS	35
4.1	Suelo.	35
4.2	Clima.	35
4.3	Crecimiento de las especies de gramínea	38
4.3.1	Análisis conjunto de la biomasa aérea total en <i>B. brizantha</i> y <i>B.</i> <i>dictyoneura</i> .	38
4.3.2	Análisis de tendencia de la producción de biomasa aérea.	41
4.3.3	Ajuste de la biomasa a un modelo de crecimiento.	43
4.3.4	Análisis conjunto del área foliar total en <i>B. brizantha</i> y <i>B.</i> <i>dictyoneura</i> .	48
4.3.5	Análisis de tendencias para el área foliar.	51
4.3.6	Ajuste del área foliar a un modelo de crecimiento.	52
4.3.7	Análisis de los componentes del rendimiento en <i>B. brizantha</i> y <i>B.</i> <i>dictyoneura</i> .	54
4.3.8	Análisis de la relación H/T.	58
4.3.9	Análisis fenológico.	60
4.3.10	Indices de crecimiento para los componentes morfológicos, fisiológicos y agronómicos.	68
4.3.10.1	Componentes morfológicos	68
4.3.10.2	Componentes fisiológicos	68

4.3.10.2.1	ICR.	68
4.3.10.2.2	ICRAF.	69
4.3.10.2.3	IAN.	71
4.3.10.3	Componentes agronómicos.	71
4.4	Crecimiento de las variedades de soya.	72
4.4.1	Ajuste de la biomasa aérea producida en soya IAC-8 y Júpiter	72
4.4.2	Ajuste del área foliar.	74
4.4.3	Componentes del rendimiento.	76
4.4.4	Producción de grano.	80
4.4.5	Indices de crecimiento.	80
4.4.5.1	Indices para los com- ponentes morfológicos.	81
4.4.5.1.1	Índice de Área Foliar (IAF).	81
4.4.5.2.	Indices para los com- ponentes fisiológicos.	81
4.4.5.2.1	Índice de Crecimiento Relativo (ICR).	81
4.4.5.2.2	Índice de Crecimiento Relativo del Área Foliar (ICRAF).	81
4.4.5.2.3	Índice de Asimilación Neta (IAN).	82
4.4.5.3	Indices para los componentes agronómicos. 82	
4.4.5.3.1	Tasa de Producción de Materia Seca (TPMS).	82
4.6.	Análisis conjunto del asocio.	82

5.DISCUSION	84
5.1 Crecimiento y biomasa aérea máxima en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> .	84
5.2 Modelos de crecimiento en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> .	88
5.3 Area foliar.	89
5.4 Componentes del rendimiento, relación H/T y fenología.	91
5.5 Muestreos en relación a la fenología.	93
5.6 Floración y condiciones climáticas.	94
5.7 Crecimiento de los cultivares de soya.	95
5.8 Producción de grano.	96
5.9 UET	97
6 CONCLUSIONES	99
7 RECOMENDACIONES	101
8 BIBLIOGRAFIA.	102
9 APENDICE	108

PEREZ, H.E. 1990. Crecimiento durante la fase de establecimiento de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A.Rich.) Stapf y *B. dictyoneura* Stapf en el asocio con soya (*Glycine max* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 115 p.

Palabras claves: *Brachiaria brizantha*, *B. dictyoneura*, soya, cultivos asociados, interacciones pastura-cultivo, curvas de crecimiento, competencia por luz, trópico húmedo.

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar el crecimiento y si se produce competencia por luz en el asocio de las gramíneas *B. brizantha* (CIAT 6780) y *B. dictyoneura* (CIAT 6133) con soya (*Glycine max*) variedades IAC-8 y Júpiter, se condujo el presente experimento en la Finca Experimental "La Montaña" del CATIE ubicada en Turrialba, Costa Rica. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en un arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande correspondía a la modalidad de siembra de la gramínea (Asocio a soya IAC-8, Asocio a soya Júpiter, Bajo sombra simulada de las variedades de soya, y el cultivo puro) y la subparcela (7.5 x 3.0 m) al arreglo factorial de las dos gramíneas con dos orígenes de multiplicación (sexual y asexual). La información se registró cada 14 días en la gramínea mediante un muestreo sistemático y en los estadios fenológicos V4, R4, R5, R6 y R8 en la soya. Los datos en las gramíneas fueron analizados mediante ANDEVA para las variables biomasa aérea máxima, área foliar máxima y en la soya para producción de grano. Para el análisis de las tendencias se utilizó un ajuste a regresión lineal simple, comparándose las tasas mediante el método no paramétrico Chi-cuadrado de Friedman. Asimismo, los datos de las variables biomasa aérea y área foliar para las gramíneas y la soya, y la relación H/T en la gramínea, fueron ajustadas a diferentes modelos de crecimiento.

B. brizantha compitió eficientemente por luz con las variedades de soya, comportándose como cultivo dominante en el asocio, siendo su rendimiento en biomasa de 66% (251 g/planta) con respecto al cultivo puro (355 g/planta). El mejor ajuste fué al modelo exponencial. *B. dictyoneura*, por el contrario, no compitió eficientemente por luz en el asocio y fué dominada por el cultivo de soya, en el uso de los recursos limitantes, con rendimiento relativo del 13% (23 g/planta) en relación a su cultivo puro (177 g/planta). El mejor ajuste para esta variable fué el modelo logístico. Se explica el comportamiento de las gramíneas, a través del diferente hábito de crecimiento lo que favoreció o no la

respuesta a la disminución de luz, como también por la competencia por espacio físico y nutrientes, principalmente N. El área foliar mostró un comportamiento similar, salvo que se presentaron diferencias significativas entre los orígenes de material de multiplicación sexual (1130 dm²/planta) y asexual (916 dm²/planta), en *B. brizantha*. Los cultivos asociados ajustaron a un modelo exponencial, mientras que para el cultivo puro fue cuadrático. En *B. dictyoneura* el ajuste fue cuadrático para el cultivo puro y el asocio con soya IAC-8 y cúbico para el asocio a Júpiter. La relación H/T, en *B. brizantha* comenzó con valores de 2.0 y disminuyó rápidamente e independiente del tratamiento. En *B. dictyoneura* el valor inicial fue aproximadamente de 1.5, y disminuyó menos drásticamente en los cultivos asociados que en el cultivo puro.

La floración de las dos especies de gramínea ocurrió durante el desarrollo del experimento, siendo más acentuada en *B. dictyoneura* que en *B. brizantha*, lo que coincidió con el período de días más largos y la presencia de un estrés hídrico. Sin existir pruebas específicas, respecto a los factores que la inducen, se sugiere estudiar este aspecto.

Las determinaciones de la fenología en las gramíneas, permitió elaborar un muestreo estratégico para estudiar el crecimiento, durante las fenofases de macollamiento, elongación, y en el inicio, plenitud y fin de floración.

La producción de grano de las dos variedades de soya, disminuyó cuando estuvieron asociadas con *B. brizantha*. En promedio para las dos variedades su rendimiento relativo fue del 54% (1363 kg/ha) con respecto al cultivo puro (2594 kg/ha), mientras que con *B. dictyoneura* no presentan diferencias respecto al cultivo puro, ya que su rendimiento relativo promedio fue del 93% (2413 kg/ha) del cultivo puro.

El empleo del Uso equivalente de la Tierra (UET), para decidir sobre el mejor asocio, no demuestra con claridad el comportamiento de las especies en el mismo.

Se recomienda continuar con los estudios de la respuesta fisiológica en asociaciones con cultivos más adoptados por el productor y leguminosas forrajeras, e incorporar diferentes prácticas agronómicas.

PEREZ, H.E. 1990. Growth during the establishment phase in *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf and *B. dictyoneura* Stapf intercropped to soybean (*Glycine max* L.). Thesis, Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 115 p.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, *B. dictyoneura*, soybean, intercropping, pasture-crop interactions, growth curves, competition for light, humid tropics.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the growth of *B. brizantha* (CIAT 6780) and *B. dictyoneura* (CIAT 6133) when they are planted in monoculture or intercropped to two soybean (*Glycine max*) cultivars IAC-8 and Jupiter. This experiment was carried out at CATIE's "La Montaña" Experimental Station, located in Turrialba, Costa Rica.

The experimental design utilised was a Split-plot in Complete Blocks, in which the main plot was defined by the cropping system (grass intercropped to either soybean cultivar, grass monoculture grown under soybean-simulated shade, grass monoculture), and the sub-plots (7.5 x 3.0 m) by the factorial arrangement of the two grass species x planting material (gametic and vegetative). Data was collected through systematic sampling, every 14 days for the grasses, and at the V4, R4, R5, R6 and R8 phenological stages in the case of soybean. Analysis of variance were carried out for maximum total biomass yield and maximum leaf area in the case of the grasses and soybean, and total soybean grain yield. The growth rate estimates obtained for all treatments were compared using the Friedman's Chi Square non-parametric method. Also, different growth models were adjusted to the total aerial biomass, leaf area and leaf:stem ratio data collected for soybean and both grass species.

B. brizantha was able to compete efficiently for light when intercropped to soybean, behaving as the dominant crop in the mixture; when intercropped yielded 66% (251 g/plant) with respect to the monoculture (355 g/plant). In contrast, *B. dictyoneura* was not able to compete for light against soybean, therefore this grass functioned as the dominated crop; when intercropped, it yielded 13% (23 g/plant) with respect to the monoculture (177 g/plant).

The growth curves differ between grasses, since an exponential and a logistic model showed the best fit to the *B. brizantha* and *B. dictyoneura* data, respectively. The responses detected in both grasses could be attributed to differences in growth type, which affected their ability to

reach the light, to compete for physical space and nutrients, specially nitrogen. Similar trends were observed in the case of leaf area, except that significant differences between both types planting materials (1130 and 916 dm²/plant for sexual and vegetative, respectively) were detected in the case of *B. brizantha*. In both grasses, the leaf:stem ratio trended to decline with time; but the ratio of decline showed a different pattern for grasses and cropping systems. For example, *B. brizantha* showed a higher initial value than *B. dictyoneura* (2.0 and 1.5 at 40 days after planting, respectively), but the former showed a faster decline, independently of the cropping system; in contrast, the decline in leaf:stem ratio observed in the latter was smaller, and less drastic when intercropped to soybean than in monoculture.

Both grasses flowered during the time this experiment was conducted, and this phenological stage coincided with longer days and some water-stress conditions. Flowering was more accentuated in the case of *B. dictyoneura*. Based on the phenological and growth data, it is proposed that in further studies with these grasses strategic samplings should be done at the following phenological stages: tillering, stem elongation, bloom initiation, full bloom and the end of flowering stage.

Regarding the effect of the grasses on soybean yields, grain production in both cultivares was negatively affected by their intercropping with *B. brizantha*; in average, the relative grain yield was 54% (1363 kg/ha) with respect to the soybean monoculture (2594 kg/ha). In contrast, grain yields were not significantly affected when intercropped to *B. dictyoneura* (2413 kg/ha).

The Land Equivalent Ratio (LER), and index commonly used in multiple cropping studies for the ranking and selection of the best alternatives, did not function as an appropriate indicator in this study.

Based on the results of the present work, it is recommended to continue studying the physiological responses in grass-crop associations, but considering other crop species, as well as forage legumes, in combination with different agronomic practices.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N^o</u>	<u>Página</u>
1. Características de los cultivares de soya empleados en el experimento.	16
2. Porcentajes de germinación en los dos cultivares de soya utilizados en el estudio	16
3. Características de las especies de <i>Brachiaria</i> , utilizadas en el experimento.	17
4. Porcentaje de embriones viables y de germinación en las gramíneas utilizadas en el experimento.	17
5. Tratamientos experimentales evaluados en el estudio.	19
6. Modelo de Análisis de la varianza para los datos colectados en gramínea y soya.	22
7. Modelo de análisis de varianza para el cultivo puro de soya.	23
8. Fechas de preparación del lote de siembra para cada bloque.	25
9. Estadios vegetativos y reproductivos considerados en soya.	30
10. Fecha de cosecha y días desde la siembra para cada uno de los estadios fenológicos.	31
11. Ecuaciones de regresión obtenidas en la determinación del área foliar en soya.	32
12. Estadios fenológicos identificados en la gramínea (adaptado de Heath, et al, 1980).	33
13. Ecuaciones de regresión obtenidas en la determinación del área foliar en gramíneas.	33
14. ANDEVA para biomasa aérea total máxima en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , en asocio con soya.	39
15. Medias de producción de biomasa aérea máxima total y contrastes ortogonales para la interacción PG*GR en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , en asocio con soya.	40

16.	Rendimiento relativo de la biomasa aérea máxima de <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , en asocio con soya y bajo sombra simulada, con respecto al cultivo puro.	41
17.	Prueba de Friedman para los incrementos de biomasa (gr/0.25 m ² /día) obtenidos por ajuste lineal para cada modalidad de siembra (PG) y gramínea.	42
18.	ANDEVA para el área foliar total máxima en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> .	48
19.	Medias del área foliar máxima (cm ² /planta) y contrastes ortogonales para la interacción PG*GR Y GR*MU.	49
20.	Prueba de Friedman para los cambios en el área foliar obtenidos por ajuste lineal, en función del tiempo (cm ² /0.25m ² /día) para cada repetición, modalidad de siembra (PG) y gramínea.	51
21.	Días transcurridos de la siembra para la manifestación de las fases fenológicas en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , asociadas con soya IAC-8 o Júpiter (JUP) o en cultivo puro (CP).	65
22.	Valores de los índices morfológicos, fisiológicos y agronómicos calculados para <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya y en cultivo puro.	70
23.	Producción de grano en soya IAC-8 y Júpiter en asocio y cultivo puro en kg/ha.	80
24.	Índice de uso Equivalente de la Tierra (UET) determinado en base a la producción de biomasa de los asociados y cultivo puro o a la biomasa en la gramínea y grano en soya.	83

En el apéndice

<u>Cuadro Nº</u>	<u>Página</u>	
1A.	Días desde siembra a cosecha para cada uno de los estadios fenológicos de soya y para cada repetición.	109
2A.	Análisis de fertilidad de suelo, finca La Montaña, para cada bloque. Turrialba, 1990	111
3A.	Valores medios y porcentajes de los	

componentes del rendimiento, en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> (Turrialba, 1990).	112
4A. Valores medios para el número de vástagos vegetativos (Mac), en elongación (Tal), en inicio de floración (Tinf) y plena floración (Inf) para <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , en asocio con soya y en cultivo puro.	113
5A. Valores medios y porcentaje de los componentes del rendimiento en soya, en asocio y en cultivo puro (Turrialba, 1990). 114	
6A. Índices morfológicos, fisiológicos y agronómicos, de crecimiento en soya IAC-8 y Júpiter en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , Turrialba 1990.	115

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N^o</u>	<u>Página</u>
1. Distribución espacial en la subparcela de las especies de gramíneas y de las variedades de soya en el cultivo asociado.	27
2. Valores diarios de radiación solar (a) y de lluvia (b), registrados durante el periodo experimental en la Estación Meteorológica La Montaña.	36
3. Valores diarios de temperatura máxima (a), media (b) y mínima (c), registradas durante el periodo experimental en la Estación Meteorológica La Montaña.	36
4A. Radiación solar no interceptada por el cultivo de soya IAC-8 en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , para los tres bloques (B1, B2 y B3).	37
4B. Radiación solar no interceptada por el cultivo de soya Júpiter en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> , para los tres bloques (B1, B2 y B3).	37
5. Biomasa aérea ajustada para <i>B. brizantha</i> en asocio con Soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c)	44
6. Biomasa aérea ajustada para <i>B. brizantha</i> en asocio y cultivo puro.	45
7. Biomasa aérea ajustada para <i>B. dictyoneura</i> en asocio y cultivo puro.	45
8. Biomasa aérea ajustada para <i>B. dictyoneura</i> asociada con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).	47
9. Area foliar en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> para cada tipo de material de multiplicación usado.	50
10. Peso seco de hoja verde (gr/planta) en <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> para cada tipo de multiplicación usado.	50
11. Area foliar ajustada para <i>B. brizantha</i> en	

asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.	53
12. Area foliar ajustada para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.	53
13. Componentes del rendimiento para <i>B. brizantha</i> en asocio con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).	56
14. Componentes del rendimiento para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).	57
15. Relación H/T para <i>B. brizantha</i> en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.	59
16. Relación H/T para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.	59
17. Número de vástagos vegetativos (macollos), en elongación (tallos), en inicio de floración (Tall/inf) y en plena floración (inflores), para <i>B. brizantha</i> en asocio con soya IAC-8 (a), con Júpiter (b) y en cultivo puro (c).	61
18. Número de vástagos vegetativos (macollos), en elongación (tallos), en inicio de floración (Tall/inf) y en plena floración (inflores), para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8 (a), con Júpiter (b) y en cultivo puro (c).	62
19. Número total de vástagos para <i>B. brizantha</i> en asocio con soya IAC-8, con Júpiter y en cultivo puro.	63
20. Número total de vástagos para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8, con Júpiter y en cultivo puro.	63
21. Fechas medias de inicio de las fenofases de elongación (E), inicio de floración (IF) y plena floración (PF), para <i>B. brizantha</i> en asocio con soya IAC-8 y Júpiter y en cultivo puro.	66
22. Fechas medias de inicio de las fenofases de elongación (E), inicio de floración (IF) y plena floración (PF), para <i>B. dictyoneura</i> en asocio con soya IAC-8 y Júpiter y en cultivo puro.	66

23.	Fecha de inicio de floración (IF) para <i>B. brizantha</i> (*) y <i>B. dictyoneura</i> (o), en las repeticiones BI, BII y BIII.	67
24.	Biomasa aérea ajustada para la soya IAC-8 en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> y en cultivo puro.	73
25.	Biomasa aérea ajustada para la soya Júpiter en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> y en cultivo puro.	73
26.	Area foliar ajustada para la soya IAC-8 en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> y en cultivo puro.	75
27.	Area foliar ajustada para la soya Júpiter en asocio con <i>B. brizantha</i> y <i>B. dictyoneura</i> y en cultivo puro.	75
28.	Componentes del rendimiento en soya IAC-8 en asocio con <i>B. brizantha</i> (a), con <i>B. dictyoneura</i> (b) y en cultivo puro (c).	77
29.	Componentes del rendimiento en soya Júpiter en asocio con <i>B. brizantha</i> (a), con <i>B. dictyoneura</i> (b) y en cultivo puro (c).	78

1 INTRODUCCION

La asociación de cultivos alimenticios en los países del trópico es una práctica corriente, principalmente entre los pequeños y medianos agricultores. Esto ha llevado a que los mayores esfuerzos en la investigación, en los últimos años, hayan sido destinados al estudio de las interacciones que se producen entre los cultivos que se asocian.

Actualmente, en otros sistemas se trata de asociar sus componentes (árboles y cultivos, árboles y forrajeras, cultivos y forrajeras, etc.), con diferentes objetivos. Entre estos se presenta la mejor utilización de los recursos limitantes, disminución de los costos y los riesgos debido a fluctuaciones tanto climáticas como de mercado y mejorar la distribución del uso de la mano de obra.

La investigación conducida en la siembra simultánea de cultivos con forrajeras, ha estado orientada a la búsqueda de prácticas agronómicas (densidades de siembra, distanciamientos, especies, etc.) que permitan una buena asociación y el aumento de los ingresos producidos por el cultivo. Debido a esto, el uso de este tipo de siembra ha sido evaluado hasta el momento, solamente con el objetivo de determinar la factibilidad económica de la misma, a través de los rendimientos de ambos cultivos, sin estudiarse el origen de las interacciones que se presentan.

Asimismo se ha determinado el efecto de la sombra sobre algunas características, tales como estructura, calidad nutritiva y producción de semilla de las forrajeras. Sin embargo, no se conocen los patrones de crecimiento que presentan las forrajeras cuando se las asocia a un cultivo.

Los ensayos con el empleo de sombras artificiales, han sido conducidos teniendo en cuenta una sola intensidad de

sombreado durante todo el ciclo de crecimiento de la forrajera, y en ningún caso se ha evaluado su comportamiento ante el efecto de niveles variables de sombreado, simulando el que ocurriría como consecuencia del asocio con cultivos.

En el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos

General:

- Estudiar el tipo de competencia que se presenta entre el cultivo de soya y las gramíneas forrajeras durante la fase de establecimiento de la pastura.

Específicos:

- Estudiar si la competencia entre el cultivo de soya y las gramíneas forrajeras, es por luz.
- Evaluar el rendimiento de las gramíneas *B. Brizantha* y *B. dictyoneura*, y el cultivo de soya (*Glycine max*), cuando crecen en asocio durante la fase de establecimiento.
- Determinar si existe diferencia en el crecimiento durante la fase de establecimiento, entre los dos orígenes de material de multiplicación (sexual, asexual), cuando se siembran en asocio con cultivos.
- Evaluar si los diferentes hábitos de crecimiento de la soya influyen en el crecimiento de las gramíneas en asocio.

2 REVISION DE LITERATURA

Se define a cultivos intercalados como el crecimiento simultáneo de dos o más cultivos en el mismo sitio, donde la intensificación del cultivo es tanto en tiempo como en espacio, y la competencia entre los dos cultivos, puede presentarse durante parte o todo el ciclo de crecimiento (Sánchez, 1981).

Existe la necesidad de un conocimiento más profundo de los componentes bióticos y de las interacciones que se presentan en el complejo sistema de cultivos múltiples, a fin de diseñarlos y manejarlos ventajosamente y con resultados consistentes (Gliessman, 1986).

Donald (citado por Morgado y Rao, 1986), considera que el principal objetivo de los trabajos de investigación con cultivos asociados es la optimización del uso de los recursos luz, agua y nutrientes.

Los estudios fisiológicos en sistemas de cultivos asociados son necesarios para entender la competencia entre especies, el crecimiento y el uso de los recursos disponibles. Estos estudios facilitarían la identificación de las posibilidades de obtener aumentos adicionales en la producción, a través del manejo agronómico (Morgado y Rao, 1986).

2.1 Generalidades sobre crecimiento.

Normalmente se asocia el término crecimiento con un incremento o aumento irreversible en tamaño; sin embargo, el vocablo podría restringirse a las células vivas, puesto que estaría acompañado por procesos metabólicos que incluyen la síntesis de macromoléculas, tales como ácidos nucleicos,

proteínas, lípidos y polisacáridos, a expensas de la energía metabólica (Noggle y Fritz, 1983).

Las actividades metabólicas de una célula, tejido u órgano en crecimiento, no están uniformemente distribuidas, aunque están localizadas en centros con diferencia en actividad bioquímica, metabólica y en organización estructural, que resulta en nuevos patrones de crecimiento. Para denotar tal evento, se utiliza el término **diferenciación** (Noggle y Fritz, 1983). Estos mismos autores, utilizan el término **desarrollo** para incluir a las actividades resultantes del crecimiento y la diferenciación. En él se manifiestan una secuencia de eventos cruciales, de manera ordenada, y que culminan en una planta completa de forma y composición química característica, en respuesta a su información genética.

Durante las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo, el patrón de desarrollo está influenciado por factores internos (genéticos, hormonales) y externos (nutricionales, ambientales, competencia), de manera individual o como producto de interacciones (Noggle y Fritz, 1983; Brown, 1988).

El crecimiento de muchas plantas sigue un patrón similar, generalmente sigmoideal. Este se inicia con un crecimiento relativo bajo, el que posteriormente se incrementa conforme las plantas crecen en coincidencia con el inicio de la elongación de los macollos (fase exponencial del crecimiento), y culmina con una disminución en los incrementos, denominada fase de senescencia del crecimiento (Noggle y Fritz, 1983; Fargas, 1986; Brown, 1988).

2.2 Origen de la competencia en cultivos asociados.

Spitters (1983) considera que en los cultivos asociados las plantas compiten entre sí por los factores disponibles para el crecimiento, tales como luz, agua, nitrógeno y otros nutrimentos. Asimismo, que la competencia más simple se presenta entre plantas de la misma especie, la cual se expresa como biomasa producida en respuesta a la densidad de siembra.

Baruch y Fisher (1988) mencionan que la naturaleza de la competencia, principalmente en pasturas, es puramente teórica, pudiendo ser por agua, o por nutrientes o por luz o una combinación de estos factores. Los mismos autores explican que la competencia puede ser inicialmente por nutrientes, pero pronto la especie de mayor éxito compite con ventaja por la luz, respecto a la especie menos exitosa.

Al respecto, Vandermeer (1989) menciona que es lógico esperar una competencia por nutrientes en las primeras etapas del crecimiento, cuando las plantas aún no han alcanzado su máxima expresión foliar.

Por otro lado, Parkhurst y Francis (1986) ilustran el patrón de complejidad de la competencia al pasar de un monocultivo a un cultivo intercalado. Así de 15 factores principales para la primera situación con 105 combinaciones posibles de pares de factores, se pasa en el caso de dos cultivos a 26 factores principales y 325 combinaciones posibles.

Fuenmayor (1985) informa que en los cultivos asociados la luz se convierte en un factor limitante, ya que por efecto del sombreamiento, se reduce la cantidad de luz que llega al cultivo dominado y esto produce variaciones en temperatura y humedad dentro de los cultivos, originando así

un microclima que puede ser, dependiendo de condiciones particulares, favorable o desfavorable para el crecimiento y desarrollo de las especies asociadas.

Zelaya (1985) no encontró un efecto importante de las interacciones en el espacio edáfico, cuando asoció maíz (cultivo dominante), con arroz, frijol, vigna y camote (cultivos dominados), y atribuyó la caída en la producción de biomasa y rendimiento de grano de estos últimos, al sombreado a que fueron sometidos durante casi todo el período de crecimiento.

Valdivia (1989), utilizando el asocio de maíz con soya o sombra de mallas simulando la intercepción de luz efectuada por el maíz, encuentra diferencias en el rendimiento de soya de 43 y 24%. Manifiesta que las mismas son consecuencia de la intercepción de la radiación solar producida ya sea por el cultivo dominante (maíz) o por la sombra de malla calibrada.

2.3 Asociaciones de cultivos con forrajeras.

Sánchez (1981, citado por Ferrufino, 1988), explica que los sistemas intercalados pasto-cultivo, son más eficientes por la mayor utilización de la radiación solar disponible, la mayor eficiencia en uso de los nutrimentos del suelo, los menores problemas en el control de malezas, insectos y enfermedades y el mejor empleo de mano de obra y otras tecnologías de baja energía.

Numerosos ensayos demuestran que la práctica de siembra intercalada y simultánea de cultivos de ciclo corto y forrajeras es extremadamente dependiente del sitio y del clima, de las tasas relativas de siembra, de la calidad de la semilla, de las variedades y de los niveles de fertilidad

del suelo (Sánchez y Salinas, 1981 ; da Silva, 1986; Ferrufino, 1988).

Los trabajos realizados en varios tipos de suelos y ecosistemas indican que en general, las leguminosas afectan menos el rendimiento de los cultivos, que las gramíneas (Ayarza y Spain, 1986). Sánchez y Salinas (1981) mencionan que la siembra conjunta de cultivos de corta duración, como el frijol (*Phaseolus vulgaris*), con una leguminosa forrajera o una mezcla leguminosa-gramínea (*Brachiaria decumbens* y *Stylosanthes guianensis*), no afecta el rendimiento del cultivo , aunque el crecimiento de la pastura es disminuido por la presencia del frijol.

En un ensayo conducido en Brasil por da Veiga (1986) sobre un suelo oxisol, a fin de renovar una pastura degradada mediante la siembra asociada de los cultivos maíz o arroz con las forrajeras *Panicum maximum*, *Brachiaria humidicola* y *Andropogon gayanus*, utilizando varios métodos de siembra, no encontró efectos significativos de las forrajeras sobre la producción de los cultivos. Con base a ello, concluyó que esta práctica es recomendable para el establecimiento exitoso de *P. maximum* y *A. gayanus*.

La alternativa de la recuperación o rehabilitación de praderas degradadas implica una serie de gastos, originados por la preparación del suelo y la fertilización, entre otros. Estos costos pueden ser pagados con los ingresos generados por cultivos de ciclo corto que se siembran en forma conjunta con las especies forrajeras (Sánchez y Salinas, 1981; da Silva, 1986; Ferrufino, 1988).

En general, esta práctica ha sido utilizada para la implantación de pasturas en suelos recién habilitados, como una manera de financiar los gastos ocasionados por el desbosque y la preparación del suelo. Sin embargo también es

un objetivo el obtener una rápida cobertura del suelo, disminuir la pérdida de nutrimentos y la proliferación de malezas (Toledo y Morales, 1979; Sánchez y Salinas, 1981; Ferrufino, 1988).

Ferrufino (1988), en Bolivia, utilizó la técnica de siembra simultánea para la implantación de *Brachiaria decumbens* junto a arroz y maíz, luego de la tumba y quema del bosque. Los resultados obtenidos indican que los rendimientos de los componentes de la asociación no son afectados y que es factible establecer pasturas de *B. decumbens* en asocio con maíz o arroz.

2.4 Efecto de la sombra en forrajeras.

Wong y Wilson (1980) consideran la necesidad de investigar el comportamiento de pasturas tropicales bajo condiciones de sombra. Entre las razones que brindan, se encuentra la práctica de sembrar árboles en áreas de pasturas, en un esfuerzo por intensificar y diversificar la producción agrícola por unidad de tierra; la necesidad de desarrollar pasturas de bajo costo para evitar el desbosque completo y en la combinación de pasturas con plantaciones forestales comerciales.

Diversos ensayos se han conducido con el objetivo de evaluar los efectos de la sombra sobre características de especies forrajeras.

En el trabajo de Wong y Wilson (1980), bajo condiciones de sombra equivalentes al 60 y 40% de plena luz solar, con el empleo de mallas de "Sarlón" y defoliación a dos frecuencias, en pasturas puras y asociadas de *Panicum maximum* var *trichoglume* cv. Petrie y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, encuentran que la gramínea bajo sombra tuvo un mayor índice de área foliar, mejor

distribución del área foliar en altura, más bajos coeficientes de extinción de luz, mayor acumulación de nitrógeno en todas las fracciones de la planta, y las hojas individuales presentaban una mayor actividad fotosintética, mientras que la leguminosa mostró valores contrarios. Estiman que la competencia en la mezcla fué más severa en relación al rendimiento de vástagos y fué acentuada por la sombra, frecuencia de defoliación y el tiempo.

Posteriormente, los mismos autores (1982) informan que la digestibilidad de la materia seca (DMS) disminuye por efecto del sombreado, siendo esta disminución más marcada cuando se emplea la menor frecuencia de defoliación. Explican que esto es debido a una disminución de la DMS en la lámina de la hoja y tallo y en la relación hoja:tallo. Asimismo, dicha disminución fue asociada con más bajos contenidos de carbohidratos solubles y más altos contenidos de lignina en los tejidos sombreados. En cambio, el siratro no fué afectado por la sombra, en su composición química y DMS.

En un experimento conducido en Australia por Ludlow et. al. (1974), para estudiar las respuestas comparativas de las gramíneas *Brachiaria ruziziensis* cv Kennedy y *Panicum maximum* var. *trichoglume* cv. Petrie y las leguminosas *Calopogon muconoides* y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, al efecto de la sombra vs. ausencia de competencia por luz entre plantas, se encontró que conforme aumentaba la intensidad de sombreado, se incrementaba la proporción de hojas y disminuía la proporción de raíces, el peso seco total de la biomasa aérea y el área foliar, y se incrementaba la relación vástago/raíz en todas las especies, excepto en *P. maximum* donde ocurrió lo contrario. Asimismo, observaron que el sombreado tuvo un efecto marcado sobre el número de macollos.

Estos autores indican que el efecto de la sombra fué mayor sobre las gramíneas que las leguminosas, por lo que las diferencias existentes entre los dos grupos tienden a reducirse; consecuentemente, bajo tales condiciones, ambos grupos presentarían capacidades de crecimiento similares, o habilidad competitiva semejante.

Por otro lado, Wong y Wilson (1980) manifiestan que un factor adicional que puede limitar la capacidad de crecimiento de las leguminosas bajo sombra, en situaciones de campo, es la probabilidad de que éstas presenten una tasa de fijación de nitrógeno reducida, ya que la sombra deprime la fijación de nitrógeno por los rizobios.

Para verificar si la sombra estimulaba la liberación de nitrógeno a la solución del suelo en pasturas degradadas de *Panicum maximum*, Wilson et.al. (1986) compararon parcelas a plena luz y con 37% de transmisión de luz (mallas de "Sarlón"). Llegaron a la conclusión que la sombra estimulaba un crecimiento extra, debido a un incremento en la liberación de nitrógeno. Este efecto beneficioso de la sombra, estaría relacionado con una alteración en el balance de movilización/inmovilización del nitrógeno en el suelo.

Este aspecto tendría gran importancia en la asociación de pasturas con cultivos, donde la más alta disponibilidad de nitrógeno ayudaría a compensar el efecto adverso de la escasez de luz sobre la actividad fotosintética.

Eriksen y Whitney (1981), al estudiar el efecto de la intensidad de luz (100, 70, 45 y 25% de luz), con 365 Kg de N y sin fertilización, sobre el crecimiento de seis pastos, demostraron que en ausencia de fertilización nitrogenada, el N fué un factor más limitante del crecimiento que la luz. Concluyen diciendo que bajo sombra y sin fertilización, los rendimientos de materia seca se incrementan, mientras que

sucede lo contrario cuando se aplica fertilización nitrogenada bajo intensidades de luz reducidas. Entre las razones para explicar este comportamiento, mencionan que el N aplicado a plena luz fue insuficiente para soportar los máximos rendimientos en función a la radiación incidente. Resaltan asimismo, que en algunas especies el rendimiento potencial fué afectado por otros factores, tales como una pobre adaptación o la baja disponibilidad de N, más que por la sombra.

Estos mismos autores informan que al reducirse la intensidad de la luz, disminuyó el contenido de materia seca del forraje, pero se incrementó el contenido de N, el nivel de muchos minerales, la altura de la planta y el follaje.

El aumento en la calidad del forraje bajo sombra moderada presenta gran importancia práctica, para aquellas áreas del trópico donde se utilizan asociaciones de árboles con forrajeras o donde la fertilización nitrogenada es impracticable. Sin embargo, es necesario resaltar que para evitar reducir las reservas de carbohidratos de las raíces, es necesario manejar estas pasturas, con períodos más largos de recuperación luego del pastoreo o manteniendo un alto índice de área foliar, mediante pastoreos moderados (Eriksen y Whitney, 1981).

Oliveira y Humphreys (1986), en condiciones de invernadero, midieron el efecto del nivel y momento de sombreado sobre la producción de semilla de *Panicum maximum* cv. Gatton, utilizando tres intensidades de luz (25%, 54% y 100%) y en tres fases de la floración. Estos autores encontraron que la sombra no redujo el rendimiento de vástagos, pero que la reducción en la producción de semilla fue causada por una disminución importante en la relación de espigas con semillas y en menor escala, por una disminución en el número de espigas diferenciadas por ramificación

primaria de la inflorescencia. Asimismo, el sombreado redujo poco el peso de 100 semillas e incrementó el número de ramificaciones por inflorescencia.

2.5 Análisis del crecimiento.

El crecimiento de las plantas puede ser medido de varias maneras, tales como el incremento en altura de la planta, medidas de longitud, ancho y área de hojas individuales, etc.. Sin embargo, la medición del incremento en peso, puede considerarse como la más importante en el crecimiento de las forrajeras, aunque para el caso de los cultivos de grano, esta única medida (componentes del rendimiento sin el grano), solamente es importante en la producción de una planta de alto rendimiento en grano (Brown, 1988).

Fargas (1986) define este concepto, como la descripción matemática del crecimiento de las plantas o de los órganos durante el ciclo de vida. Donde, con la aplicación correcta de ecuaciones se pueden obtener valores que representados por curvas, permiten visualizar el efecto de los factores ambientales (o genéticos), sobre el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

Los datos básicos para el análisis de crecimiento corresponden a una serie de mediciones secuenciales de tamaño, peso, número o área, de la planta entera o de sus órganos (Hunt, 1982; Fargas, 1986). Según Hunt (1982), de esas mediciones se pueden construir las siguientes cantidades derivadas: a- tasas de cambio simples; b- relaciones simples entre dos cantidades; c- tasas de cambio compuestas y d- tiempo en el que una variable mantiene el valor.

Estos índices o parámetros, asimismo pueden clasificarse de acuerdo a si sirven para describir procesos fisiológicos o morfológicos del crecimiento. Así, en los primeros se encuentran los índices de: Crecimiento Relativo (ICR), Crecimiento Relativo del Area Foliar (ICRAF) y la Asimilación Neta (IAN). Entre los segundos, cuyo objetivo es revelar como la planta distribuye su biomasa a través del tiempo o en relación al área foliar se encuentran: la razón de peso foliar (RPF), la razón de área foliar (RAF), el Area foliar específica (AFE), el Índice de Area Foliar (IAF), la razón de Peso Radical (RPR) y el Índice de cosecha (K) (Fargas, 1986).

Otra manera de analizar el crecimiento, su tendencia y comportamiento, se refiere a los métodos que permiten explicar el rendimiento en función de las variables o componentes que sobre él influyen. Una de las técnicas utilizadas para esto es el ajuste de curvas, las que permiten describir y efectuar comparaciones entre distintas modalidades de procesos biológicos. En esta metodología no solamente interesa obtener una adecuada expresión matemática, sino también que la misma tenga sentido biológico (Arze et al, 1985).

2.6 Índices para medir la eficiencia en los cultivos asociados.

Diferentes índices han sido sugeridos para evaluar la productividad y eficiencia por unidad de tierra de los sistemas asociados gramínea-leguminosa. Ellos incluyen comparaciones de rendimientos absolutos, rendimientos en proteína, en equivalencia calórica y en términos económicos (Ofori y Stern, 1987). De todos los índices, el más frecuentemente usado para determinar la efectividad de los socios en relación a los cultivos puros es el Uso Equivalente de la Tierra (UET) (Willey, 1979).

Ofori y Stern (1987) mencionan que el valor del UET está determinado por diversos factores, incluyendo la densidad y habilidad competitiva de los componentes en asocio, la morfología, la duración de los cultivos y las variables de manejo que afectan a las especies individuales. Asimismo, estos autores resumen las ventajas y desventajas en el uso del UET. Entre las primeras mencionan: a) al ser un índice de rendimiento combinado, provee una evaluación cuantitativa de la ventaja del rendimiento debido al asocio, b) puede ser usado como un índice de eficiencia biológica o como índice de productividad a través de diferentes localidades geográficas y c) los valores parciales dan una indicación de la habilidad competitiva de los componentes del sistema.

Entre las desventajas mencionan que: a) se basa solamente en la superficie de suelo utilizada y no toma en cuenta los ciclos de los cultivos, b) existen diversos métodos para calcularlo, los que utilizan diferentes valores del cultivo puro como factor de estandarización y c) como índice de eficiencia biológica se basa en productos cosechados y no en proporciones predeterminadas de rendimiento de los cultivos.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación.

El ensayo fue conducido en la Estación Experimental La Montaña del CATIE, en Turrialba, Costa Rica, la cual está localizada a 9° 53' latitud Norte y 83° 38' longitud Oeste y a una altura de 602 m.s.n.m.

3.2 Clima.

La temperatura media máxima es de 26.5° C y la media mínima de 18° C. La precipitación anual es de 2641 mm., mientras que la radiación solar media es de 424.2 ly. Según la clasificación de Holdridge (1982), el área corresponde a la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical.

3.3 Suelo: Las características generales del suelo del área son: origen aluvial fluvio-lacustre, con un drenaje pobre e imperfecto, densidad aparente baja, textura arcillosa, fertilidad media a baja y con un pH fuertemente ácido (5.1 - 5.6). Este tipo de suelo corresponde a la serie Instituto, fase normal, Orden Inceptisol, Suborden Tropept, Gran grupo Humitropept, Subgrupo Typic Humitropept, Familia Humitropept, fine, hallostic, isohiperthermic. (Aguirre, 1971).

El lote donde se condujo el experimento tiene un ancho de 40 m y está delimitado por dos drenajes a cielo abierto, lo que favorecía el escurrimiento de los excesos de agua.

3.4 Material Experimental.

3.4.1 Cultivo: Se utilizaron los cultivares de soya (*Glycine max*) IAC-8 y JUPITER, seleccionados por el alto potencial de rendimiento que presentan. Las características de los cultivares, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los cultivares de soya empleados en el experimento.

Características	IAC-8	JUPITER
Procedencia	Brasil	E.U.A.
Hábito crec.	determinado	determinado
Altura planta	95 cm.	95 cm.

Se determinó el porcentaje de embriones viables y de germinación de ambos cultivares, mediante la prueba de tetrazolio y en papel absorbente, respectivamente. Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentajes de germinación en los dos cultivares de soya utilizados en el estudio.

Tipo de prueba	IAC-8	JUPITER
Tetrazolio*	79	76
Papel absorbente**	48	71

* Solución de tetrazolio al 1%, en refrigeradora. Porcentaje de embriones coloreados.

** Germinación a 26°C y 75% HR. Media de 4 repeticiones.

3.4.2 Gramíneas: Se emplearon dos especies de *Brachiaria*, las que presentan las siguientes características (Cuadro 3):

Cuadro 3. Características de las especies de *Brachiaria*, utilizadas en el experimento.

Características	<i>B. brizantha</i>	<i>B. dictyoneura</i>
Hábito de crecimiento	semierecto	postrado
Altura de planta (m)	1.50-2.50	0.40-0.90
Longitud de hoja (cm)	16-40	4-6

La semilla sexual y vegetativa, procedente del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, correspondió a *B. brizantha* ecotipo CIAT 6780 y *B. dictyoneura* ecotipo CIAT 6133.

A la semilla sexual, previamente escarificada con H_2SO_4 , se le determinó el porcentaje de embriones viables con tetrazolio y el porcentaje de germinación en papel de filtro. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de embriones viables y de germinación en las gramíneas utilizadas en el experimento.

Tipo de prueba	<i>B. brizantha</i>	<i>B. dictyoneura</i>
Tetrazolio*	62	56
Papel absorbente**	82	52

* Solución de tetrazolio al 1% a 28°C durante 4 hr. Porcentaje de embriones coloreados.

** Germinación a temperatura ambiente. Media de cuatro repeticiones.

La semilla vegetativa procedente de Guápiles y de Atenas, fué extraída el día anterior a la siembra en pan de tierra y fraccionada en pequeñas unidades (esquejes), momentos antes de realizar su plantación.

3.4.3 Mallas de Sarán: Se utilizaron tres juegos de mallas de Sarán de 3m x 33m, calibradas para diferentes porcentajes de intercepción de luz (25, 30, 47, 55, 63, 73, 80, 90%).

3.5 Tratamientos.

Se utilizaron 16 tratamientos resultantes del arreglo de dos variedades de soya, dos modalidades de siembra de la gramínea (asociada y bajo sombra simulada), dos especies de gramíneas forrajeras y dos orígenes de material de multiplicación de las gramíneas; más seis tratamientos adicionales correspondientes al cultivo puro de las gramíneas y al cultivo puro de las variedades de soya. El detalle de los tratamientos se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos experimentales evaluados en el estudio.

No Trat.	Soya	Modalidad siembra Gram.	Gramínea	semilla gramínea
1 (*)	IAC-8	Asocio	<i>B.brizantha</i>	sexual
2 (*)	"	Asocio	"	asexual
3 (*)	"	Asocio	<i>B.dictyoneura</i>	sexual
4 (*)	"	Asocio	"	asexual
.....				
5	No	Cult.Puro	<i>B.brizantha</i>	sexual
6	No	más Sombra	"	asexual
7	No	Simulada de	<i>B.dictyoneura</i>	sexual
8	No	soya IAC-8	"	asexual
.....				
9 (*)	JUPITER	Asocio	<i>B.brizantha</i>	sexual
10 (*)	"	Asocio	"	asexual
11 (*)	"	Asocio	<i>B.dictyoneura</i>	sexual
12 (*)	"	Asocio	"	asexual
.....				
13	No	Cult.Puro	<i>B.brizantha</i>	sexual
14	No	más Sombra	"	asexual
15	No	Simulada de	<i>B.dictyoneura</i>	sexual
16	No	soya JUPITER	"	asexual

Adicionales

<u>Gramínea</u>				
17	Cultivo Puro de	<i>Brachiaria brizantha</i>		sexual
18	"	"	"	asexual
19	Cultivo Puro de	<i>Brachiaria dictyoneura</i>		sexual
20	"	"	"	asexual
.....				
<u>Soya</u>				
21 (*)	Cultivo Puro de soya variedad IAC-8			
22 (*)	Cultivo Puro de soya variedad JUPITER			

(*) : Tratamientos que brindaron información sobre soya.

3.6 Unidad Experimental.

Las subparcelas donde se ubicaron los tratamientos tenían una superficie de 22.5 m² (7.5 * 3.0 m), mientras que el área útil donde se efectuaron las observaciones fenológicas y los muestreos sucesivos, fué de 13.0 m² (6.5 * 2.0 m).

3.7 Diseño Experimental.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones en el tiempo, en un arreglo de parcelas subdivididas, donde la parcela grande correspondió a las modalidades de siembra de la gramínea forrajera (Factor PG con cinco niveles): PG1) Asociada con soya IAC-8; PG2) Asociada con soya JUPITER; PG3) Bajo sombra de malla simulando soya IAC-8; PG4) Bajo sombra de malla simulando soya JUPITER; y PG5) cultivo puro de la gramínea. En las subparcelas se ubicó el arreglo factorial de las especies de gramíneas (Factor GR con dos niveles): GR1) *B. brizantha*; GR2) *B. dictyoneura* con los orígenes del material de multiplicación (Factor MU con dos niveles): MU1) Sexual; MU2) Asexual).

El modelo lineal empleado en el análisis estadístico del rendimiento máximo de la gramínea y de granos en la soya asociada fue el siguiente:

$$Y_{ijk1} = \mu + B_{1j} + A_j + e_{1j} + B_k + C_1 + (A*B)_{jk} + (A*C)_{j1} + (B*C)_{k1} + (A*B*C)_{jk1} + e_{1jk1}.$$

donde:

Y_{ijk1} = variables de respuesta.

μ = media general.

B_{1j} = efecto de bloque.

A_j = efecto de factor PG, modalidad de siembra de gramínea.

B_k = efecto de factor GR, especies de gramínea.

C_1 = efecto de factor MU, origen del material multiplicación.

$(A*B)_{jk}$ = efecto de interacción modalidad de siembra con especies de gramíneas.

$(A*C)_{j1}$ = efecto de la interacción modalidad de siembra con orígenes del material de multiplicación.

$(B*C)_{k1}$ = efecto de la interacción especies de gramíneas con origen de material de multiplicación.

$(A*B*C)_{j k 1}$ = efecto de la interacción triple.

e_{1j} = error asociado a parcela grande (error a).

$e_{1jk1}(A)$ = error asociado a subparcela (error b).

3.8 Análisis de varianza.

Previo a efectuar el análisis de varianza correspondiente, se realizaron pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas entre los tratamientos, utilizando para la última la siguiente expresión:

$$F = \frac{\text{Varianza mayor}}{\text{Varianza menor}}$$

Debido a que las varianzas eran heterogéneas, se procedió a transformar los datos de las variables biomasa y área foliar, para lo cual se utilizó la transformación raíz cuadrada.

Las fuentes de variación y grados de libertad correspondiente al modelo estadístico empleado, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Modelo de Análisis de la varianza para los datos colectados en gramínea y soya.

Fuente de variación	GL(gramínea)	GL(soya)
Bloques	2	2
Factor (PG)	4	1
Error a	8	2
Factor (GR)	1	1
Factor (MU)	1	1
Interacción PG*GR	4	1
Interacción PG*MU	4	1
Interacción GR*MU	1	1
Interacción PG*GR*MU	4	1
Error b	30	12
Total	59	24

Para el análisis del rendimiento del cultivo puro de soya se empleo un diseño de bloques completos al azar, que respondía al siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + e_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta.

μ = media general.

β_i = efecto de bloque.

τ_j = efecto de cultivar.

e_{ij} = error

Las fuentes de variación y grados de libertad correspondiente al modelo estadístico empleado, se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Modelo de análisis de varianza para el cultivo puro de soya.

Fuente de Variación	GL
Bloque	2
Cultivar	1
Error	2
Total	5

Las comparaciones de los rendimientos entre los cultivos asociado y puro, dentro de cada cultivar, se efectuaron utilizando una prueba "t" combinada.

3.9 Análisis de crecimiento en soya y gramínea.

Los datos se ajustaron mediante análisis de regresión a diferentes modelos, a fin de verificar sus tendencias a través del tiempo.

La comparación de las tendencias de los distintos tratamientos, se efectuó utilizando un ajuste de regresión lineal para cada uno de los tratamientos y comparando los incrementos obtenidos mediante la utilización del método no paramétrico de Friedman (Chi-cuadrado de Friedman para la clasificación de dos vías) (Steel y Torrie, 1980).

Para todos los análisis se empleó el paquete estadístico SAS versión 6 (1989).

3.10 Generación de índices.

Los datos biológicos tomados fueron analizados mediante índices de crecimiento para los componentes morfológicos, fisiológicos y agronómicos.

3.10.1 Componentes morfológicos

3.10.1.1 Índice de Area Foliar (IAF)

$$\text{IAF} = \frac{\text{Area foliar por planta}}{\text{Area de suelo por planta}}$$

3.10.2 Componentes fisiológicos

3.10.2.1 Índice de crecimiento relativo (ICR)

$$\text{ICR} = \frac{\log_{10} W_2 - \log_{10} W_1}{t_2 - t_1}$$

donde:

W_1 = Peso seco inicial

W_2 = Peso seco final

$t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo

3.10.2.2 Índice de crecimiento relativo del área foliar (ICRAF)

$$\text{ICRAF} = \frac{\log_{10} A_2 - \log_{10} A_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

A_1 = Area foliar inicial

A_2 = Area foliar final

$t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo

3.10.2.3 Índice de asimilación neta (IAN)

$$\text{IAN} = \frac{W_2 - W_1}{A_1 - A_2} * \frac{\log_{10} A_2 - \log_{10} A_1}{t_2 - t_1}$$

3.10.3 Componentes agronómicos.

3.10.3.1 Tasa de producción de materia seca (TPMS)

$$\text{TPMS} = \frac{W_2 - W_1}{S(t_2 - t_1)}$$

donde:

S: Superficie de terreno por planta, m².

3.10.4 Comparación entre socios.

3.10.4.1 Uso Equivalente de la Tierra (UET)

$$UET = L_1 + L_2$$

Donde:

$$L_1 = (Y_{12}/Y_{11}) \quad \text{y} \quad L_2 = (Y_{21}/Y_{22})$$

Y_{12} y Y_{21} = rendimiento de los cultivos en asocio.

Y_{11} y Y_{22} = rendimiento de los cultivos puros.

3.11 Preparación del terreno.

El lote de siembra fue limpiado a machete a mediados de Noviembre de 1989. Posteriormente se realizó una aplicación de Glifosato (Roundup) a razón de 2 l/ha., y de Paraquat (Gramoxone) a razón de 1.5 l/ha. Se efectuaron dos aradas simultáneas con arado-rotovator (Tipo Gravelly). Las fechas de cada operación, para cada bloque, se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Fechas de preparación del lote de siembra para cada bloque.

	I	II	III
Aplicación de Roundup	20-12-89	20-12-89	20-12-89
Aplicación de Gramoxone	8-01-90	18-01-90	5-02-90
Arada con rotovator	12-01-90	26-01-90	9-02-90
Siembra	19-01-90	2-02-90	16-02-90

3.12 Siembra: Las siembras de los bloques se efectuaron a intervalos de tiempo de 15 días uno de otro, a fin de poder utilizar adecuadamente las mallas de sarán (Cuadro 8).

3.12.1 Soya: El distanciamiento fué de 0.5 m entre surcos y 0.1 m entre plantas. En base a los datos de germinación, se depositaron dos y tres semillas por golpe para Jupiter e IAC-8, respectivamente. La semilla fue tratada con una mezcla de insecticida-fungicida. La misma distancia de siembra se mantuvo cuando se asoció con la gramínea.

Para la siembra se marcaron los surcos y se abrió un hoyo de 5 cm de profundidad con "espeque". La distribución espacial de las plantas, en las parcelas asociadas, se presenta en la Figura 1.

3.12.2 Gramínea forrajera: La especie forrajera fué sembrada intercalada entre los surcos de soya (a 0.25 m de cada uno), manteniendo una distancia de 0.5 m entre surcos y de 0.5 m entre plantas, para ambos tipos de material. Igual distanciamiento se utilizó en los cultivos puros. En la siembra sexual se emplearon 13.5 g y 15 g. de semilla por parcela para *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, respectivamente. La semilla fue tratada con una mezcla de insecticida-fungicida. Se depositó en cada golpe la cantidad de semilla que era tomado por las yemas de los dedos, en hoyos abiertos con "espeque".

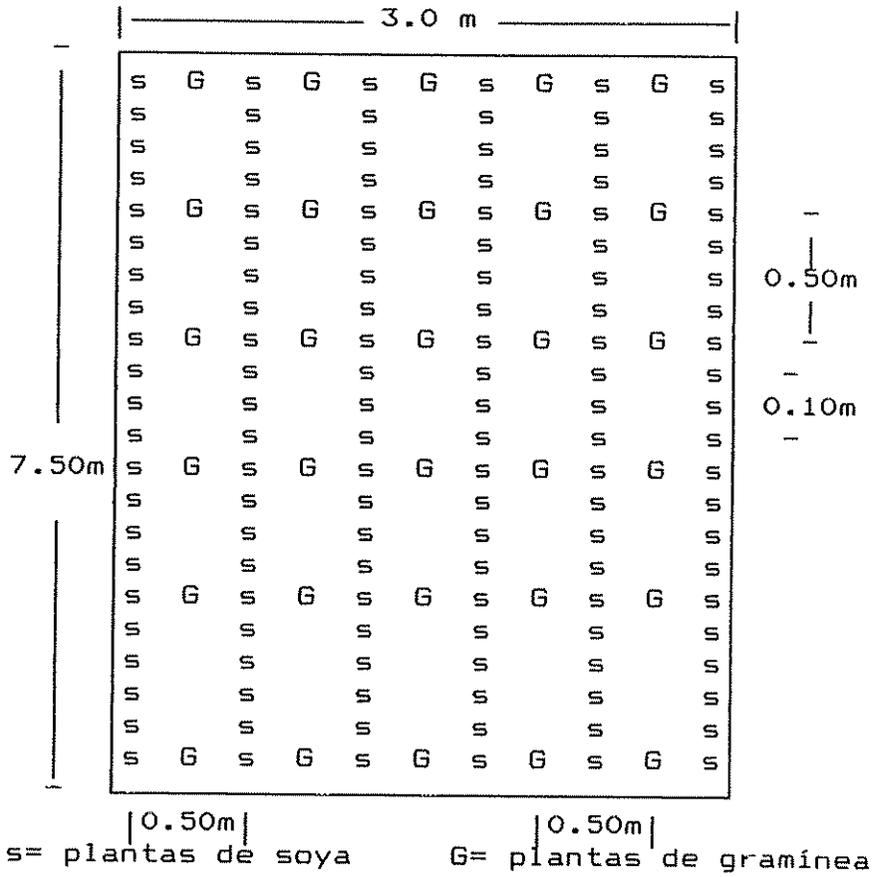


Figura 1. Distribución espacial en la subparcela de las especies de gramíneas y de las variedades de soya en el cultivo asociado.

Para el material de multiplicación asexual, se depositó en cada golpe, en un hoyo abierto a pala, un esqueje producto de la división de las matas originales. Cada una estaba constituida, de una corona con aproximadamente 5 a 9 cañas secas y raíces.

3.13 Labores culturales.

Fertilización: Se aplicó 330g de fertilizante 10-30-10 por subparcela de siembra (aproximadamente 150 kg/ha distribuidos en 15, 45 y 15 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O), depositándolo a los costados de los surcos de siembra y tapándolo inmediatamente.

Resiembras: En la soya, y principalmente en IAC-8, debido a fallas en la germinación-emergencia, como consecuencia de la mala calidad de la semilla y al ataque del gusano cortador (*Agrostis spp.*, *Prodenia spp.*), fué necesario efectuar resiembra, principalmente en el bloque II. En la siembra con semilla sexual de *B. dictyoneura*, se efectuaron reposiciones de plantas en los tres bloques utilizando para tal efecto matas obtenidas en bolsas de plástico y sembradas en la misma fecha que el bloque correspondiente. Para esta misma especie, en la siembra con semilla vegetativa, se tuvo que reponer un 25% de las plantas, debido a que el material proveniente de Guápiles fué afectado por el transplante, al encontrarse en crecimiento activo.

Deshierbes: Como consecuencia de una abundante germinación de malezas, en las primeras etapas se intensificó la limpieza de las parcelas. En cada bloque se efectuaron 3 deshierbes a partir de los 15 días después de la siembra y hasta los 60 días posteriores.

Controles fitosanitarios: Para la soya se realizaron tratamientos contra el gusano cortador (*Agrostis spp.*, *Prodenia spp.*), mediante la aplicación del insecticida Phoxim (Volatón 500 EC) a la dosis de 3.5 l/ha , y para el control de la vaquita (*Ceratomyza ruficornis* (Oliv.), *Diabrotica balteata* (Lec.)) se efectuaron aplicaciones de Metamidofós (Tamarón) a la dosis de 0.75 l/ha, cada 15 a 20 días hasta la manifestación del estadio fenológico R6, a fin de evitar un daño excesivo en las hojas.

Riego: Fue necesaria la aplicación de 22 hr de riego por aspersión, durante los meses de febrero y abril, que correspondieron a las etapas de mínima precipitación.

3.14 Cosecha.

La cosecha del grano de soya se efectuó una vez que éste alcanzó la madurez fisiológica. El peso del grano posteriormente fué ajustado a 13% de humedad.

3.15 Rotación de mallas.

Esta se efectuó con el fin de simular la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por el cultivo de soya. A tal efecto se instalaron radiómetros Gun Bellani para registrar la radiación en el cultivo asociado (colocados a 0.3 m de la superficie del suelo), y a plena luz (sobre el dosel del cultivo). Los radiómetros fueron calibrados previo a su instalación, en base a la radiación registrada en el radiómetro de faja.

3.16 Toma de datos.

3.16.1 Climáticos: Se registraron los valores de precipitación, evaporación, humedad relativa, temperatura, y radiación solar.

3.16.2 Suelo: Previo a la siembra, en cada bloque se realizaron muestreos de suelo a dos profundidades 0-10 cm. y 10-20 cm. En cada muestra se determinó el pH en agua y en KCl; N Total; Macro y microelementos (P, Ca, Mg, K, y Cu, Zn, Mn, Fe, respectivamente); materia orgánica y acidez, utilizando la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (1987).

3.16.3 Cultivo soya.

3.16.3.1 Análisis fenológico: La información se tomó en cinco plantas por parcela, tanto en el cultivo puro como en el asociado. Las observaciones se realizaron diariamente y se anotaron los estadios vegetativos y reproductivos de acuerdo a lo descrito en el Cuadro 9:

Cuadro 9. Estadios vegetativos y reproductivos considerados en soya.

código	Estadios
	Vegetativos
VE	Emergencia
VC	Cotiledones
V1	Primer nudo
V2	Segundo nudo
V3	Tercer nudo
Vn	Enésimo nudo
	Reproductivos
R1	Comienzo de floración
R2	Plena floración
R3	Comienzo de fructificación
R4	Plena fructificación
R5	Comienzo desar. de semilla
R6	Pleno desarr. de semilla
R7	Comienzo de madurez
R8	Plena madurez

En el Cuadro 1A, se presenta el momento de expresión de los estadios fenológicos, para cada bloque y cultivar de soya.

3.16.3.2 Biomasa aérea: Los muestreos para biomasa aérea fueron efectuados en cuatro plantas por parcela elegidas al azar, de acuerdo a su estadio fenológico. Los estadios considerados aparecen en el Cuadro 10, bajo las claves V4, R4, R5, R6 y R8 (Valdivia, 1989).

Cuadro 10. Fecha de cosecha y días desde la siembra para cada uno de los estadios fenológicos.

Estadios	Bloque		
	I	II	III
Vegetativo			
V4	34	39	33
Reproductivo			
R4	75	76	74
R5	82	89	89
R6	103	111	116
R8	138	141	141

Por otro lado, en estas fechas de muestreo, las plantas fueron fraccionadas en los siguientes componentes: foliolo, tallo, ramificaciones, peciolo, vaina y grano. Para estos componentes se hicieron determinaciones del peso seco, colocando las muestras en estufa a 65°C, hasta peso constante. Además, se hicieron conteos del número de vainas y granos en los dos últimos estadios reproductivos.

En la determinación del área foliar se utilizó un medidor de área foliar portátil (*).

Con el objetivo de disminuir la muestra en la medición del área foliar sin perder precisión, con los datos del primer muestreo se efectuó un análisis de regresión para cada uno de los cultivares de soya. Con ese propósito se estimó el área foliar total (Y) a partir de las mediciones efectuadas en el foliolo central y en uno de los foliolos

(*) Portable area meter LI-COR, model LI-3000

laterales. Las ecuaciones obtenidas se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Ecuaciones de regresión obtenidas en la determinación del área foliar en soya.

Variable indep.	Ecuación	r ²
Soya Júpiter		
Foliolo central	Y= -12.767 + 0.9769X	0.97
Foliolo lateral	Y= 31.495 + 0.8897X	0.98
Soya IAC-8		
Foliolo central	Y= -14.629 + 0.9751X	0.98
Foliolo lateral	Y= 17.469 + 0.9420X	0.98

En base a estos resultados, se consideró el área foliar del foliolo central, como estimador del área foliar total.

3.16.4 Gramínea.

3.16.4.1 Análisis fisiológico: Se registró la fenología de las dos especies de gramínea utilizadas, cuantificando los distintos órganos identificados, en cada una de las plantas muestreadas, como también su altura. Los estadios fenológicos identificados en el caso de las gramíneas se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Estadios fenológicos identificados en la gramínea (adaptado de Heath, et al, 1980).

Estadio	Características diferenciales
1- Emergencia.	Visible el coleóptilo.
2- Vegetativo	Vástagos con hojas solamente.
3- Elongamiento	Vástagos con nudos y entrenudos
4- Inicio floración	Inflores. dentro de la hoja bandera
5- Plena floración	Inflores. fuera de la hoja bandera.

3.16.4.2 Biomasa: Los muestreos para biomasa se efectuaron en cuatro plantas, cada 14 días, utilizando un procedimiento de muestreo sistemático. Cada planta fué fraccionada en hoja, tallo e inflorescencia y se determinó la relación hoja/tallo.

Para las mediciones del área foliar, se utilizó el medidor de área foliar portátil descrito en la sección 3.16.3.2.

Por el mismo motivo presentado en soya, con los datos del primer muestreo se efectuó un análisis de regresión, para predecir el área foliar total (Y) considerando el área foliar medida en un 30% del peso total de hojas, y en pequeños rectángulos tomados en la parte media de la hoja (4cm de largo * el ancho de hoja) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Ecuaciones de regresión obtenidas en la determinación del área foliar en gramíneas.

Variable independiente	Ecuación	r^2
30% del peso de hoja	$Y = -8.6464 + 0.9696X$	0.99
Rectángulo	$Y = -2.9344 + 0.9049X$	0.99

A pesar de los altos valores predictivos (r^2) de los dos métodos comparados, se decidió utilizar el de 30% del peso de hojas, debido a la mayor practicidad de la medición, al obtener directamente el dato de área foliar.

Para dicha determinación se siguió el siguiente procedimiento:

- 1- Clasificación de las hojas por su tamaño (longitud);
- 2- Obtención del porcentaje, en peso húmedo, para cada categoría;
- 3- Formación de una muestra del 30% del total, integrada por los porcentajes de cada categoría.

- 4- Determinación del área foliar en al muestra.
- 5- Estimación del área foliar total de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{AFT (cm}^2\text{)} = \frac{\text{AF muestra} * \text{PS hojas total}}{\text{PS hojas muestra}}$$

Este procedimiento se mantuvo en todos los muestreos.

4 RESULTADOS

4.1 Suelo.

Los datos de los muestreos de suelo efectuados en cada uno de los bloques de siembra se presentan en el Cuadro 2A. De manera general, los valores de fertilidad de cada uno de los bloques de siembra, indican que no existen diferencias entre ellos y que el suelo no presenta limitaciones serias de fertilidad.

El pH es bajo, pero normal en este tipo de suelo, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es relativamente baja y los valores de P se encuentran alrededor del valor crítico (valor crítico=12 mg L⁻¹), mientras que los valores de materia orgánica y N total son normales (Díaz-Romeu y Hunter, 1987).

4.2 Clima.

La radiación total mensual, en general, fué inferior a las medias históricas para el mismo período. El máximo valor se registró en el mes de abril (Figura 2a).

Los valores medios de la precipitación pluvial (Figura 2b) para los meses de enero, febrero y abril, presenta valores inferiores a las medias registradas en la Estación Meteorológica de La Montaña (6 años) o en la del CATIE (41 años). En el resto de los meses cubiertos por el experimento, el comportamiento fué inverso.

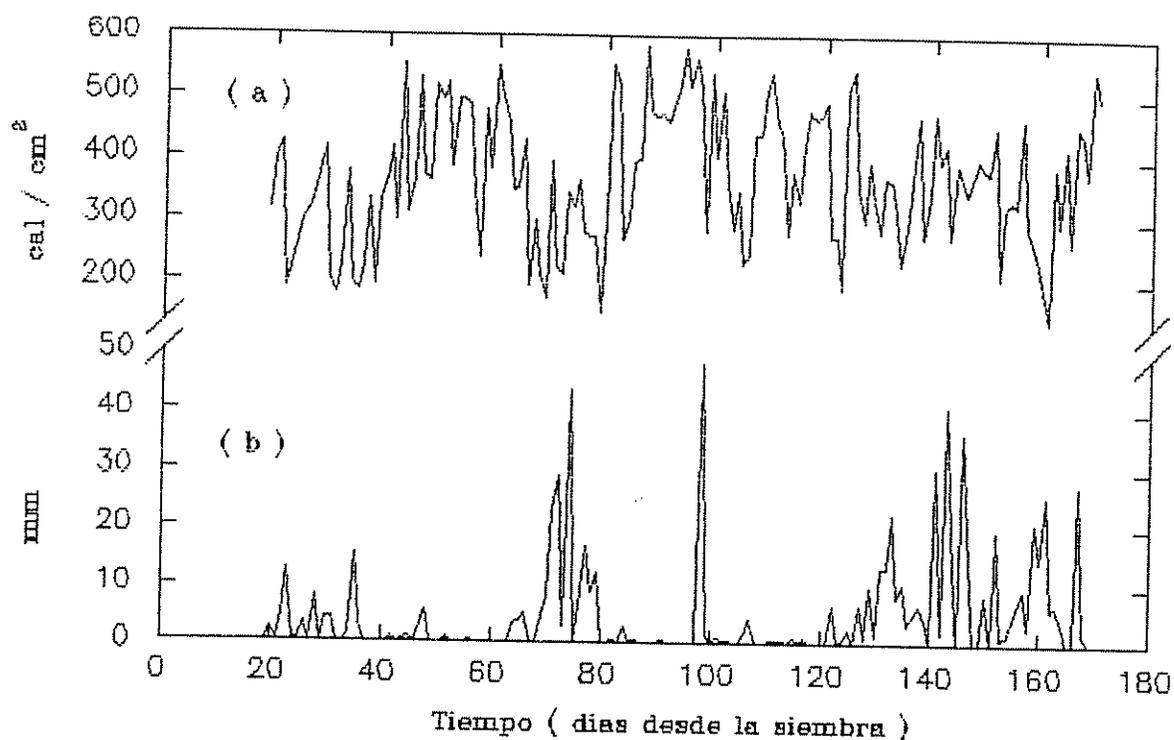


Figura 2. Valores diarios de radiación solar (a) y de lluvia (b), registrados durante el periodo experimental en la Estación Meteorológica La Montaña.

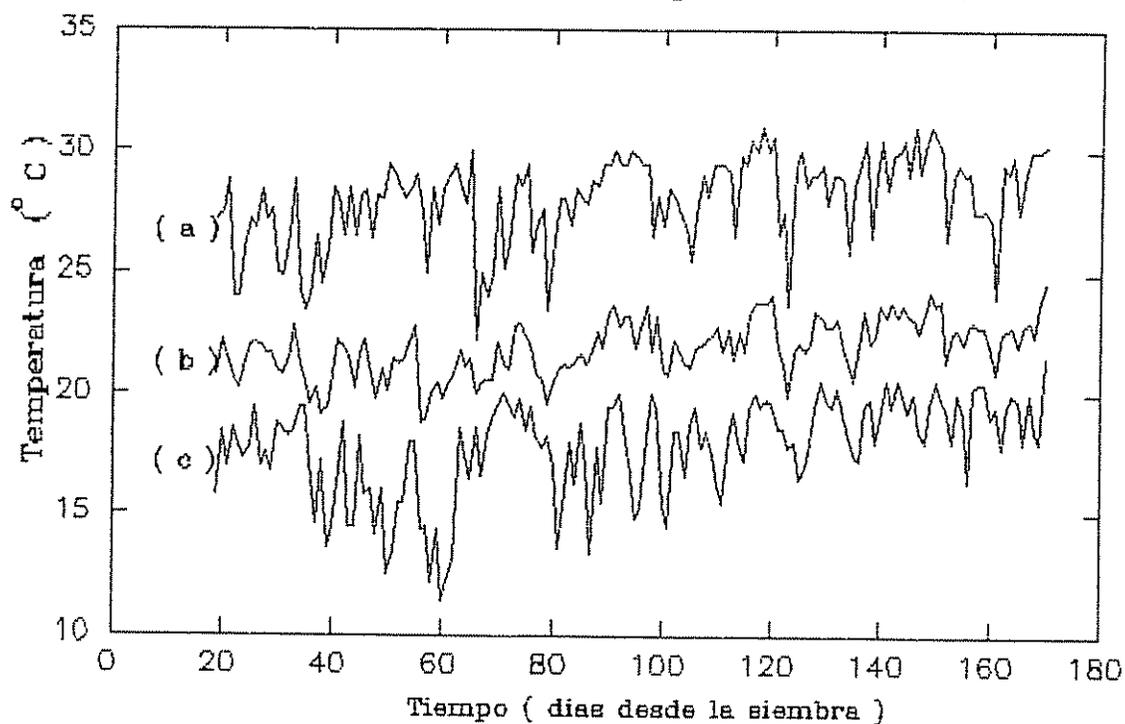


Figura 3. Valores diarios de temperatura máxima (a), media (b) y mínima (c), registradas durante el periodo experimental en la Estación Meteorológica La Montaña.

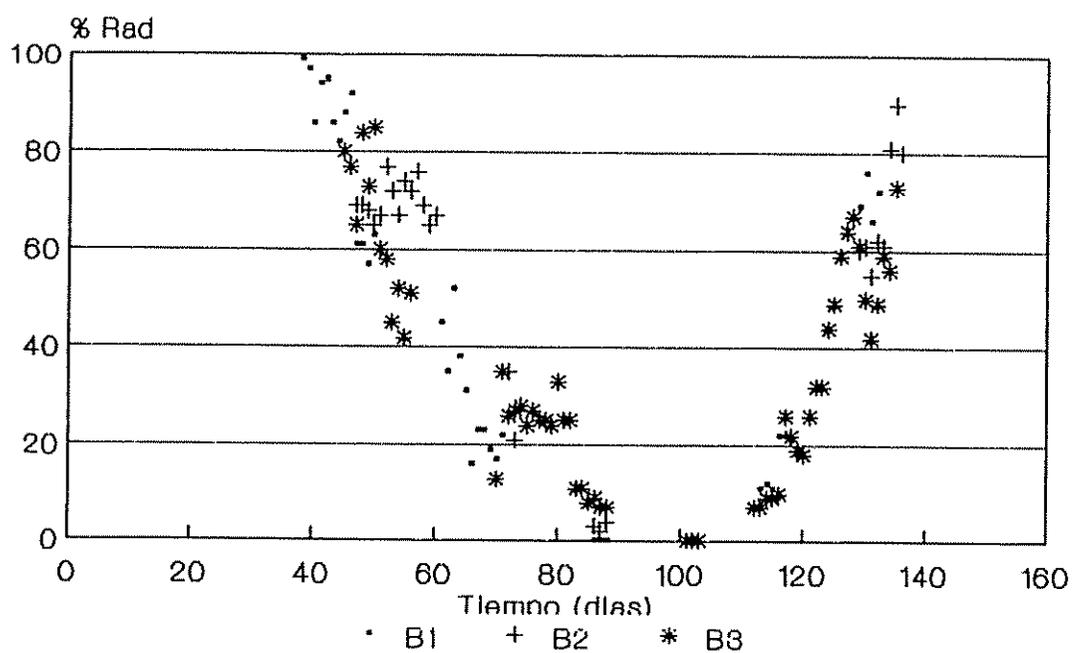


Figura 4A. Radiación solar no interceptada por el cultivo de soya IAC-8 en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, para los tres bloques (B1, B2 y B3).

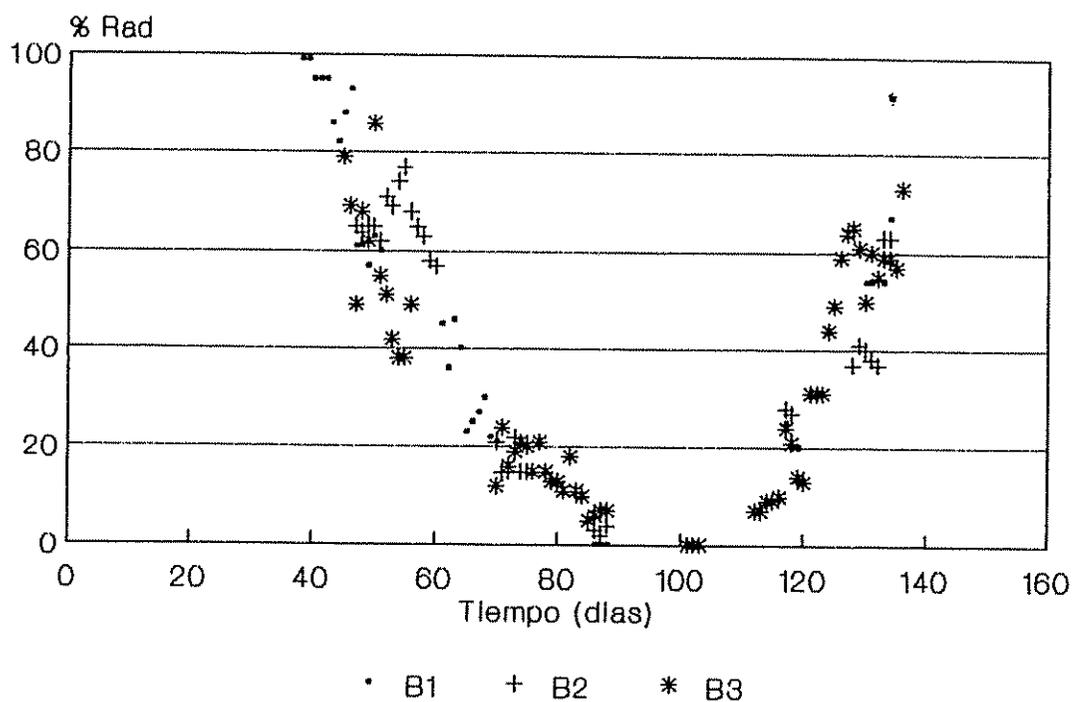


Figura 4B. Radiación solar no interceptada por el cultivo de soya Júpiter en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, para los tres bloques (B1, B2 y B3).

Las temperaturas promedio máximas superaron en alrededor de 1^o C a las medias normales en los primeros cuatro meses, mientras que los promedios de mínimas no presentaron diferencias (Figura 3).

La evaporación registrada en tanque tipo A (mm), fue inferior a las media históricas, salvo en el mes de abril, lo cual coincidió con un mayor valor de radiación solar.

Los valores promedios de humedad relativa en los meses de febrero y abril no presentaron diferencias con las medias históricas.

Las figuras 4A y 4B muestran la radiación solar no interceptada por los cultivares IAC-8 y Jupiter, respectivamente, cuando estuvieron asociados a *B. brizantha* y *B. dictyoneura*. Existió una disminución constante en la radiación no interceptada por la soya hasta los 85 días, momento que coincide con la máxima expresión foliar del cultivo de soya (R5). El aumento en la radiación no interceptada, se manifiesta a partir de los 110 días, con una mayor pendiente coincidente con el comienzo de caída de hojas.

4.3 Crecimiento de las especies de gramínea.

4.3.1 Análisis conjunto de la biomasa aérea total en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

En el Cuadro 14 se presenta el análisis de varianza del rendimiento máximo en biomasa aérea total.

Cuadro 14. ANDEVA para biomasa aérea total máxima en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, en asocio con soya.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	PR>F
Repetición	2	311.851	155.956	6.74	0.0172
Factor PG	4	1272.729	318.182	13.75	0.0009
Error a	8	185.110	23.139	3.02	0.0079
Factor GR	1	2761.074	2761.074	211.96	0.0001
Factor MU	1	16.262	16.261	1.25	0.2732
GR*MU	1	10.167	10.167	0.78	0.3835
PG*GR	4	716.945	179.236	13.76	0.0001
PG*MU	4	21.420	5.355	0.41	0.7984
PG*GR*MU	4	41.850	10.236	0.80	0.5353
Error b	30	390.799	13.027	1.70	0.0176
Total	239	4374694.96			

CV= 31.69% (error b) CV= 40.77% (error a).

Considerando individualmente a los factores PG, GR y MU, se observa que solamente los dos primeros presentan efecto significativo, indicando que existen diferencias entre los mismos.

Del mismo modo en los efectos conjuntos de dos o más factores, la única interacción significativa, corresponde al factor PG por el factor GR, lo que estaría indicando un comportamiento diferencial de las gramíneas en la producción de biomasa aérea, en función de la modalidad de siembra utilizada. El factor MU (tipo de material de multiplicación) no presenta efectos significativos.

Los grados de libertad para la interacción PG*GR fueron divididos a fin de comparar las medias, mediante contrastes ortogonales. Los resultados se presentan en el Cuadro 15. Como se pone de manifiesto en estos contrastes, las diferencias en las medias de biomasa aérea total máxima entre las gramíneas no son iguales, cuando se comparan las asociadas vs. el cultivo puro o vs. la simulación de sombra. Asimismo, a este nivel de comparación no se presentan diferencias significativas entre las gramíneas, cuando están

asociadas a una u otra variedad de soya, o cuando se comparan las medias de biomasa aérea entre los tratamientos en que se simula la sombra ejercida por las dos variedades de soya.

Cuadro 15. Medias de producción de biomasa aérea máxima total y contrastes ortogonales para la interacción PG*GR en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, en asocio con soya.

Modalidad de siembra	gr.M.S/planta	
	<i>B.brizantha</i>	<i>B.dictyoneura</i>
Asocio de IAC-8	229.94	27.75
Simulación IAC-8	186.19	98.38
Asocio de Júpiter	271.97	18.41
Simulación IAC-8	152.10	76.64
Cultivo puro	355.28	176.64
Contrastes		P>F
Gramíneas asociadas vs C. puro		0.0003
Gramíneas asociadas vs Simulación		0.0001
Entre socios IAC-8 vs Júpiter		0.1707
Entre simulaciones		0.9484

Los valores medios, muestran el comportamiento diferente para cada combinación. La principal diferencia ocurre entre los niveles PG1 y PG3 (gramíneas asociadas a soya IAC-8 y Júpiter, respectivamente) donde las gramíneas presentan valores diferentes, según estén asociadas a una u otra soya. Asimismo los valores de producción del cultivo puro siempre superan al resto de las modalidades de siembra. Los valores de biomasa de las gramíneas, obtenidos bajo la sombra simulada de las dos variedades de soya presentan la misma tendencia en las dos gramíneas.

Estos resultados indican que en el asocio se ejerce un efecto más detrimental sobre la producción de biomasa aérea máxima en *B. dictyoneura* que en *B. brizantha*.

Lo anterior se pone de manifiesto al considerar los rendimientos relativos en la producción por efecto del asocio y de las mallas con respecto al cultivo puro, datos que se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Rendimiento relativo de la biomasa aérea máxima de *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, en asocio con soya y bajo sombra simulada, con respecto al cultivo puro.

Modalidad de siembra	Rendimiento relativo	
	<i>B. brizantha</i>	<i>B. dictyoneura</i>
Cultivo puro	100	100
Asocio de IAC-8	65	16
Asocio de Júpiter	67	10
Simulación IAC-8	52	56
Simulación Júpiter	43	44

Los valores indican que en *B. dictyoneura* además del efecto de competencia por luz, existen otros factores propios de los cultivos asociados que afectan aún más su producción, puesto que los rendimientos relativos de biomasa, al restringir la luz se encuentran entre el 44 y 56%, dependiendo del tipo de soya asociada. Todo lo contrario sucede en *B. brizantha*, donde el asocio favorece la producción de biomasa aérea, si se compara con la simulación de sombra.

4.3.2 Análisis de tendencia de la producción de biomasa aérea.

Los incrementos de biomasa en el tiempo (gr/0.25 m²/día) para los factores repetición, modalidad de siembra (PG) y gramínea, obtenidos mediante una regresión lineal simple y su significancia se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Prueba de Friedman para los incrementos de biomasa (gr/0.25 m²/día) obtenidos por ajuste lineal para cada modalidad de siembra (PG) y gramínea.

Modalidad de siembra	PG1 0.30	PG2 0.90	PG3 0.13	PG4 0.70	PG5 1.90	<i>B. dictyo neura</i>
PG1 2.32		*	*	O	*	0.30
PG2 1.85	NS		O	NS	*	0.90
PG3 3.23	*	O		*	*	0.13
PG4 1.46	O	NS	*		*	0.70
PG5 4.07	*	*	*	*		1.90
<i>B. brizantha</i>	2.32	1.85	3.23	1.46	4.07	

NS= no significativo

* =P<0.08

O= comparación no relevante.

PG1= Asociada a soya IAC-8

PG2= Simulación sombra IAC-8

PG3= Asociada a soya Júpiter

PG3= Simulación sombra Júpiter

PG5= Cultivo puro.

Los resultados indican que ambas gramíneas presentan incrementos diferentes en la biomasa, según estén asociadas a una u otra variedad de soya. Asimismo, el cultivo puro siempre supera a todas las otras modalidades de siembra.

B. brizantha tiene mayores tasas de crecimiento cuando crece asociada a soya Júpiter que bajo su sombra simulada, mientras que no presenta diferencias entre el asocio con soya IAC-8 y simulación de su sombra. Entre simulaciones de la sombra ejercida por una u otra variedad de soya no existen diferencias significativas, y ambas presentan los menores incrementos.

En *B. dictyoneura* sucede lo contrario, pues las mayores tasas de crecimiento de la biomasa se presentan en las parcelas con simulación, siendo diferentes (P<0.08) a los obtenidos en los asociados. Entre asociados también se presentan diferencias significativas (P<0.08), correspondiendo la mayor tasa de crecimiento al asocio con soya IAC-8.

4.3.3 Ajuste de la biomasa a un modelo de crecimiento.

Los datos de biomasa aérea total para cada una de las gramíneas en los cultivos asociados y puro, fueron ajustados a diferentes modelos de crecimiento.

En la Figura 5 se presenta los ajustes logrados en *B. brizantha*. Como puede observarse, en todos los casos corresponde a un modelo exponencial de la forma:

$$\text{Biomasa} = A * e^{B * T + \text{constante}}$$

Esto indica que las tendencias en los asociados y en cultivo puro son similares, variando solamente en la magnitud de sus parámetros.

En el asocio de *B. brizantha* con las dos variedades de soya se obtuvieron resultados similares, aunque alrededor de los 110 días después de la siembra, se presenta una tendencia a un aumento en las tasas de crecimiento cuando se encontraba asociada con soya Júpiter (Figura 5). En el cultivo puro, se presentó una fase de crecimiento lento mucho menor, ya que el punto de cambio se presenta a los 95 días.

Considerando el momento de inicio de la fase de crecimiento rápido del cultivo puro y del asocio con soya Júpiter, se observa que el asocio demora unos 20 días, y esto parece ocurrir cuando las plantas presentan un peso de aproximadamente 100 g MS/0.25 m².

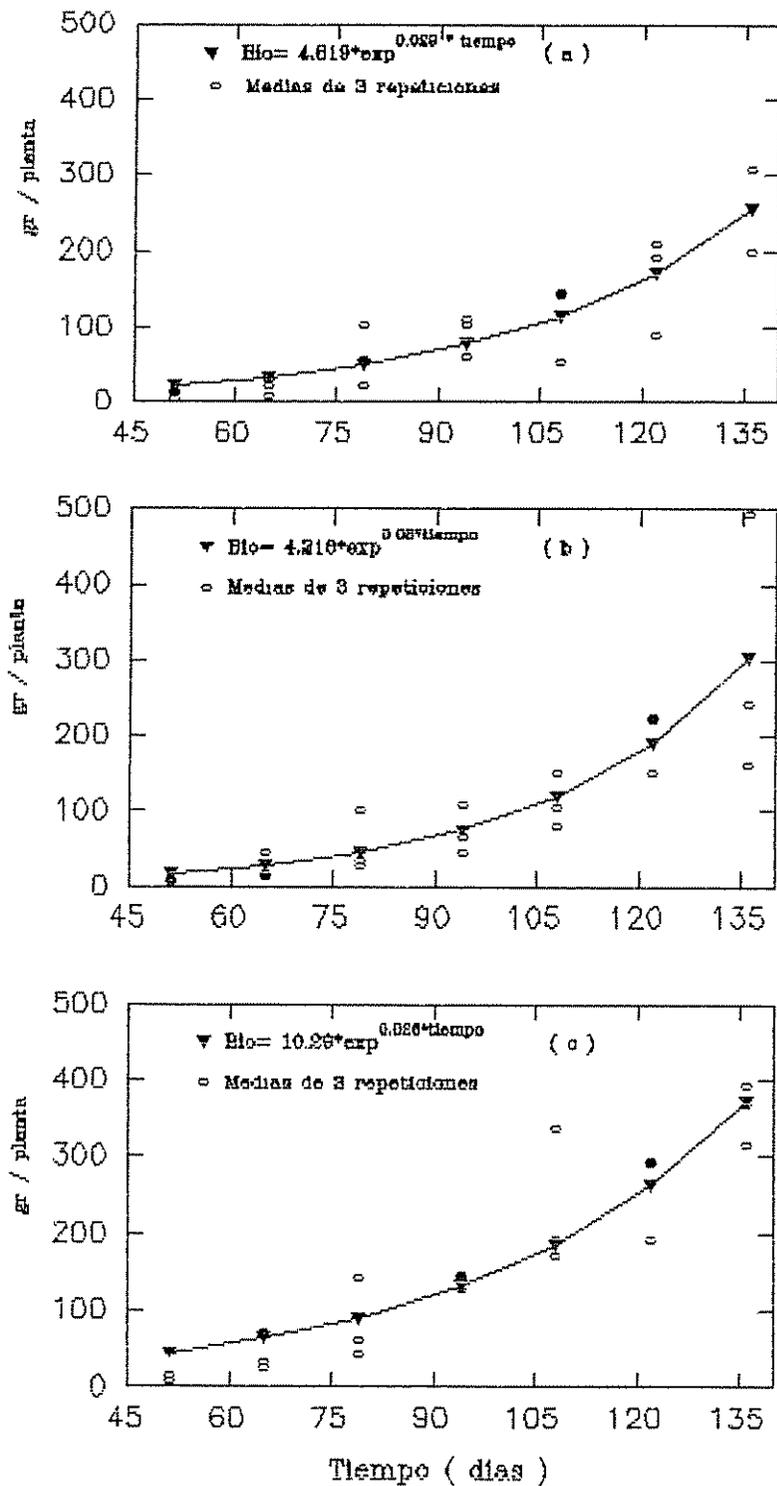


Figura 5. Biomasa aérea ajustada para *B. brizantha* en asocio con Soya IAC-B (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c)

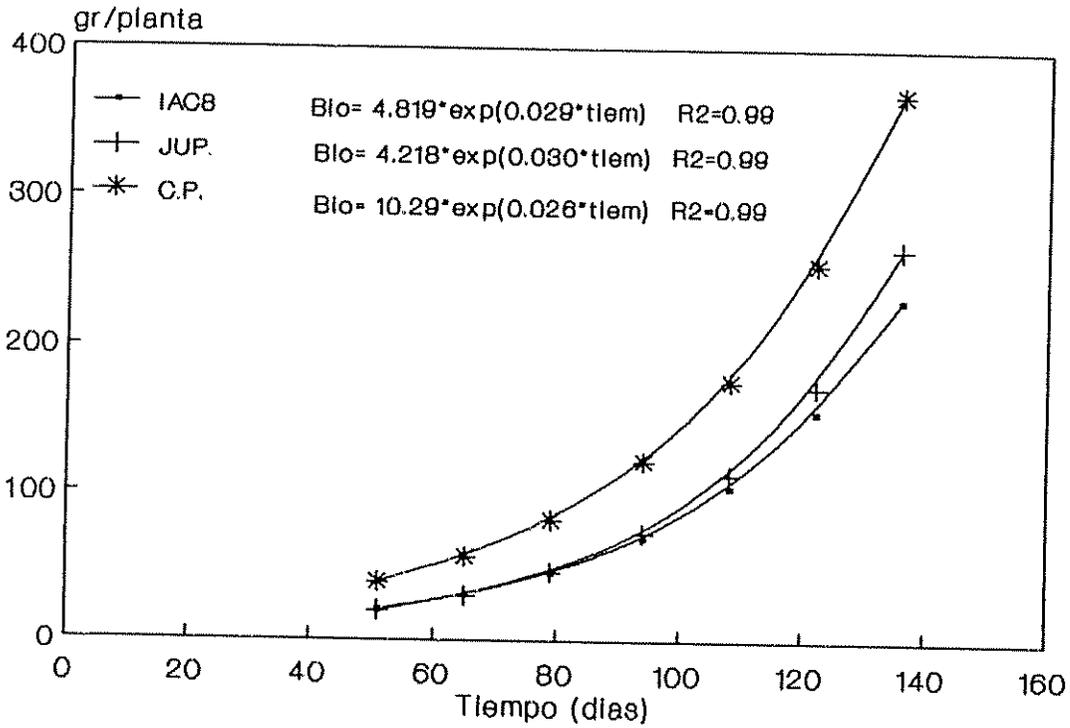


Figura 6. Biomasa aérea ajustada para *B. brizantha* en asocio y cultivo puro.

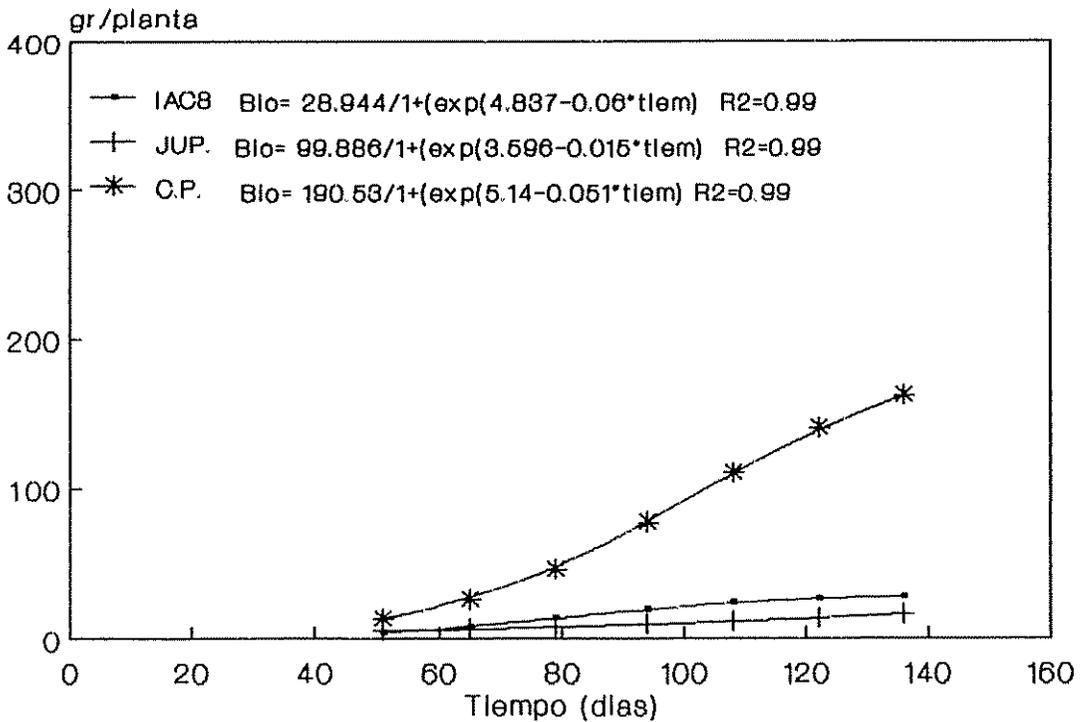


Figura 7. Biomasa aérea ajustada para *B. dictyoneura* en asocio y cultivo puro.

Al observar las curvas de crecimiento de *B. brizantha* en las tres modalidades de siembra consideradas, se comprueba que los incrementos en biomasa aérea, siempre fueron menores en el asocio respecto al cultivo puro (Figura 6).

En *B. dictyoneura*, los valores de crecimiento para la biomasa aérea en los asociados y en el cultivo puro, fueron ajustados al modelo logístico, de la siguiente expresión:

$$\text{Biomasa} = k / (1 + \exp^{-B * T + \text{constante}})$$

El cultivo puro de *B. dictyoneura*, presenta una típica curva de crecimiento logístico, con un punto de inflexión alrededor de los 80 días después de la siembra y una fase de estabilización cercana a los 110 días. Comparativamente a los asociados, el cultivo puro presenta una mayor producción de biomasa aérea (Figura 7).

Una característica a resaltar en esta especie, fue la gran variabilidad presentada en la variable biomasa aérea, principalmente cuando se encontraba asociada (Figuras 8).

En el asocio con soya Júpiter, *B. dictyoneura* presentó incrementos casi constantes durante el periodo experimental considerado, con un ligero incremento hacia los 120 días. Esta fase de crecimiento prolongada, representa el efecto de la competencia ejercida por la soya.

Cuando la gramínea estuvo asociada a soya IAC-8 el crecimiento fue mayor, presentándose un ligero aumento en el incremento diario de biomasa, en relación al asocio anterior. A pesar de esto, también existe una fase bastante prolongada de crecimiento lento.

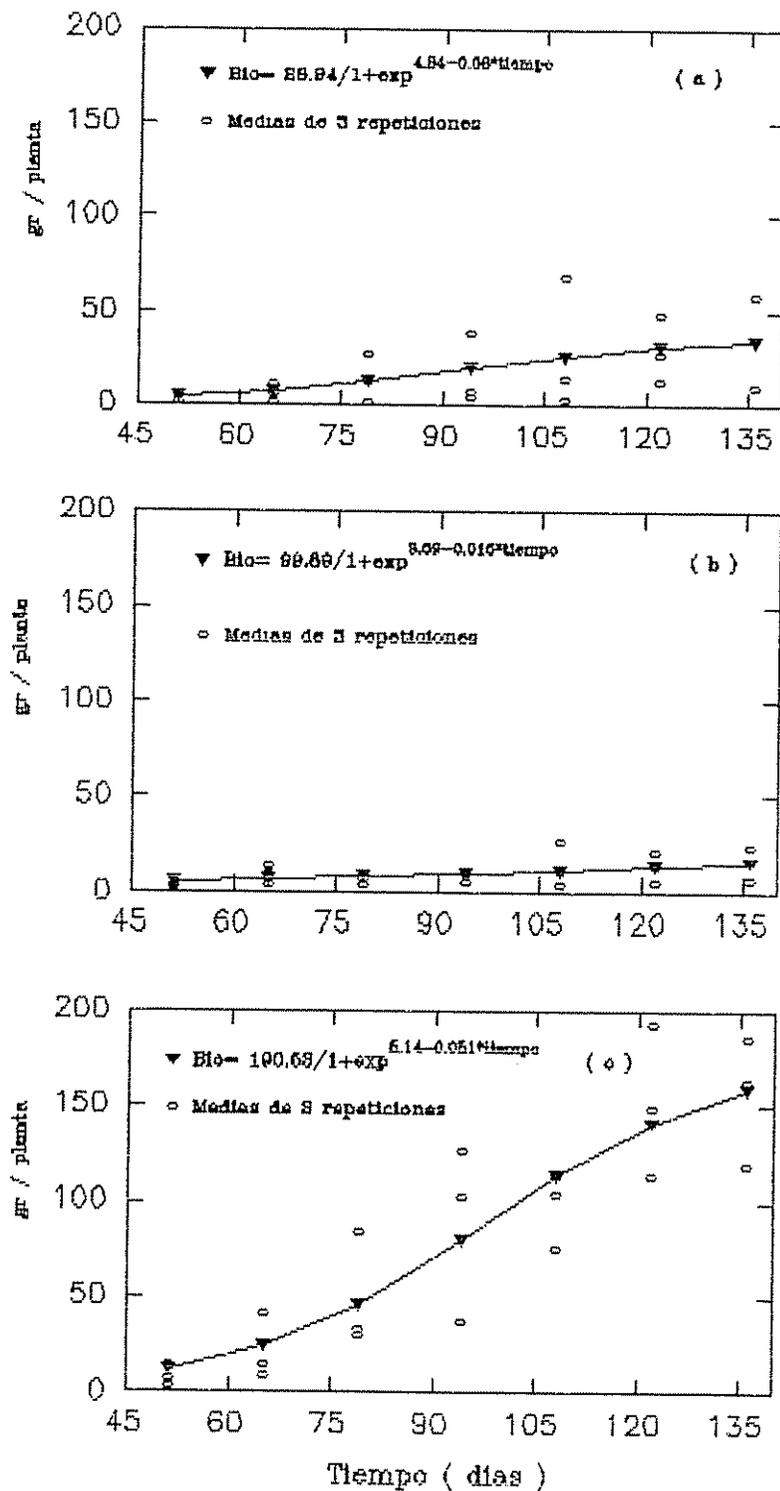


Figura 8. Biomasa aérea ajustada para *B. dictyoneura* asociada con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).

4.3.4 Análisis conjunto del área foliar total en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

En el Cuadro 18 se presenta el análisis de varianza (ANDEVA) para la variable área foliar máxima, teniendo en cuenta el modelo lineal propuesto.

Cuadro 18. ANDEVA para el área foliar total máxima en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	PR>F
Repetición	2	2958.857	1479.428	1.29	0.3258
Factor PG	4	35243.825	8810.956	7.71	0.0075
Error a	8	9144.519	1143.065	2.01	0.0475
Factor GR	1	166253.336	166253.336	218.44	0.0001
Factor MU	1	6917.550	6917.550	9.09	0.0052
GR*MU	1	2333.954	2333.954	3.07	0.0901
PG*GR	4	35484.530	8871.132	11.66	0.0001
PG*MU	4	693.415	173.353	0.23	0.9207
PG*GR*MU	4	2059.769	514.942	0.68	0.6135
Error b	30	22832.491	761.083	1.34	0.1261
Total	239	386264.149			

CV= 32.97% (error a) CV= 26.90% (error b)

Los efectos individuales de los factores son significativos, en todos los casos. Al considerar las interacciones dobles, se observa que el efecto conjunto de GR*MU y PG*GR es significativo. No se detectó significancia para la interacción doble restante (PG*MU), al igual que para la interacción triple (PG*GR*MU).

Al comparar estas interacciones mediante contrastes ortogonales (Cuadro 19), se comprueba que las diferencias en los valores medios del área foliar en las dos gramíneas, dependen de si están creciendo asociadas o en cultivo puro, si están asociadas o bajo sombra de malla simulada, o si están asociadas a soya IAC-B o a soya Júpiter.

Cuadro 19. Medias del área foliar máxima (cm²/planta) y contrastes ortogonales para la interacción PG*GR Y GR*MU.

Modalidad de siembra	B. brizantha	B. dictyoneura
Asocio de IAC-8	16999.43	3362.53
Simulación IAC-8	16317.67	8890.95
Asocio de Júpiter	20399.44	2571.36
Simulación Júpiter	13606.87	6853.67
Cultivo puro	21043.49	11189.83
Contrastes	P>F	
Gramíneas asociadas vs C. puro	0.0002	
Gramíneas asociadas vs Simulación	0.0001	
Entre socios IAC-8 vs Júpiter	0.0999	
Entre simulaciones	0.8990	
Multiplicación Sex. vs Asex. en GR1	0.0021	
Multiplicación Sex. vs Asex. en GR2	0.3787	

Del mismo modo, el comportamiento diferente del área foliar según el material de multiplicación usado, sexual o asexual, está presente solamente en *B. brizantha*. En la Figura 9 se presentan las medias de la interacción GR*MU para el área foliar, correspondiéndole al método de multiplicación sexual los mayores valores en ambas gramíneas. Esta misma tendencia se encuentra en la cantidad de hoja verde (Figura 10), fracción sobre la cual se efectuaron las determinaciones del área foliar.

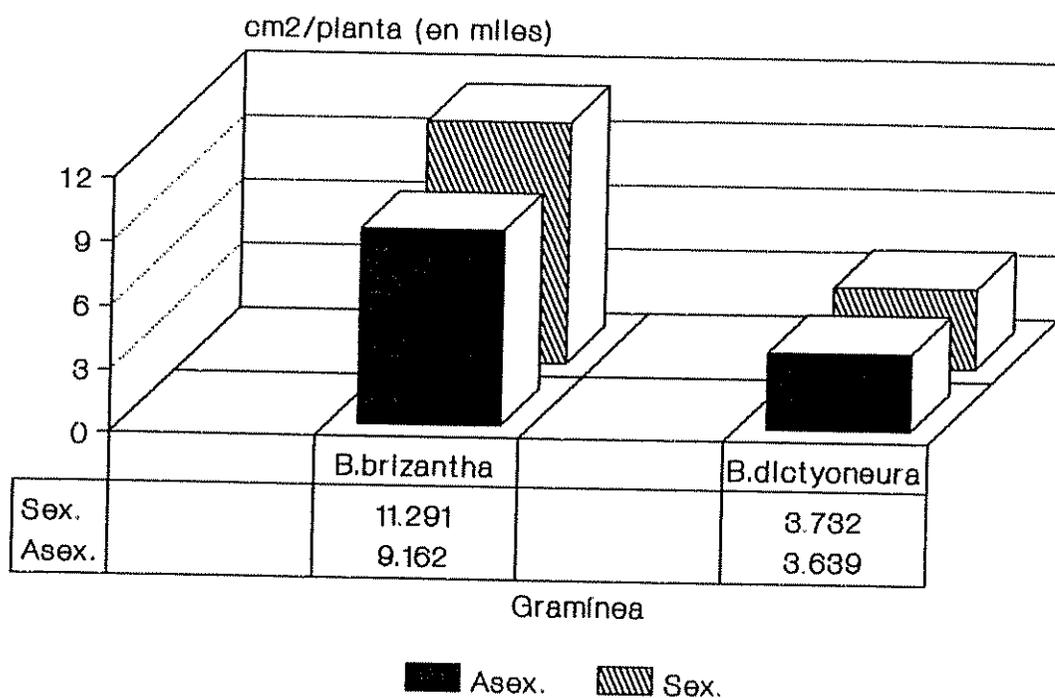


Figura 9. Area foliar en *B. brizantha* y *B. dictyoneura* para cada tipo de material de multiplicación usado.

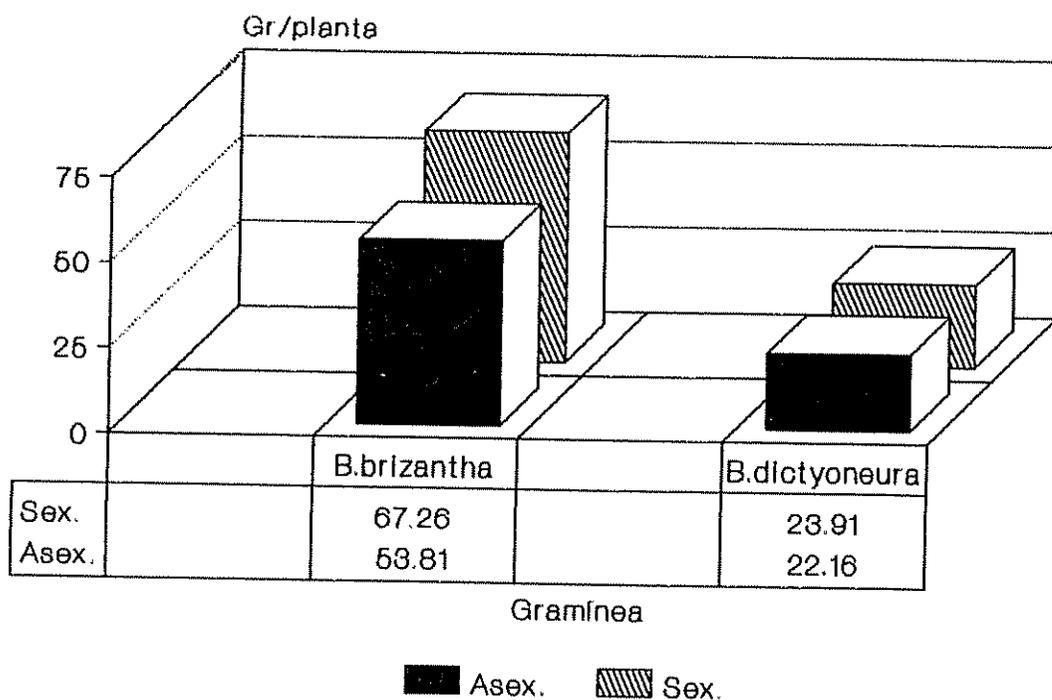


Figura 10. Peso seco de hoja verde (gr/planta) en *B. brizantha* y *B. dictyoneura* para cada tipo de multiplicación usado.

4.3.5 Análisis de tendencias para el área foliar.

La comparación de los incrementos obtenidos mediante regresión lineal simple, para la interacción PG*GR se presenta en el Cuadro 20.

B. brizantha no presenta diferencias significativas en el incremento de área foliar cuando se compara el asocio de soya Jupiter con el cultivo puro. A ambos tratamientos les corresponde los mayores valores de área foliar. El asocio con soya IAC-8 es estadísticamente diferente ($P < 0.08$) de los anteriores y de los simulados, mientras que estos últimos también difieren entre sí.

Cuadro 20. Prueba de Friedman para los cambios en el área foliar obtenidos por ajuste lineal, en función del tiempo ($\text{cm}^2/0.25\text{m}^2/\text{día}$) para cada repetición, modalidad de siembra (PG) y gramínea.

Modalidad de siembra	PG1	PG2	PG3	PG4	PG5	B.dictyoneura
	30.85	79.40	14.30	60.67	111.33	
PG1 163.15		*	*	0	*	30.85
PG2 145.80	*		0	NS	*	79.40
PG3 213.15	*	0		*	*	14.30
PG4 110.50	0	*	*		*	60.67
PG5 227.52	*	*	NS	*		111.33
B.brizantha	163.15	145.80	213.15	110.50	227.52	

NS= no significativo

* = $P < 0.08$

0= comparación no relevante.

PG1= Asociada a soya IAC-8

PG2= Simulación sombra IAC-8

PG3= Asociada a soya Júpiter

PG3= Simulación sombra Júpiter

PG5= Cultivo puro.

En *B. dictyoneura*, el cultivo puro (PG5) mostró los mayores incrementos diarios en área foliar ($P < 0.08$) que el resto de las modalidades de siembra. No se detectaron diferencias entre los tratamientos de simulación de sombra (PG2 y PG4) en los incrementos diarios de área foliar, mientras que los socios difieren estadísticamente entre sí,

(30.85 vs 14.30 cm²/día, para PG1 y PG3, respectivamente), correspondiéndoles a éstos los menores valores.

4.3.6 Ajuste del área foliar a un modelo de crecimiento.

Los datos de área foliar para la interacción PG*GR fueron ajustados a diferentes modelos de crecimiento, a fin de explicar su comportamiento en el tiempo.

Para *B. brizantha* las respuestas fueron diferentes según esté asociada o en cultivo puro. Para el primer caso el incremento del área foliar ajustó a un modelo exponencial ($AF = a * \exp^{b * tiempo - c * tiempo^2}$), mientras que para el segundo el mejor ajuste fué el cuadrático ($AF = a + b * tiempo + c * tiempo^2$).

En la Figura 11 se presentan las curvas de área foliar ajustadas, para los asociados con soya IAC-8 y Júpiter, así como para el cultivo puro. El cultivo puro de *B. brizantha* presenta los mayores incrementos de área foliar hasta aproximadamente los 105 días, momento en que ocurre una disminución en las tasas de incremento del área foliar. El cultivo puro siempre mostró mayores valores de área foliar que los tratamientos de asocio con soya.

Los tratamientos de asocio con soya mostraron incrementos similares en el área foliar hasta aproximadamente los 80 días de crecimiento, momento a partir del cual *B. brizantha* asociado con soya Júpiter mostró los mayores incrementos en área foliar, aproximándose a los obtenidos en el cultivo puro hacia el final del experimento.

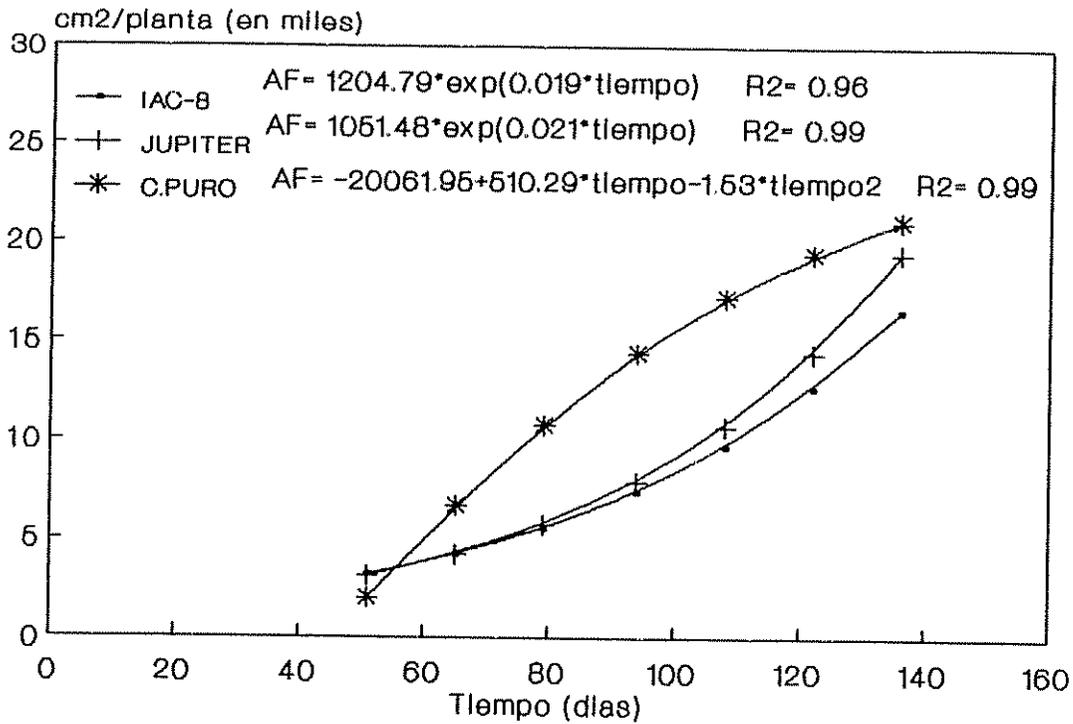


Figura 11. Area foliar ajustada para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.

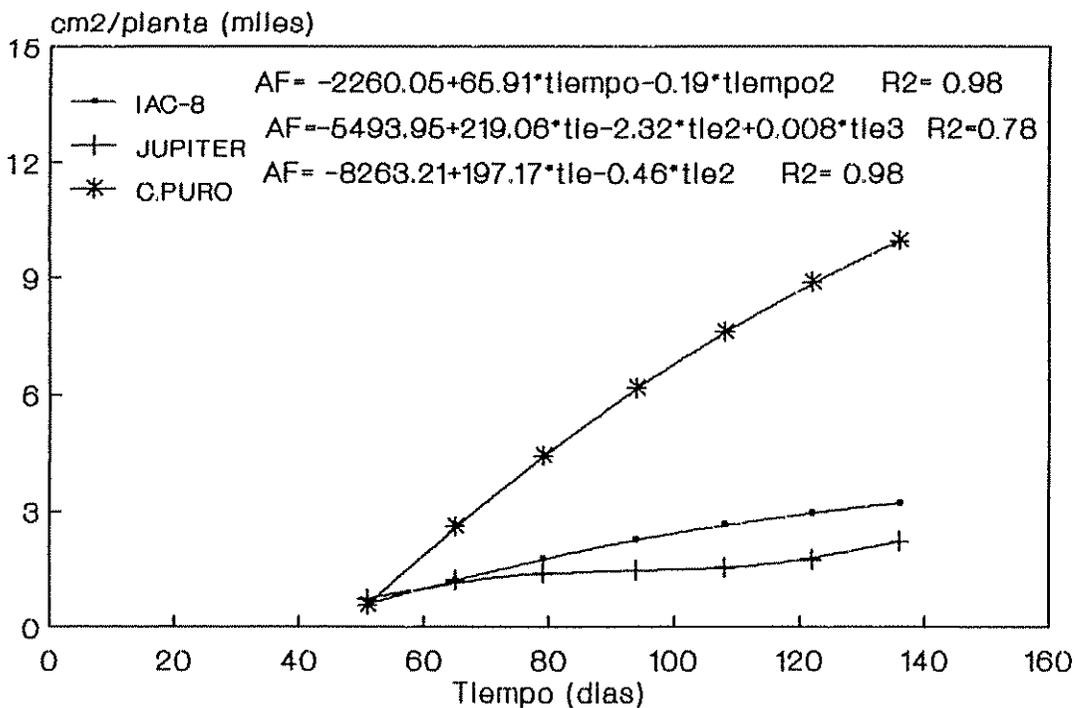


Figura 12. Area foliar ajustada para *B. dictyoneura* en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.

En *B. dictyoneura*, los ajustes fueron diferentes según el asocio considerado. Así, cuando estuvo asociada a soya IAC-8 el mejor ajuste correspondió a un modelo cuadrático, mientras que con soya Júpiter el modelo de mejor ajuste fue para el modelo cúbico. Por su parte, los cambios en área foliar en el cultivo puro ajustaron a un modelo cuadrático. Todo esto indica que el comportamiento del área foliar es mucho más variable que la biomasa aérea.

En la Figura 12 se presentan las curvas ajustadas para los dos socios y el cultivo puro. *B. dictyoneura* presentó siempre los mayores incrementos en área foliar cuando estuvo en cultivo puro que asociada. En el caso de los socios, si bien comienzan con valores similares de área foliar, aproximadamente a los 70 días se separan, incrementándose más rápidamente en el asocio con soya IAC-8.

4.3.7 Análisis de los componentes del rendimiento en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

La contribución en peso de las diferentes fracciones que integran la biomasa aérea en las gramíneas, para *B. brizantha* o *B. dictyoneura* en asocio con soya Júpiter o IAC-8 y para los cultivos puros, se presentan en las Figuras 13 y 14.

En *B. brizantha* asociada tanto a soya IAC-8 como a soya Júpiter, los componentes tallo y hoja verde presentan tendencias similares. En el asocio con soya IAC-8 (Figura 13a) la fracción hoja realiza el mayor aporte hasta los 65 días (52%), mientras que a partir de ese momento la fracción tallo hace un aporte cada vez más grande a la biomasa total (55% al 70%). La fracción hoja senescente estuvo presente durante todo el experimento, aunque sus valores pueden considerarse insignificantes (<5%). La fracción

inflorescencia, se manifiesta hacia finales del periodo experimental (110 días), con valores muy pequeños (3%).

B. brizantha asociada a soya Júpiter, presenta un comportamiento similar al asociado anterior, hasta los 65 días, pues las hojas verdes contribuyeron con un 50% a la biomasa total. Posteriormente se incrementa el aporte del tallo hasta un 79% del total de biomasa. El mayor porcentaje de hoja senescente se presenta entre los 80 y 95 días (4%), mientras que la inflorescencia lo hace al finalizar el periodo experimental con apenas un 3% (Figura 13b).

En el cultivo puro se presenta un patrón similar al observado en los asociados con soya en los aportes de cada fracción a través del tiempo (Figura 13c). Este comportamiento demuestra que independientemente de la modalidad de siembra de la gramínea, las fracciones tallo y hoja responden más a un patrón fisiológico que al tratamiento impuesto.

B. dictyoneura presenta tendencias distintas en los aportes de cada fracción, según este asociada a la soya Júpiter o IAC-8. Así cuando se encuentra creciendo junto a soya IAC-8 (Figura 14a), las fracciones tallo y hoja aportan iguales cantidades hasta los 65 días. En este momento se separan, adquiriendo más importancia la fracción tallo, con valores que oscilan alrededor del 57% hasta los 110 días, mientras que la hoja verde mantiene su aporte (37% en promedio) durante el resto del tiempo experimental. La inflorescencia adquiere alguna importancia próximo a los 110 días, con un 6% de contribución al peso seco.

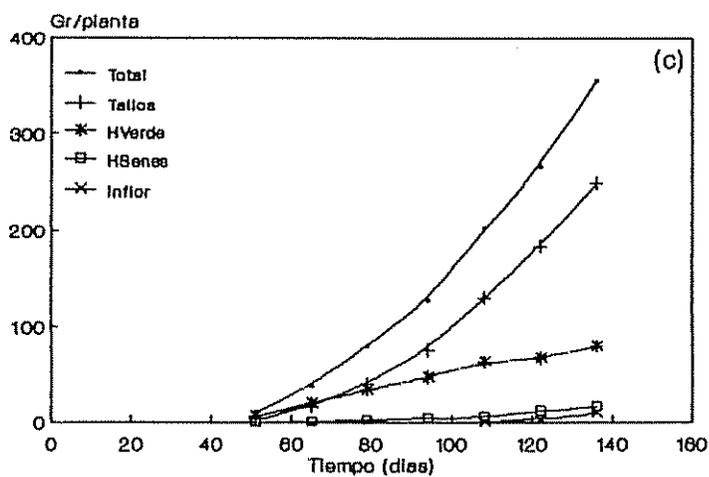
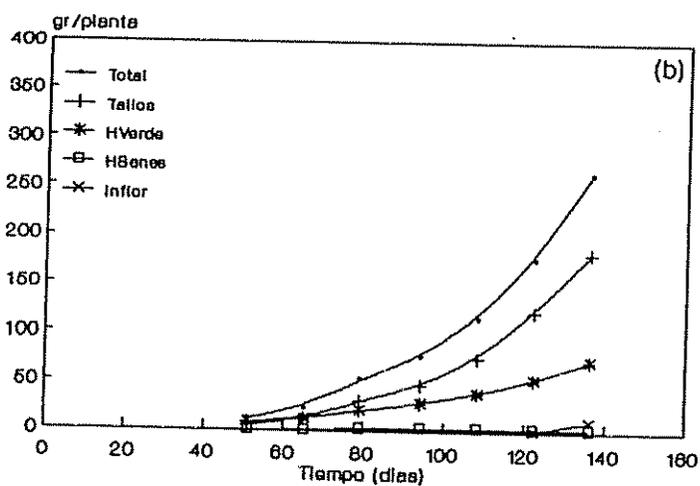
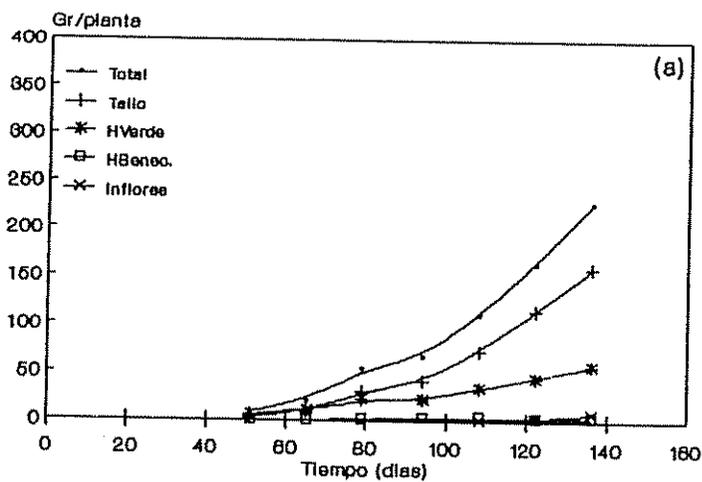


Figura 13. Componentes del rendimiento para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).

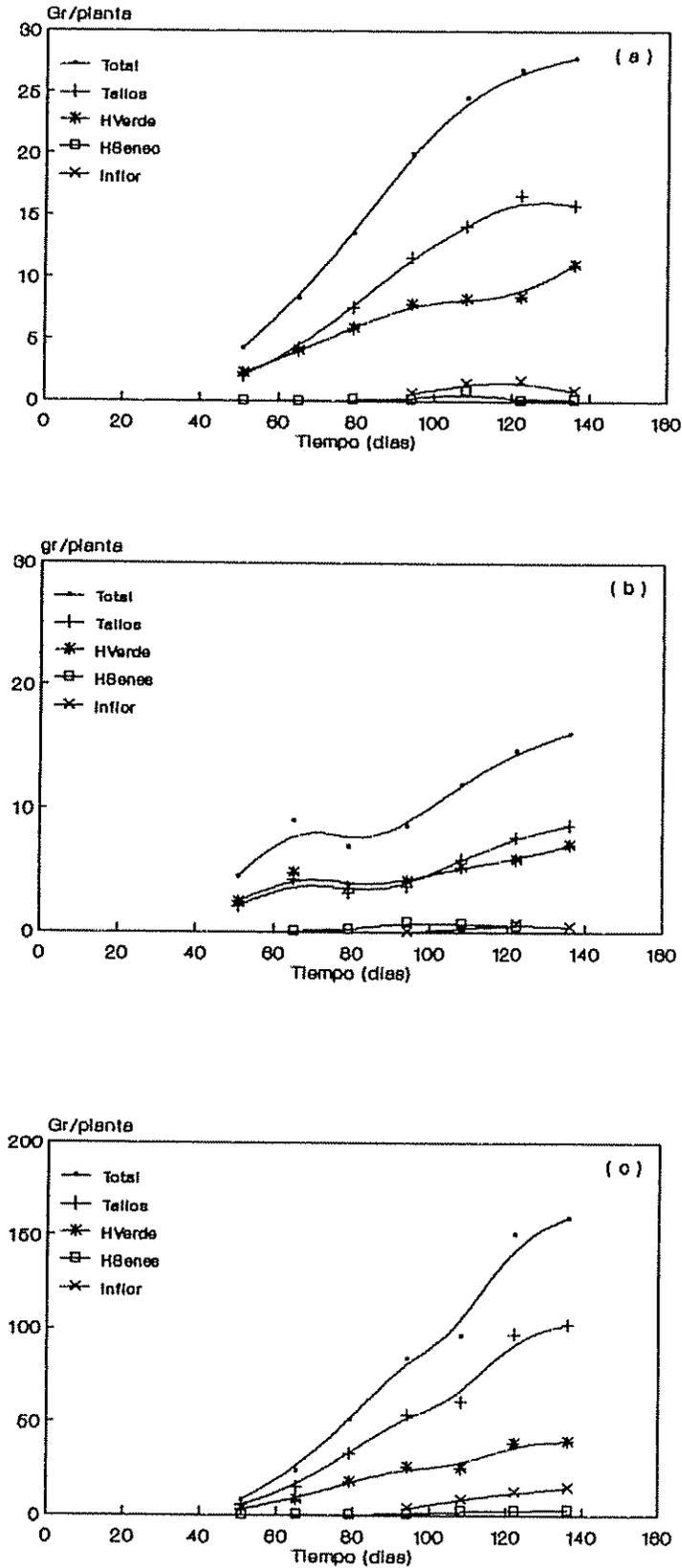


Figura 14. Componentes del rendimiento para *B. dictyoneraa* en asocio con soya IAC-8 (a), con soya Júpiter (b) y en cultivo puro (c).

En el asocio con soya Júpiter (Figura 14b), ambas fracciones mantienen similares aportes hasta los 100 días (aprox. 50% cada una), a partir de los cuales recién la fracción tallo comienza a ser más importante (53%). La hoja senescente se incrementa hasta un 9% a los 95 días, mientras que la inflorescencia aporta como máximo un 5% al peso seco, hacia fines del experimento (122 días).

En el cultivo puro de *B. dictyoneura* (Figura 14c), la fracción tallo representó los mayores aportes (64%) durante todos las fechas de muestreo, mientras que la fracción hoja verde presenta una disminución constante desde los 51 (37%) hasta los 136 días (25%). Las inflorescencias realizaron un aporte creciente desde los 94 y hasta los 136 días (9%).

4.3.8 Análisis de la relación H/T.

Los datos de la relación H/T en las dos gramíneas fueron ajustados a un modelo de regresión de curva inversa, de la siguiente función: $H/T = A + B * 1 / \text{tiempo}$.

Las curvas de la relación H/T siguen un patrón general, con el mayor valor en las primeras etapas y una disminución conforme avanza el periodo de crecimiento de la planta, pues el tallo cada vez hace un mayor aporte al peso de la biomasa total.

En *B. brizantha*, las curvas presentan tendencias y valores de relación H/T similares en los tres tratamientos (cultivo puro y asocio con soya IAC-8 o Júpiter). En el asocio con soya Júpiter los menores valores se manifestaron a los 110 días, y a partir de ese momento las tres curvas se superponen (Figura 22). Considerando un valor límite de relación H/T igual a 1.0 (comienzo de fenofase de elongación de vástagos), se observa que en los tres sistemas de cultivo este valor se alcanza entre los 80 y los 85 días.

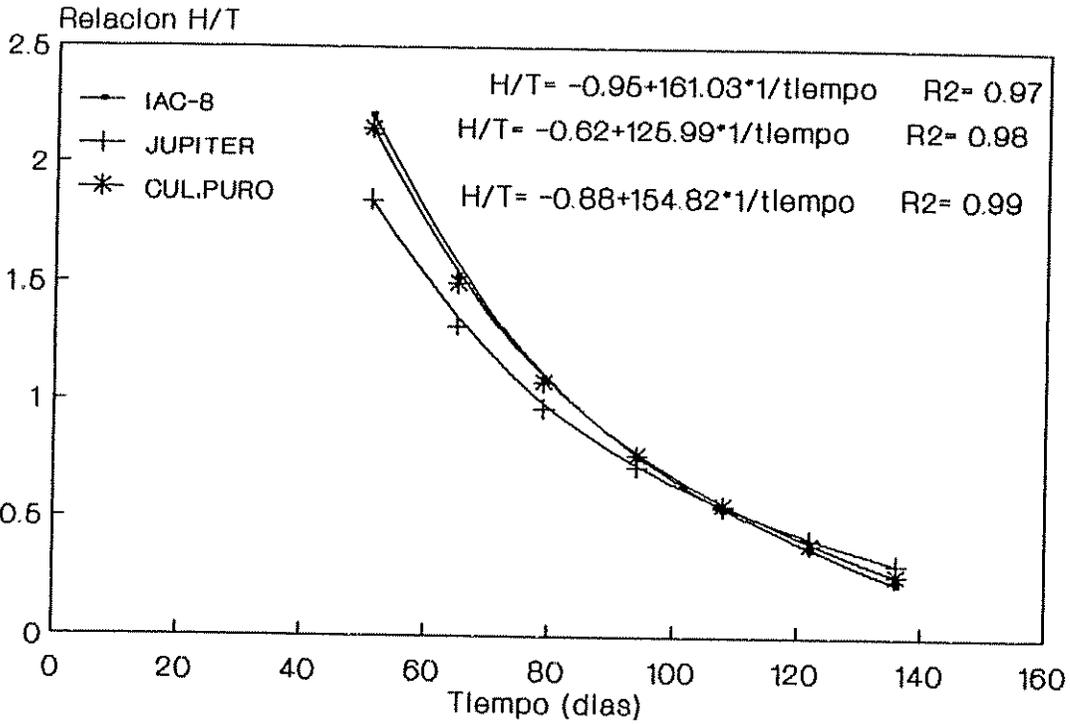


Figura 15. Relación H/T para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.

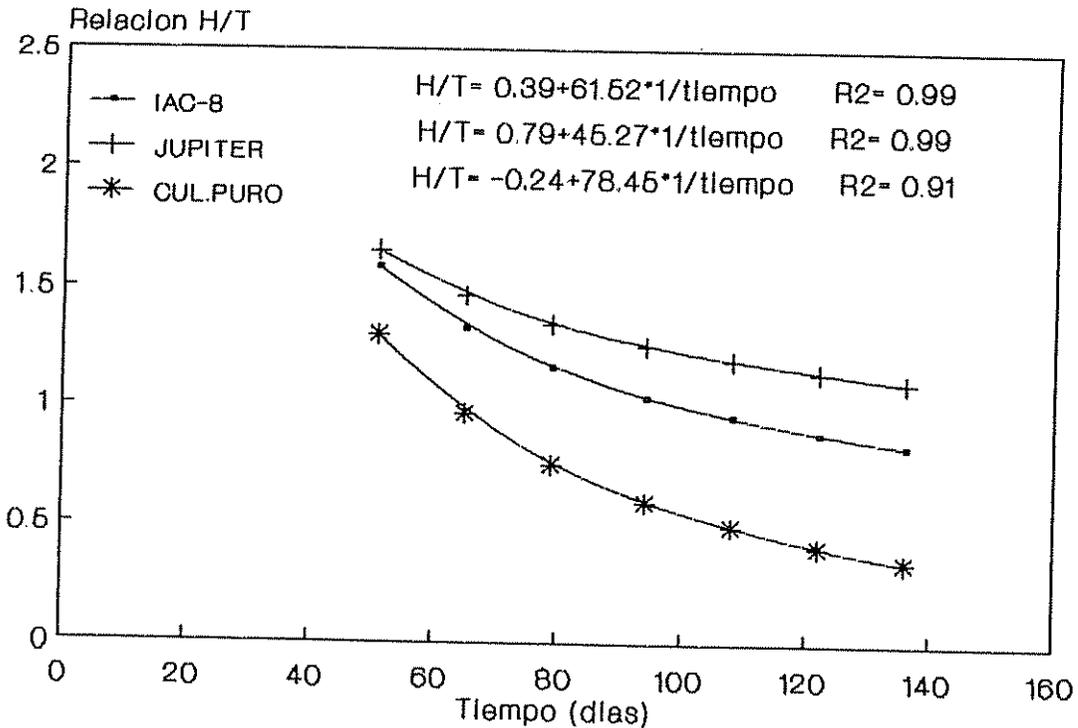


Figura 16. Relación H/T para *B. dictyoneura* en asocio con soya IAC-8, Júpiter y en cultivo puro.

En *B. dictyoneura* los asociados tienen valores diferentes entre ellos y con respecto al cultivo puro (Figura 23). Los mayores valores de H/T los presenta el asocio con soya Júpiter, los cuales nunca son inferiores a la unidad. En el asocio con soya IAC-8 el valor límite (H/T=1.0) se alcanza cerca de los 100 días, mientras que en el cultivo puro rápidamente se llega a este valor (65 días).

Comparativamente, *B. brizantha* siempre comienza con los mayores valores de relación H/T (aproximadamente 2.0), y su caída es también mucho más rápida que en *B. dictyoneura*.

4.3.9 Análisis fenológico.

Los valores medios para el número de vástagos, identificados en base a la nomenclatura propuesta, y para la interacción PG*GR (modalidad de siembra y especie de gramínea, respectivamente), se presentan en las Figuras 17 y 18.

En ambos asociados *B. brizantha* presenta una tendencia similar, aunque con valores diferentes en cuanto a la manifestación de los vástagos. Al principio el número de vástagos vegetativos (macollos) es alto, disminuyendo conforme avanza el crecimiento de la planta, aunque a los 100 días comienza un nuevo aumento. La manifestación de los vástagos en elongación (tallos) es en el sentido inverso. Los vástagos florales recién se presentaron hacia finales del período experimental (Figuras 17a y 17b). En el cultivo puro el número de macollos tiende a disminuir hasta los 136 días (Figura 17c), mientras que el de tallos se incrementa hasta los 100 días, estabilizándose posteriormente. Comparativamente a los tratamientos que incluyen el asocio con soya, el número total de vástagos siempre es superior en el cultivo puro (Figura 19).

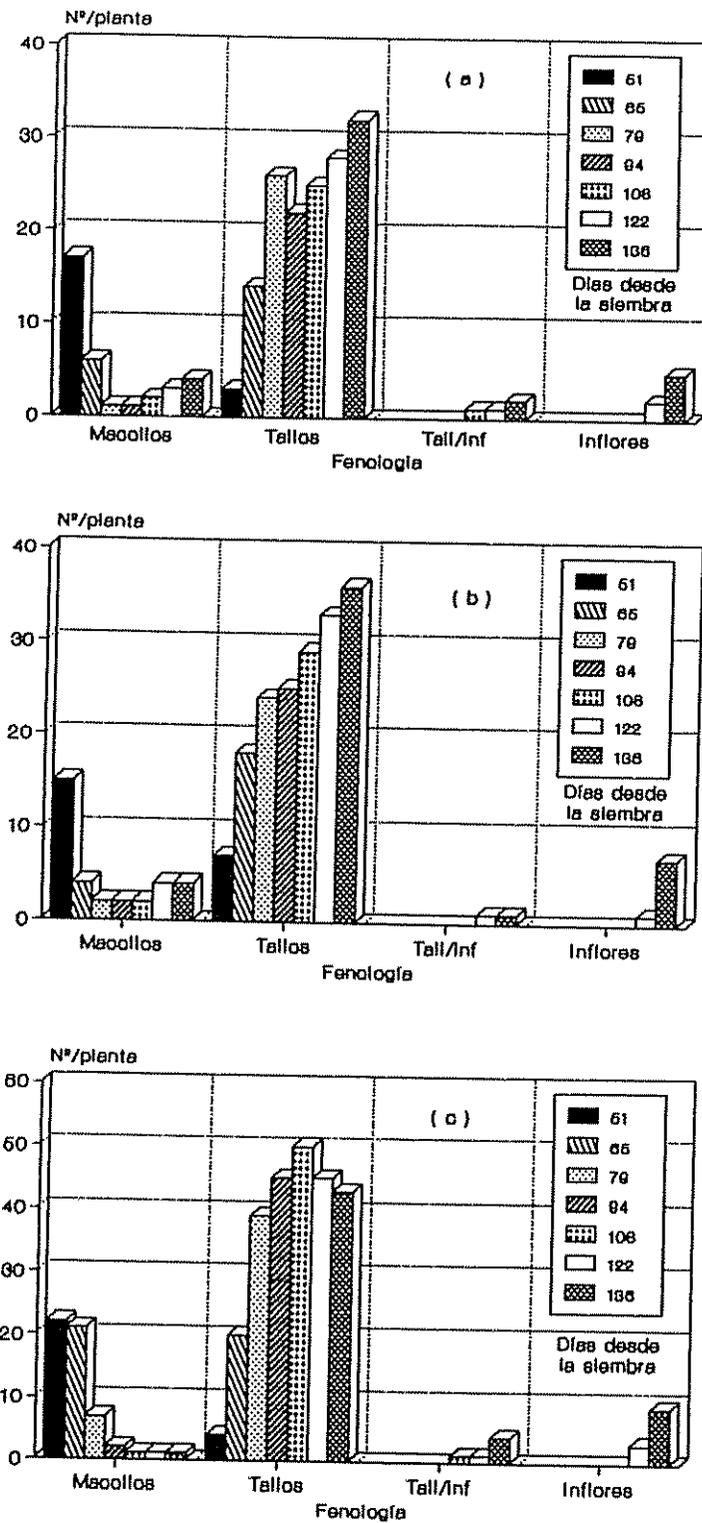


Figura 17. Número de vástagos vegetativos (macollos), en elongación (tallos), en inicio de floración (Tall/inf) y en plena floración (inflores), para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8 (a), con Júpiter (b) y en cultivo puro (c).

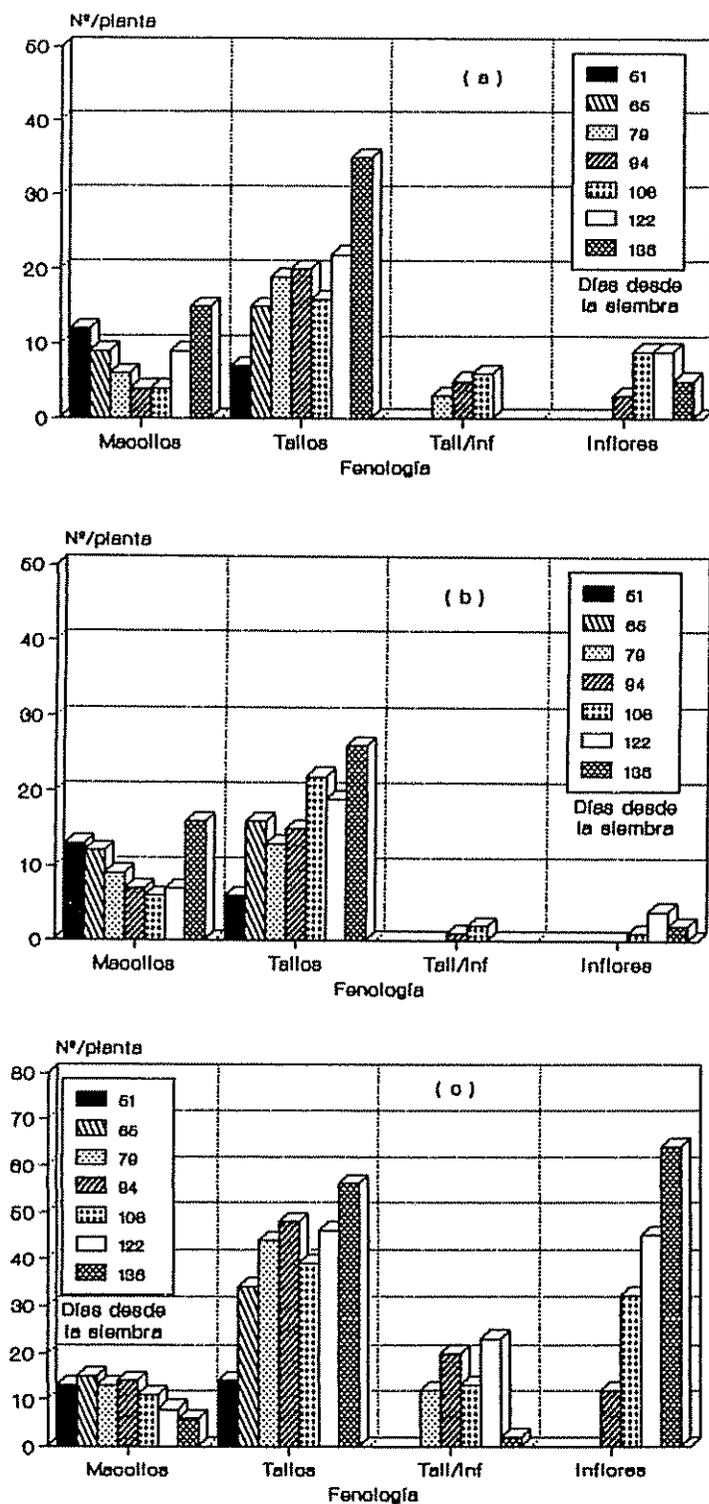


Figura 18. Número de vástagos vegetativos (macollos), en elongación (tallos), en inicio de floración (Tall/inf) y en plena floración (inflores), para *B. dictyoneura* en asocio con soya IAC-8 (a), con Júpiter (b) y en cultivo puro (c).

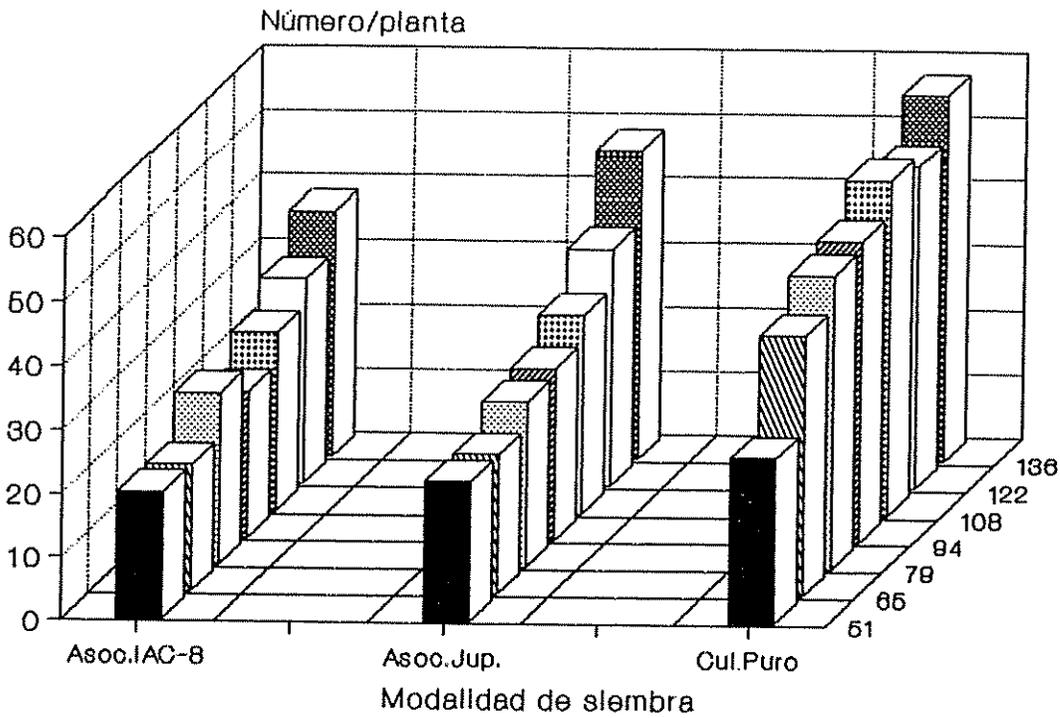


Figura 19. Número total de vástagos para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8, con Júpiter y en cultivo puro.

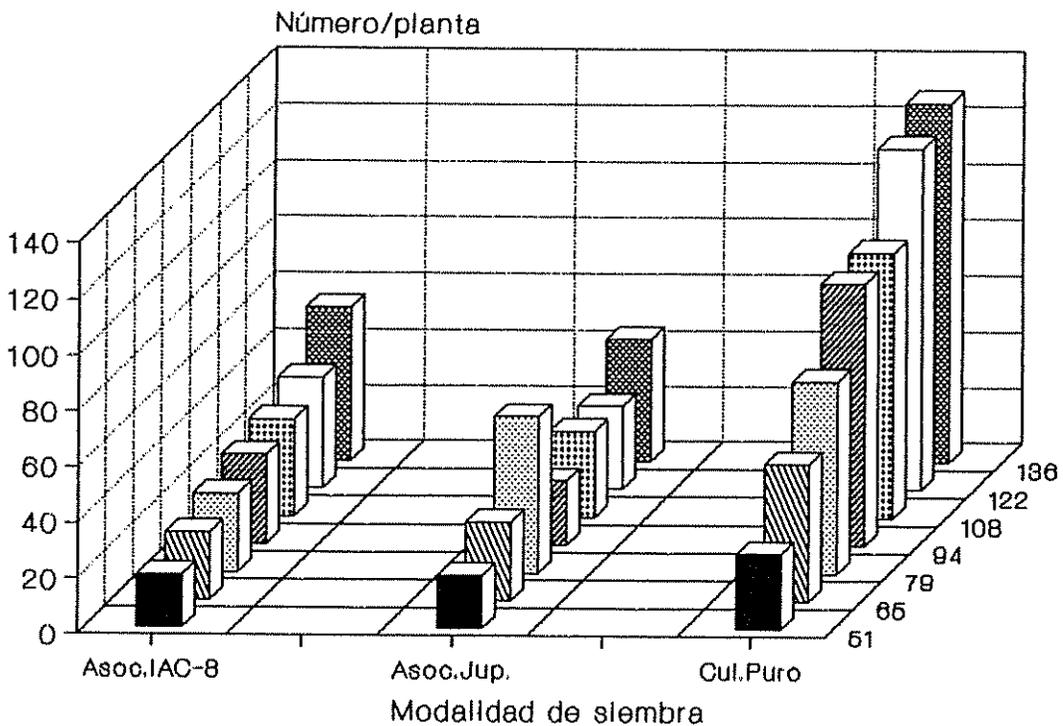


Figura 20. Número total de vástagos para *B. dictyoneura* en asocio con soya IAC-8, con Júpiter y en cultivo puro.

En *B. dictyoneura* asociada, la tendencia es similar a lo que sucede en *B. brizantha*. El número de macollos tiende a disminuir hasta los 100 días y posteriormente comienza un nuevo incremento. En los tallos, el comportamiento es inverso pues éstos aumentan conforme avanza el periodo considerado. Los vástagos florales se manifiestan aproximadamente a los 100 días (Figuras 18a y 18b). En contraste, en el cultivo puro se produce una caída continua en el número de macollos, mientras que el incremento de tallos tiende a estabilizarse a los 120 días (Figura 18c). Comparativamente a los tratamientos asociados con soya, el cultivo puro presenta los mayores valores totales de vástagos (Figura 20), durante todo el periodo experimental, a pesar de iniciarse con el mismo número.

A fin de determinar el momento de plenitud de la fenofase de elongación de vástagos, se consideró la fecha donde la relación de macollos y tallos, fue igual a 1.0. Por otro lado, se consideró que ocurría floración plena cuando se daba la mayor expresión absoluta en el número de inflorescencias, mientras que para el resto de las fenofases, el cambio se tomó a partir de la simple manifestación del evento. Con base en estos criterios, en el Cuadro 21 se presenta los días transcurridos después de la siembra, para la presentación de las diferentes fenofases.

En *B. brizantha* los cambios fenológicos tanto en asocio como en cultivo puro siguen una tendencia similar, presentándose el paso de la fenofase vegetativa a la de elongación entre los 60 y 65 días. En contraste, en *B. dictyoneura*, el comportamiento de los asociados es diferente entre ellos y respecto al cultivo puro. En general, el cambio de la fenofase vegetativa a la de elongación estuvo más retrasada en los asocio que en el cultivo puro.

Cuadro 21. Días transcurridos de la siembra para la manifestación de las fases fenológicas en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, asociadas con soya IAC-8 o Júpiter (JUP) o en cultivo puro (CP).

Fenofase	B. brizantha			B. dictyoneura		
	IAC-8	JUP	CP	IAC-8	JUP	CP
1-Emergencia	8	8	8	12	12	12
2-Vegetativa	11	11	11	15	15	15
3-Elongamiento	65	60	65	60	65	50
4-Inicio Flor.	108	122	108	79	94	79
5-Plena Flor.	136?*	136?	136?	108	122	122

*= indica duda sobre la manifestación de esta fenofase.

Estas fechas medias de cambios fenológicos, superpuestas a las curvas de crecimiento para los cultivos puros de ambas gramíneas, indican que el aumento en los incrementos de biomasa comienzan a partir de la elongación de vástagos, haciéndose aún mayores desde el inicio de la floración (Figuras 21 y 22).

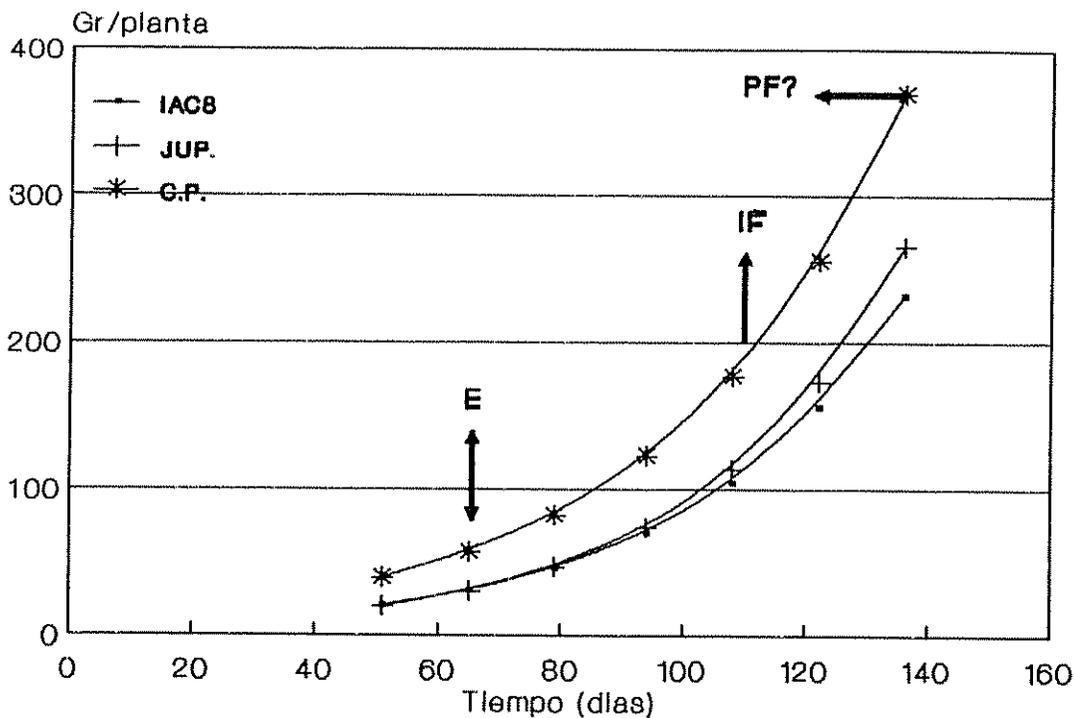


Figura 21. Fechas medias de inicio de las fenofases de elongación (E), inicio de floración (IF) y plena floración (PF), para *B. brizantha* en asocio con soya IAC-8 y Júpiter y en cultivo puro.

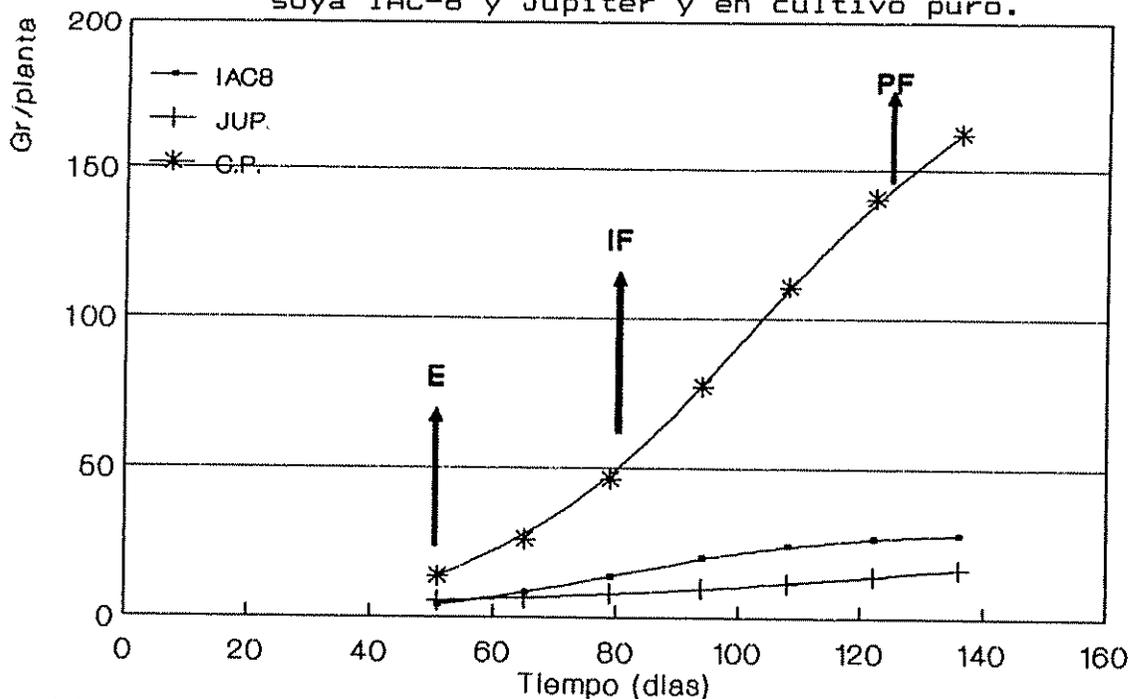


Figura 22. Fechas medias de inicio de las fenofases de elongación (E), inicio de floración (IF) y plena floración (PF), para *B. dictyoneura* en asocio con soya IAC-8 y Júpiter y en cultivo puro.

Es importante resaltar que a consecuencia de haber realizado la siembra de las repeticiones con una diferencia de 15 días una de otra, la manifestación de los estadios fenológicos y principalmente la iniciación de la floración fue variable, adelantándose en 15 días aproximadamente de una a otra siembra (Figura 23). Así en *B. brizantha* este evento se presentó a los 136 (? aún no manifestada), 122 y 108 días, mientras que en *B. dictyoneura* correspondió a 108, 94 y 79 días, para las repeticiones I, II y III, respectivamente.

Al considerar la fecha de inicio de floración, independientemente de la siembra de cada repetición, se observa que en *B. dictyoneura* se presenta entre la tercera semana de abril y la primera de mayo, mientras que en *B. brizantha* lo hace entre la tercera semana de mayo y la primera de junio. Este comportamiento estaría indicando que la floración responde a un estímulo climático.

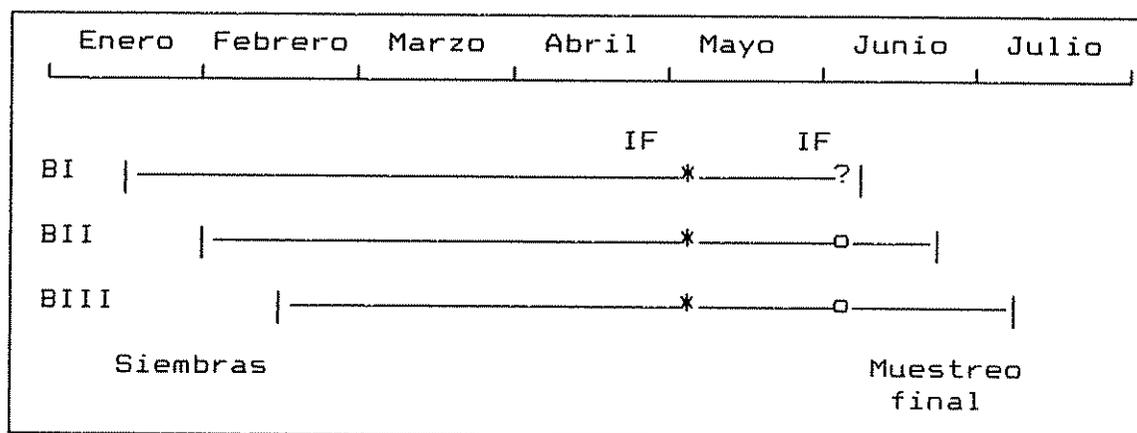


Figura 23. Fecha de inicio de floración (IF) para *B. brizantha* (*) y *B. dictyoneura* (o), en las repeticiones BI, BII y BIII.

4.3.10 Índices de crecimiento para los componentes morfológicos, fisiológicos y agronómicos.

4.3.10.1 Componentes morfológicos.

El índice de área foliar (IAF) correspondiente a cada una de las gramíneas por modalidad de siembra, se presenta en el Cuadro 25.

Debido a que la superficie destinada a cada planta de gramínea fue similar, independientemente de los tratamientos, el IAF presenta tendencias similares a las descritas para el área foliar.

4.3.10.2 Componentes fisiológicos.

Los valores para los índices de crecimiento relativo de la biomasa (ICR), de crecimiento relativo del área foliar (ICRAF) y el de asimilación neta (IAN), se presentan en el Cuadro 25.

4.3.10.2.1 ICR.

En *B. brizantha* establecida como cultivo puro, los mayores incrementos relativos de biomasa (ICR) se presentan entre los 51 a 65 días, y luego tienden a declinar a medida que avanza la edad del cultivo. En cambio cuando esta especie estuvo asociada con soya, el mayor valor del ICR se presentó entre los 65 a 79 días, para luego declinar fuertemente y mantenerse casi constante hasta el final del periodo experimental. En esa primer fase, el mayor ICR se observó en el cultivo puro, mientras que en etapas posteriores, prácticamente no se detectaron diferencias entre el cultivo puro y los asociados con soya.

En *B. dictyoneura*, tanto bajo la modalidad de cultivo puro como asociado con soya IAC-8 o Júpiter, el máximo ICR se presenta entre los 51 y 65 días. En esta primera parte del crecimiento, el mayor ICR le correspondió al cultivo puro. Posteriormente, la disminución fue marcada, principalmente en los cultivos asociados a soya, donde incluso se obtuvieron valores negativos (asocio con soya Júpiter entre los 65 y 79 días).

4.3.10.2.2 ICRAF.

En *B. brizantha* el mayor crecimiento relativo del área foliar (ICRAF) se obtuvo entre 51 y 65 días de crecimiento, tanto en los socios como en el cultivo puro. A partir de ese momento las tendencias son diferentes, fue variable en el cultivo puro y en el asocio con soya IAC-8, mientras que se mantuvo en un valor constante cuando estuvo asociado con soya Júpiter. En ese primer periodo, el mayor incremento le corresponde al cultivo puro.

En *B. dictyoneura*, para las tres modalidades de siembra consideradas, el mayor ICRAF se obtuvo en el periodo comprendido entre los 51 y 65 días. A partir de ese momento tendió a disminuir rápidamente, conforme avanzaba la madurez de las plantas. Durante la primera etapa, el cultivo puro presentó los valores máximos del crecimiento relativo del área foliar, mientras que en los periodos siguientes, prácticamente no se presentaron diferencias entre el cultivo puro y los socios con soya.

Cuadro 22. Valores de los índices morfológicos, fisiológicos y agronómicos calculados para *B. brizantha* y *B. dictyoneura* en asocio con soya y en cultivo puro.

Fecha	IAF		ICR		ICRAF		IAN		TPMS	
	B.b.	B.d.	B.b.	B.d.	B.b.	B.d.	B.b.	B.d.	B.b.	B.d.
	Asociado a soya IAC-8									
51-65	0.67	0.22	0.060	0.047	0.056	0.057	0.031	0.033	3.19	1.15
65-79	1.51	0.50	0.072	0.035	0.045	0.027	0.047	0.024	9.87	1.49
79-94	2.85	0.73	0.015	0.028	-0.002	0.018	0.023	0.022	3.50	1.86
94-108	2.80	0.95	0.036	0.014	0.025	0.003	0.036	0.005	12.63	1.28
108-122	4.03	1.05	0.028	0.006	0.019	0.008	0.036	0.015	15.04	0.66
122-136	5.14	1.10	0.023	0.002	0.016	0.014	0.030	0.002	18.10	0.27
	6.47	1.35								
	Asociado a soya Júpiter									
51-65	0.87	0.24	0.049	0.050	0.046	0.072	0.025	0.032	3.18	1.30
65-79	1.70	0.64	0.060	-0.019	0.026	0.018	0.044	0.011	8.46	-0.60
79-94	2.40	0.50	0.028	0.015	0.022	0.004	0.027	0.010	7.01	0.46
94-108	3.20	0.47	0.029	0.024	0.022	0.025	0.029	0.016	10.97	0.98
108-122	4.35	0.69	0.030	0.015	0.022	0.008	0.035	0.014	17.39	0.79
122-136	5.89	0.75	0.029	0.006	0.019	0.008	0.038	0.004	25.04	0.39
	7.63	0.86								
	Cultivo puro									
51-65	0.81	0.28	0.092	0.074	0.088	0.087	0.051	0.089	8.02	4.35
65-79	2.76	0.87	0.051	0.055	0.029	0.057	0.034	0.059	11.50	7.86
79-94	4.17	1.93	0.034	0.035	0.017	0.020	0.028	0.041	13.91	9.30
94-108	5.37	2.58	0.033	0.010	0.025	0.005	0.034	0.015	21.04	3.61
108-122	7.52	2.74	0.020	0.032	0.000	0.022	0.050	0.047	18.38	15.47
122-136	7.55	3.77	0.021	0.004	0.008	0.003	0.032	0.006	25.62	2.57
	8.42	3.95								

ICR= gr/gr/día. ICRAF= cm²/cm²/día. IAN= gr/dm²/día. TPMS= gr/0.25m²/día

4.3.10 2.3 IAN.

En *B. brizantha* bajo la modalidad de siembra de cultivo puro, el mayor valor del índice de asimilación neta (IAN) se presentó en el período comprendido entre los 51 y 65 días, encontrándose valores similares entre los 108 y 122 días. Por otro lado, cuando esta especie estuvo asociada a soya, el máximo valor del IAN se obtuvo más tardíamente (entre los 65 y 79 días). Comparativamente, el mayor valor del IAN se obtuvo en el cultivo puro, mientras que en los restantes períodos los valores del índice no difirieron entre la siembra en asocio con soya y en cultivo puro.

En la especie *B. dictyoneura* establecida en cultivo puro, el mayor valor del índice de asimilación neta se presentó en la etapa de crecimiento comprendida entre los 51 y 65 días, al igual que cuando se encontraba asociada a soya IAC-8 o Júpiter. Posterior a este momento, el IAN comenzó a disminuir a medida que avanzaba la madurez del cultivo, hasta el final del período experimental, siendo mucho más marcada esta disminución cuando estuvo asociada a soya. Sin embargo, durante el primer período considerado (hasta los 65 días) el mayor valor del IAN lo presenta el cultivo puro.

4.3.10.3 Componentes agronómicos.

Los valores de la tasa de producción de materia seca (TPMS), para las gramíneas en cada modalidad de siembra (cultivo puro y asociados a soya IAC-8 y Júpiter) se presentan en el cuadro 25.

En *B. brizantha*, establecida como cultivo puro y en asocio con soya, los valores máximos de la tasa de producción de materia seca (TPMS), se presentaron en el último período experimental, entre los 122 y 136 días. Sin embargo desde los 108 días aproximadamente se presentaron

valores similares en el cultivo puro y en el asocio con soya. Si bien la tendencia general es a un incremento en las tasas de producción de materia seca a medida que avanzaba la edad del cultivo, los mayores valores del índice en las primeras etapas, se presentaron en el cultivo puro.

Para la especie *B. dictyoneura*, el máximo valor de la TPMS se presentó en el cultivo puro en el periodo comprendido entre los 108 a 122 días. Asimismo, en esta modalidad de siembra durante el transcurso del experimento se obtuvieron los mayores valores de la TPMS, los que superaron notablemente a los obtenidos en los asociados con soya IAC-8 y Júpiter.

4.4 Crecimiento de las variedades de soya.

4.4.1 Ajuste de la biomasa aérea producida en soya IAC-8 y Júpiter.

Los datos de biomasa de los cultivares de soya fueron ajustados a un modelo de crecimiento logístico, tanto para el cultivo puro como para los asociados con las gramíneas *B. brizantha* y *B. dictyoneura*. Las curvas con los datos ajustados para la soya IAC-8 y Júpiter, en cada modalidad de siembra, se presentan en las Figuras 24 y 25.

Cuando la soya IAC-8 (Figura 24) estuvo asociada a *B. dictyoneura* o *B. brizantha*, mantuvo un patrón de crecimiento similar al cultivo puro. Sin embargo, los valores de biomasa aérea total fueron diferentes. Esta diferencia se presenta principalmente al comparar los valores obtenidos en los cultivos asociados. Mientras que en el asocio a *B. brizantha* se presentaron los menores valores desde aproximadamente los 80 días, en el asocio con *B. dictyoneura* y en el cultivo puro la biomasa siguió incrementándose, sin encontrarse diferencias entre sus valores.

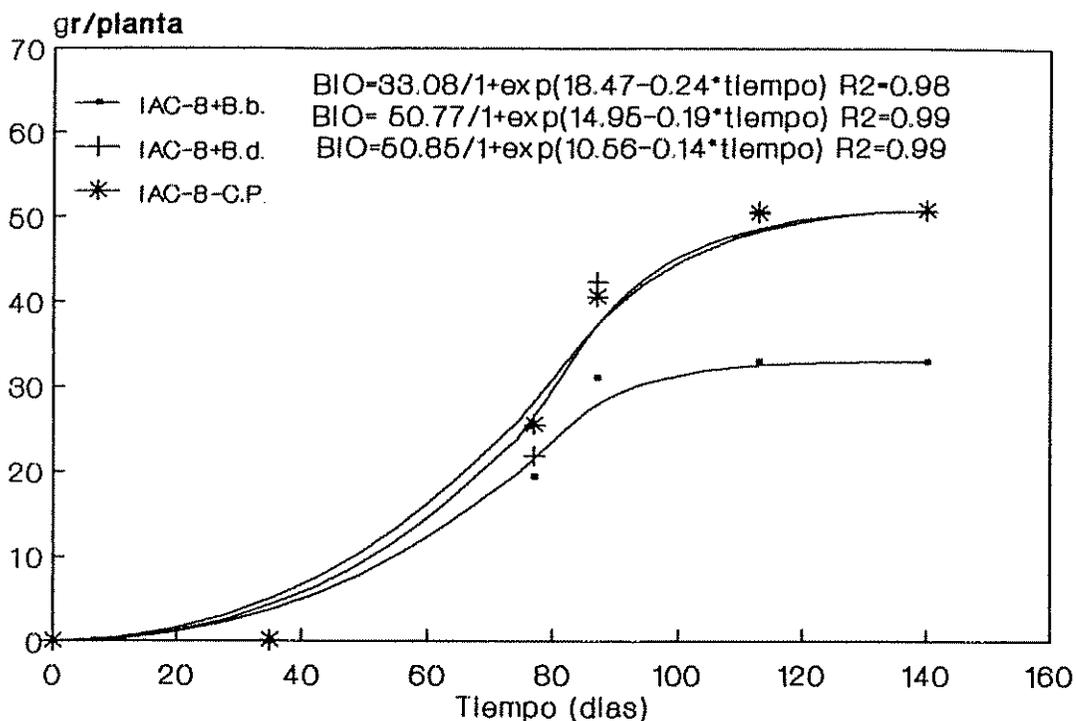


Figura 24. Biomasa aérea ajustada para la soja IAC-8 en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura* y en cultivo puro.

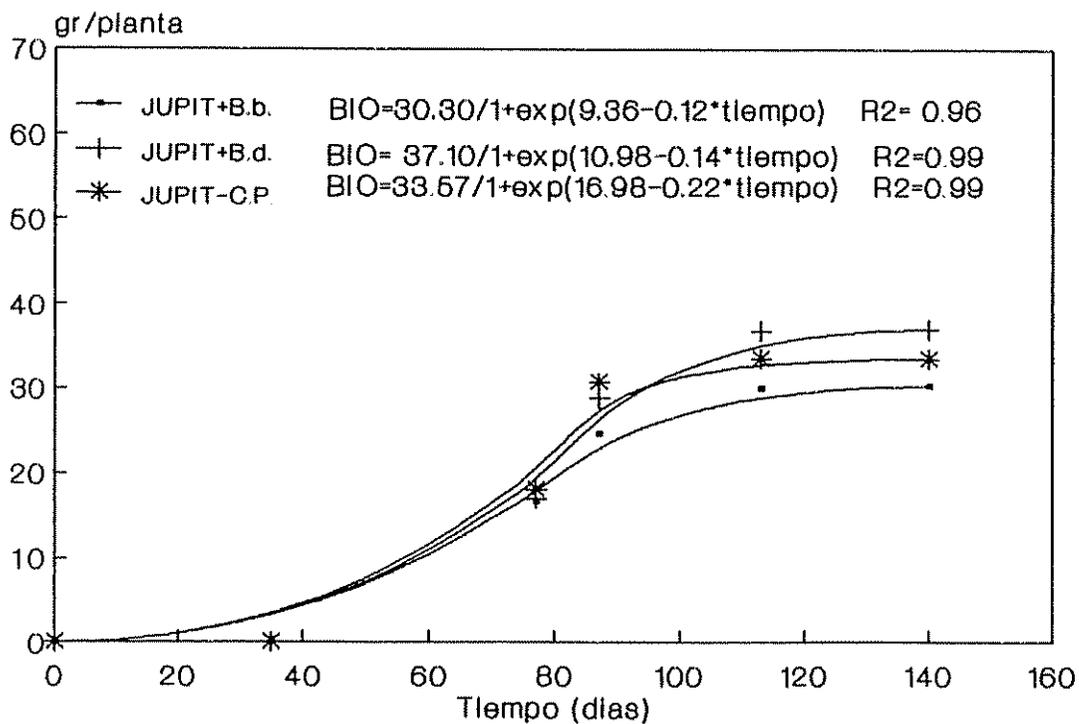


Figura 25. Biomasa aérea ajustada para la soja Júpiter en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura* y en cultivo puro.

En la soya Júpiter (Figura 25) el comportamiento de la biomasa aérea mantuvo una tendencia similar en las tres modalidades de siembra consideradas. A pesar de esto, los mayores valores que ocurrieron hacia finales del periodo experimental (110 días), se presentaron en el asocio con *B. dictyoneura*, mientras que el cultivo puro lo hace con valores intermedios, y el asocio con *B. brizantha* con los más bajos.

4.4.2 Ajuste del área foliar.

Los valores del área foliar obtenidos para cada variedad de soya en asocio a las dos gramíneas y para el cultivo puro, fueron ajustados a un modelo cuadrático. Las curvas se presentan en las Figuras 26 y 27. En ambas variedades de soya las tendencias de los asociados y el cultivo puro fueron similares, obteniéndose siempre los menores valores del área foliar, cuando la soya estuvo asociada a *B. brizantha*, mientras que no existieron grandes diferencias entre el asocio a *B. dictyoneura* y el cultivo puro. A pesar de esto, en todas las modalidades de siembra, la variedad IAC-8 presentó una ligera superioridad respecto a Júpiter, en el área foliar máxima, lo que sucedió cuando el cultivo tenía aproximadamente 85 días de sembrado.

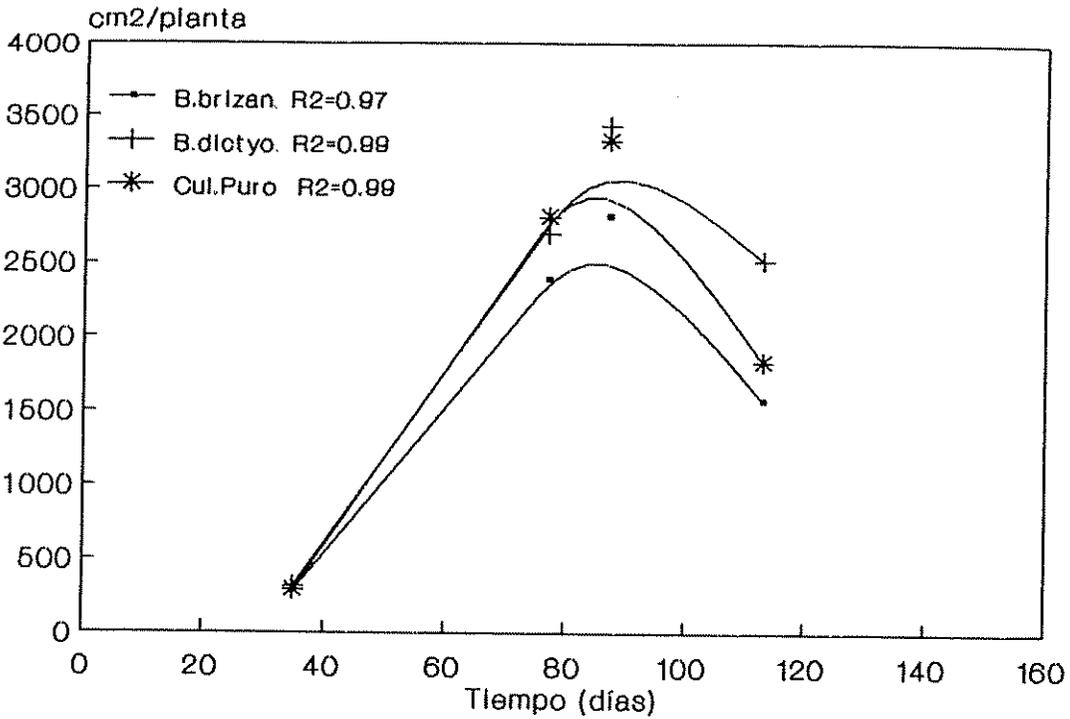


Figura 26. Area foliar ajustada para la soya IAC-8 en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura* y en cultivo puro.

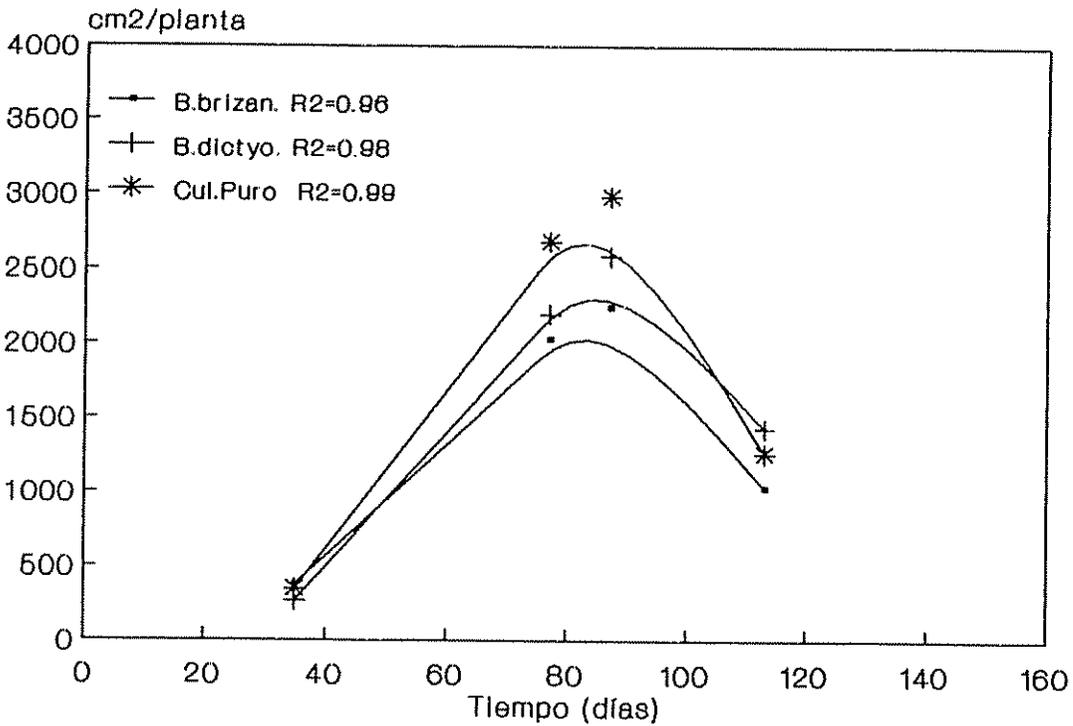


Figura 27. Area foliar ajustada para la soya Júpiter en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura* y en cultivo puro.

4.4.3 Componentes del rendimiento.

Las curvas de los componentes del rendimiento para las variedades de soya IAC-8 y Júpiter, en asocio a las gramíneas y en cultivo puro se presentan en las Figuras 28 y 29.

De manera general, puede indicarse que las tendencias para los componentes tallo, ramas, pecíolo y folíolos, son similares en la soya variedad IAC-8 y en la Júpiter, ya sea en asocio o en cultivo puro. Estos componentes mantienen aportes porcentuales similares durante todos los estadios fenológicos considerados. A pesar de esto, los valores absolutos de los componentes en cada variedad y tratamiento son diferentes. Al comparar los dos cultivares de soya en cada modalidad de siembra correspondiente, se observa que IAC-8 siempre tendió a presentar plantas con mayor peso total, al igual que en el peso de los diferentes componentes que lo integran (tallo, ramas, pecíolos, folíolos, vainas y granos). Sin embargo, cabe anotar que es mayor la disminución en el peso seco del grano de la soya IAC-8 asociada a *B. brizantha*, que cuando se considera a la soya Júpiter bajo la misma situación, tomando en ambos casos como referencia al valor del cultivo puro.

En el estadio fenológico V4, la fracción folíolo realiza los mayores aportes (57%), con una disminución progresiva, conforme avanza el crecimiento, tanto por el aporte realizado por los otros componentes como por la caída de las hojas. Sin embargo, al considerar los valores absolutos de esta fracción para las dos variedades de soya, se observa que en el estadio fenológico R5 se presentaron los mayores valores para el peso de folíolos en el asocio con *B. dictyoneura*, y en el cultivo puro que en el asocio con *B. brizantha* (Cuadro 5A).

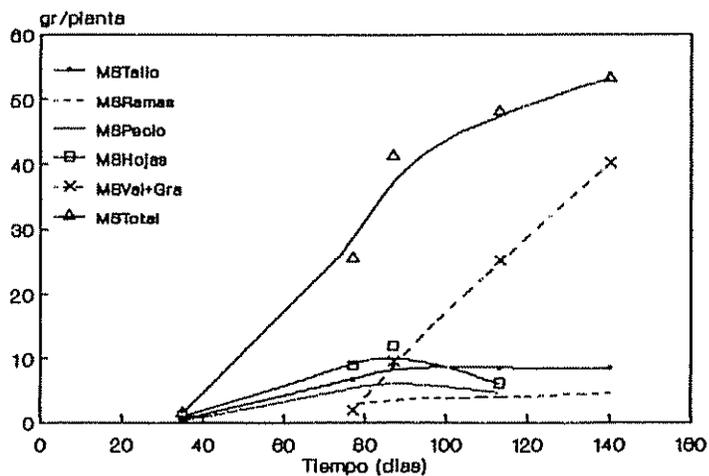
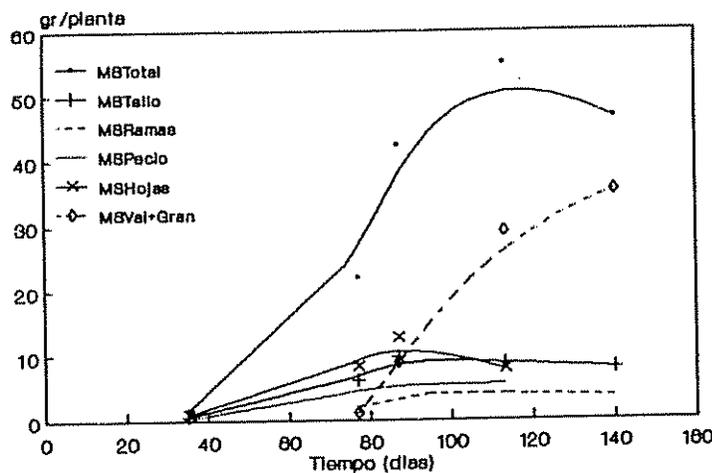
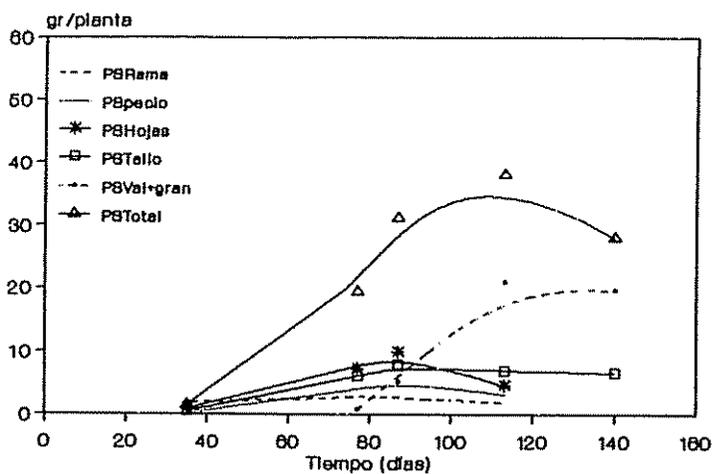


Figura 28. Componentes del rendimiento en soya IAC-8 en asocio con *B. brizantha* (a), con *B. dictyoneura* (b) y en cultivo puro (c).

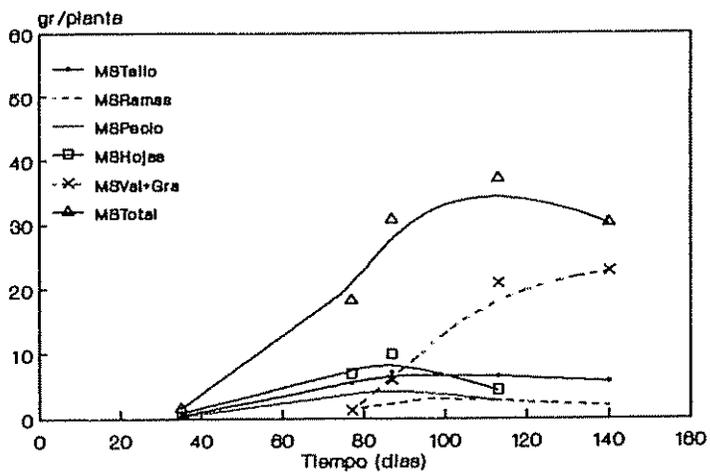
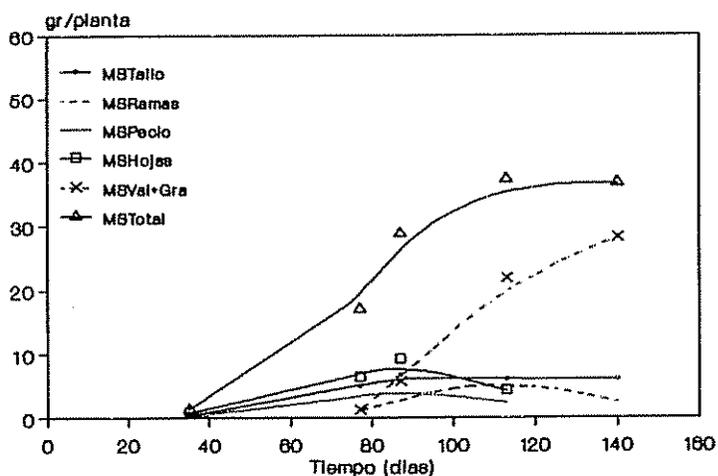
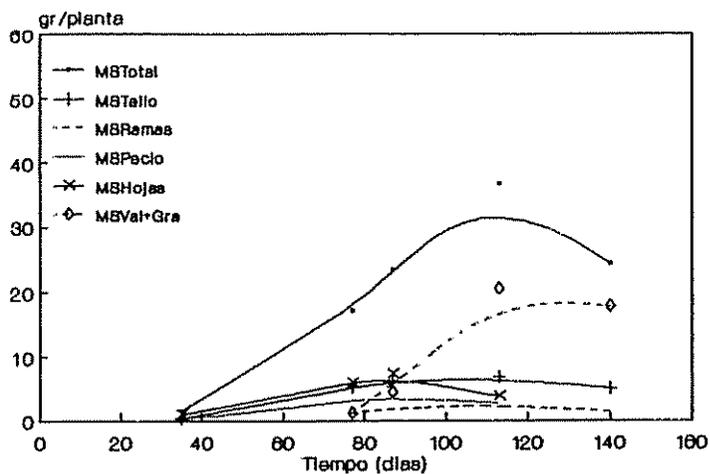


Figura 29. Componentes del rendimiento en soya Jupiter en asocio con *B. brizantha* (a), con *B. dictyoneura* (b) y en cultivo puro (c).

El tallo presentó los mayores aportes (30%) en los primeros estadios fenológicos V4 y R4, disminuyendo lentamente o haciéndose constante hacia la madurez de la planta (Cuadro 5A). Asimismo los aportes absolutos durante el ciclo de vida del cultivo, no presentaron grandes diferencias entre los distintos tratamientos.

La fracción rama, hizo su aparición en el primer estadio reproductivo muestreado (R4), alcanzando su máxima expresión porcentual entre R4 y R5 (9-11%). Este componente estuvo muy relacionado con la fracción vaina, pues es en ellos donde se presenta la floración y posterior fructificación. Asimismo, en este componente existió una tendencia marcada a disminuir cuando las variedades de soya estuvieron asociadas con *B. brizantha*, que cuando estuvieron creciendo junto con *B. dictyoneura* o en el cultivo puro.

Los peciolos llegaron a aportar como máximo un 20% del peso total en R4. Sin embargo, y del mismo modo que en el componente folíolo, esta fracción también incrementó el peso seco absoluto hasta el estadio R5, y fue más afectado en ambas variedades de soya por el asocio con *B. brizantha* que con *B. dictyoneura* (Cuadro 5A).

Las diferencias entre socios y cultivo puro en los aportes porcentuales de cada componente al peso seco total, se presentaron en el último estadio muestreado (R8), coincidente con la madurez del grano. Así, cuando las variedades de soya se encontraban asociadas a *B. brizantha*, el aporte porcentual realizado por el grano fue ligeramente menor (70% en IAC-8 y 73% en Júpiter), respecto al asocio con *B. dictyoneura* (76% en IAC-8 y 77% en Júpiter) y al cultivo puro (75% en ambas). Asimismo, no se presentaron diferencias al comparar el asocio con *B. dictyoneura* y el cultivo puro de las variedades de soya.

4.4.4 Producción de grano.

Los rendimientos en grano, obtenidos para la soya en asocio y cultivo puro, muestran con más claridad lo sucedido en la producción de biomasa total y el porcentaje aportado por el grano, cuando se encontraba asociada a una u otra gramínea (Cuadro 23). Siempre que la soya estuvo asociada a *B. brizantha*, los rendimientos medios de grano fueron inferiores a los obtenidos en el asocio con *B. dictyoneura* y el cultivo puro. Entre estos dos últimos no se presentaron diferencias significativas. Los porcentajes de disminución en la producción de grano fueron siempre superiores cuando la soya estuvo asociada a *B. brizantha* (40% a 50%).

Cuadro 23. Producción de grano en soya IAC-8 y Júpiter en asocio y cultivo puro en kg/ha.

Modal. siembra	IAC-8	R.R.*	Júpiter	R.R.
Cultivo puro	2707 a**	100	2480 a	100
<i>B. dictyoneura</i>	2362 a	87	2463 a	99
<i>B. brizantha</i>	1300 b	48	1496 b	60

*= Rendimiento relativo.

** = letras iguales no difieren significativamente ($P < 0.05$), según la prueba de "t".

4.4.5 Indices de crecimiento.

Los diferentes índices para los componentes morfológicos, fisiológicos y agronómicos, para los dos cultivares de soya, en asocio y cultivo puro, se presentan en el cuadro 9A.

4.4.5.1 Índices para los componentes morfológicos.

4.4.5.1.1 Índice de Área Foliar (IAF).

La tendencia general del IAF fue a incrementarse hasta el estadio fenológico R5, luego del cual disminuyó. En soya IAC-8 los mayores valores se presentaron en el cultivo puro (4.01) y en el asocio con *B. dictyoneura* (4.08). En contraste, en el asocio con *B. brizantha* el IAF llegó a un valor máximo de 3.70. Por otro lado, la soya Júpiter presentó un patrón similar, con el mayor índice en el cultivo puro (5.60), seguido del asocio con *B. dictyoneura* (4.23) y finalmente el asocio con *B. brizantha* (3.19).

4.4.5.2. Índices para los componentes fisiológicos.

4.4.5.2.1 Índice de Crecimiento Relativo (ICR).

A medida que avanzaban los diferentes estadios fenológicos, el ICR tendió a disminuir, tanto en los asociados como en cultivo puro. De esta manera el mayor ICR se presentó entre V4 y R4, mientras que los incrementos se volvieron negativos entre R6 y R8, salvo para el cultivo puro de soya IAC-8. Es necesario resaltar que en el asocio con *B. dictyoneura* y el cultivo puro, en el período siguiente (R4 y R5), el ICR tendió a mantener valores similares en ambos sistemas de cultivo (Cuadro 6A).

4.4.5.2.2 Índice de Crecimiento Relativo del Área Foliar (ICRAF).

El índice de crecimiento del área foliar (Cuadro 6A) presentó un patrón similar al ICR, con los mayores valores de ICRAF entre V4 y R4. Considerando este mismo período, se muestra que los menores valores se obtuvieron cuando las dos variedades de soya estuvieron asociadas a *B. brizantha*.

4.4.5.2.3 Índice de Asimilación Neta (IAN).

Los mayores valores para el IAN (Cuadro 6A), en el caso de las variedades de soya IAC-8 y Júpiter, se presentaron entre los periodos R4 y R5, tanto para el asocio con *B. dictyoneura* como para el cultivo puro; mientras que en el asocio con *B. brizantha* el valor más alto de IAN se presentó entre los estadios fenológicos V4 y R4. A partir de este estadio el IAN tendió a disminuir.

4.4.5.3 Índices para los componentes agronómicos.

4.4.5.3.1 Tasa de Producción de Materia Seca (TPMS).

Los mayores valores en la TPMS (Cuadro 6A) se presentaron entre los estadios reproductivos R4 y R5, para ambas variedades de soya y los tratamientos considerados. Por otro lado, en el asocio con *B. brizantha*, tanto la soya IAC-8 como la Júpiter, siempre registraron menores tasas de producción de materia seca, que las obtenidas para el cultivo puro o el asocio con *B. dictyoneura*.

4.6. Análisis conjunto del asocio.

El índice de Uso Equivalente de la Tierra (UET), utilizado para la comparación de los socios, fué elaborado en base a los valores de biomasa aérea de cada uno de los componentes del asocio y del cultivo puro (Cuadro 24). Para la gramínea se tomó el rendimiento en biomasa aérea máxima, mientras que para la soya se utilizó la biomasa presente en el último muestreo (R8), donde está contemplado el peso del grano, que representa el valor comercial de la producción. También se determinó el UET considerando solamente la producción de grano de la soya.

Cuadro 24. Índice de uso Equivalente de la Tierra (UET) determinado en base a la producción de biomasa de los asociados y cultivo puro o a la biomasa en la gramínea y grano en soya.

Asocio	UET	
	Bio+Grano*	Bio+Bio**
<i>B. brizantha</i> + Júpiter	1.37	1.40
<i>B. brizantha</i> + IAC-8	1.13	1.22
<i>B. dictyoneura</i> + Júpiter	1.10	1.13
<i>B. dictyoneura</i> + IAC-8	1.04	1.03

*=en base a biomasa aérea total de gramínea y grano de soya.

**=en base a biomasa aérea total de gramínea y soya.

Los asociados siempre presentaron valores superiores a 1.0 para el índice de uso equivalente de la tierra (UET). Los máximos valores del UET se obtuvieron en el asocio de la gramínea *B. brizantha* y soya Júpiter, mientras que el asocio de *B. dictyoneura* con soya IAC-8 prácticamente no presentó ventaja sobre los cultivos puros.

5.DISCUSION

5.1 Crecimiento y biomasa aérea máxima en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

Las diferencias en los incrementos y las producciones máximas de biomasa aérea obtenidas en las dos gramíneas, cuando estuvieron asociadas o creciendo bajo sombra simulada y en cultivo puro, como lo indicó la interacción modalidad de siembra por tipo de gramínea empleada, representa la diferente habilidad de adaptación de cada especie para superar las situaciones de estrés a las que fueron sometidas.

Existe una gran variación en la habilidad de muchas gramíneas tropicales para tolerar condiciones de sombra, pero en términos generales, todas tienden a mostrar un menor crecimiento en sombra que a plena luz (Ludlow et al, 1974; Shelton, 1987). El comportamiento de las gramíneas en el presente trabajo, fue coincidente con este concepto, puesto que siempre mostraron una producción de biomasa menor cuando crecieron bajo sombra simulada o en asocio, respecto al cultivo puro.

Comparativamente, tanto los incrementos como las producciones máximas de las gramíneas en los asociados y en los tratamientos en los que se simulaba la sombra ajercida por la soya, respondieron a patrones distintos. Así, *B. brizantha* incrementó más su biomasa aérea cuando estuvo asociada que cuando creció bajo las mallas que simulaban la sombra ejercida por la soya, mientras que sucedió todo lo contrario en *B. dictyoneura*.

Para explicar este comportamiento diferente de las especies de gramíneas, no solamente se debe considerar la

competencia por luz, como había sido propuesto anteriormente, sino también el hábito de crecimiento de las especies y el efecto favorable o desfavorable del asocio con relación a los otros factores limitantes presentes en el asocio, como son las competencias por espacio físico, nutrientes, agua, etc.

B. brizantha responde con un mayor crecimiento cuando está asociada a cualquiera de las variedades de soya, que cuando crece bajo mallas. Con base en este comportamiento se puede catalogar a esta especie como la de mayor éxito en el asocio (Baruch y Fisher, 1988; Vandermeer, 1989), debido a su buena adaptación para competir por luz, llegando a obtenerse valores aceptables de rendimiento relativo de biomasa en el asocio (65 y 67%, para el asocio con IAC-8 y Júpiter, respectivamente), comparado con el cultivo puro.

De acuerdo a lo anterior, *B. brizantha* estaría capacitada para hacer un uso más eficiente de los recursos limitantes tales como el nitrógeno o el agua, cuando se encontraba asociada a las variedades de soya, que cuando estuvo creciendo bajo la simulación de sombra. En este sentido existen evidencias del efecto favorable de la sombra sobre el balance de movilización/inmovilización del N del suelo, sobre la captación del N por las gramíneas, y sobre la transferencia biológica del nitrógeno fijado por las leguminosas (Wilson, 1986). Con respecto a este último punto, y como lo menciona Jehne (1980), existen efectos benéficos de algunos microorganismos asociados como las micorrizas que ayudarían a aliviar diversos tipos de estrés en las plantas. Asimismo, van Kessel et al (1989), demostraron en asociados soya-maíz que hay transferencia directa de nitrógeno de la soya al maíz, y que además ésta se efectúa a través de micorrizas vesículo-arbusculares. Este último mecanismo estaría presente en el asocio.

Por otro lado, la creación de un microclima en el asocio, donde las condiciones ambientales básicamente se caracterizan por reducción de la radiación solar incidente y de la evaporación, y en menor grado por una disminución de la temperatura y un aumento de la humedad relativa, tienden a favorecer a estos procesos (Fuenmayor, 1985).

Cuando *B. brizantha* creció bajo el efecto de la sombra simulada, donde existían condiciones para que actúe la liberación de N del suelo, la presencia de las mallas determinó que hubiera una disminución en la radiación incidente en la parte superior del dosel y ninguna parte de la planta pudo tener acceso a intensidades mayores, como sucedió en el asocio, en el que algunas hojas de la gramínea superaron el dosel de la soya. Por esta causa, en los cultivos bajo simulación, la mayoría de las hojas presentaron posiblemente, una tasa de fotosíntesis neta más baja (Jones, 1985; Ludlow y Wilson, 1971).

En este comportamiento tiene mucha importancia el hábito de crecimiento semi-erecto de la especie, que bajo competencia por luz, rápidamente puede crecer y superar en altura al cultivo asociado (soya), ocupando totalmente su espacio vertical, pasando de una situación inicial de dominado a dominante (Vandermeer, 1989).

Cuando *B. brizantha* crece en cultivo puro, como sería lógico esperar, los incrementos son mayores, básicamente por la existencia de un solo tipo de competencia (intraespecífica). Por esta causa, y debido a que se mantuvo la misma densidad de siembra para la gramínea en asocio que para el cultivo puro, el espacio destinado para su crecimiento tuvo que ser compartido con las plantas de soya, reduciéndose de esa manera su producción.

B. dictyoneura respondió con una menor producción de biomasa cuando estuvo asociada, que cuando creció bajo la sombra simulada de las dos variedades de soya. En este comportamiento también se debe tener presente el hábito de crecimiento postrado de *B. dictyoneura*, que hace que ocupe más rápidamente el espacio horizontal que el vertical, además de que presenta un crecimiento inicial más lento (Franco, et al, 1990).

Bajo este punto de vista, esta gramínea estaría en desventaja para competir exitosamente por luz con la soya, puesto que ésta ejerce un efecto negativo al interceptar mayor radiación, reduciendo la capacidad fotosintética de *B. dictyoneura* y por lo tanto, su habilidad para utilizar los recursos limitantes.

Este efecto negativo de la soya se comprueba al comparar los porcentajes de disminución en la producción de la gramínea (84% en IAC-8 y 90% en Jupiter), valores que casi duplican a los obtenidos bajo sombra simulada (44% y 56%, respectivamente).

En las parcelas con las mallas, *B. dictyoneura* pudo ocupar totalmente todo el espacio horizontal y ampliar de esta manera, dentro de ciertos límites, su área fotosintética y disminuir el efecto negativo de la menor radiación incidente. Aquí también actuaría el mecanismo de liberación de N, el que sería aprovechado eficientemente.

En el asocio, además de la competencia por luz, existen otros factores tales como espacio físico, nutrientes, agua, etc., no dilucidados por el experimento, que ejercen un efecto negativo mayor. El comportamiento de *B. dictyoneura* indica su poca habilidad para crecer en asocio con soya, a la densidad de siembra utilizada.

Teniendo en cuenta lo anterior, para las dos gramíneas podría indicarse que luego de cosechada la soya, *B. brizantha* estaría en condiciones de ser aprovechada inmediatamente por los animales, mientras que para *B. dictyoneura* habría que esperar un tiempo prudencial hasta lograr un mejor establecimiento de la pastura.

5.2 Modelos de crecimiento en *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.

Los modelos a los cuales ajustaron cada una de las gramíneas, indican que difirieron no solo en los incrementos si no también en la manifestación de las etapas clásicas del crecimiento. Mientras que *B. brizantha* se encontraba aún en la fase de crecimiento exponencial durante los 136 días que duró el ensayo; en contraste, en el mismo periodo *B. dictyoneura* alcanzó los incrementos máximos más temprano, llegando a la fase de estabilización. Comparativamente a los asociados, los cultivos puros siempre presentaron los mayores incrementos en biomasa.

En el cultivo puro de *B. brizantha*, si bien solamente se manifestó la fase exponencial, posiblemente se haya alcanzado la máxima expresión del rendimiento al finalizar el periodo experimental de 136 días, mientras que en los asociados para llegar a ese mismo nivel de producción se necesitará un mayor tiempo. Esto demuestra que la competencia ejercida por el asocio, extiende la duración de la fase de crecimiento rápido (hasta el punto de inflexión), aunque posteriormente los incrementos se igualen (Crowder y Chheda, 1982).

Esta posible equiparación se evidencia, ya que en los asociados se produce un aumento en los incrementos después de los 95 días, manifestados por la TPMS, como consecuencia de la disminución de la interferencia de luz por la soya (caída

de hojas) y una mejor utilización de los recursos, por parte de la gramínea. Aquí se plantearía el interrogante de que si luego de la cosecha de la soya, la gramínea podrá superar al crecimiento obtenido en el cultivo puro, ya que se encontraría con un suelo que ha sido enriquecido en materia orgánica y nitrógeno, por la caída de hojas y por las partes no cosechadas de la soya, principalmente la raíz con sus nódulos (Vandermeer, 1989).

En *B. dictyoneura*, los conceptos vertidos anteriormente son mucho más evidentes, puesto que tanto en el cultivo puro como en el asocio se presenta el mismo patrón de crecimiento, diferenciados no solamente en el valor de los incrementos de biomasa, si no también en el momento de manifestación de los mismos (TPMS). Por lo tanto es lógico esperar un segundo crecimiento en los asociados, luego de finalizado totalmente el periodo de competencia, donde se podría llegar a igualar o superar al máximo crecimiento obtenido en el cultivo puro.

Esto refuerza aún más, el concepto de que se tiene que esperar un periodo para que la pastura pueda ser utilizada por los animales, tal vez no tan largo como el inicial debido al crecimiento potencial presente. Este tiempo adicional referido representa un valor económico, que debe ser considerado en los análisis respectivos.

5.3 Area foliar.

El área foliar mantiene una tendencia similar al crecimiento de la biomasa, considerando las diferencias existentes entre los cultivos puros y asociados de las gramíneas.

En el cultivo puro de *B. brizantha*, el área foliar ha alcanzado su máxima expresión debido posiblemente al

comienzo del estadio fenológico de floración, por lo que es de esperar que no se producirán incrementos en el tamaño ni una nueva aparición de hojas, como también por la senescencia de las hojas basales, aunque su peso relativo con respecto a la biomasa total sea mínimo (Tesar, 1984).

Un incremento en el área foliar de *B. brizantha*, sólo sería posible si se produce una nueva aparición de vástagos vegetativos, fenómeno que sucede en los asociados, donde el área foliar aún sigue incrementándose como consecuencia de una activación de la corona, debido a una mayor entrada de luz. Este comportamiento también puede apreciarse en los aumentos del área foliar, mientras que el ICRAF luego de su ascenso entre los 94 y 108 días, mantiene valores constantes.

Tanto en el cultivo puro como en los asociados de *B. dictyoneura* se produce un comportamiento similar al de *B. brizantha*. Se debe resaltar el hecho de que en los asociados se evidencia un incremento, aunque a tasas constantes, hacia finales del período experimental. Esto indicaría que se presenta una nueva etapa de crecimiento del área foliar. Esto también está demostrado por el mayor incremento del índice de área foliar en los cultivos asociados, y del ICRAF, aunque este último es más variable.

En general, la literatura cita un aumento del área foliar bajo sombra, aunque esto es muy dependiente de la especie considerada, de su tolerancia a la sombra, y del costo de mantenimiento del sistema fotosintético (Wilson, 1982; Shelton et al, 1987). En este experimento, los valores del área foliar y del IAF, tanto bajo sombra simulada como en el asocio, fueron menores a los obtenidos a pleno sol. Estos resultados estarían indicando que el efecto del asocio fué fuertemente negativo para esta variable, principalmente en *B. dictyoneura*.

En general los valores del IAF obtenidos en la tratamientos de simulación, no difirieron de los logrados en los cultivos puros.

B. brizantha ha sido clasificada como una especie de tolerancia media a la sombra (Santhirasegaram, 1967 citado por Shelton, et al 1987), mientras que para *B. dictyoneura* no se tienen referencias. Con base en los resultados de este ensayo y considerando principalmente el efecto de sombra (simulaciones), *B. dictyoneura* también podría ser ubicada como una especie de tolerancia media a la sombra, sin embargo se sugiere que su empleo en el asocio con árboles, sea restringido a aquellos que no intercepten demasiada radiación (árboles de copa abierta). Este comportamiento también ha sido observado en otras especies de hábitos postrados (Shelton et al, 1987).

Un hecho al cual no se encontró una explicación lógica, fué la diferencia observada en en *B. brizantha* en cuanto al área foliar, cuando se comparan los tipos de material de multiplicación, sexual y asexual. Esto estaría indicando que el material sexual invierte una mayor parte de su energía en formar más hojas.

5.4 Componentes del rendimiento, relación H/T y fenología.

El tallo y la hoja siempre presentaron comportamientos inversos. Al inicio del crecimiento, la biomasa consistió totalmente de hojas y de un pseudotallo, este momento coincidió con la mayor relación H/T y con el estadio de formación de vástagos vegetativos. En esta esta etapa existió un efecto marcado de competencia en el asocio, que se reflejó en la disminución del número de vástagos vegetativos iniciales, siendo más marcada en *B. brizantha*. Este comportamiento estuvo asociado al efecto del sombreado,

como fué reportado por Ludlow et al, 1974 y Wong y Wilson, 1980.

A medida que va transcurriendo el tiempo, el tallo comenzó su crecimiento en altura y realizó un aporte mayor a la biomasa, haciendo disminuir rápidamente la relación H/T a valores inferiores a 1.0. Esto se presentó cuando las plantas se encontraban en el estadio fenológico de elongación de vástagos, momento en el cual la relación de vástagos vegetativos a elongados se invierte (Crowder y Chheda, 1982). La caída de la relación H/T en *B. brizantha* fue mayor e independiente del asocio, debido tanto al mayor crecimiento en altura, como al mayor peso y posiblemente a la mayor lignificación de los tallos.

En *B. dictyoneura* se observó un efecto benéfico del asocio en la relación H/T, al mantenerla por mayor tiempo con valores superiores a la unidad. Este comportamiento estaría relacionado con la producción de tallos más delgados y livianos, acompañado de una disminución en su número. Por el contrario, en el cultivo puro los valores iniciales de la relación H/T (< a 1.5) fueron más bajos, y la disminución en el tiempo fue rápida. Los valores obtenidos en el cultivo puro indican el aporte cada vez menor de las hojas y mayor de los tallos, debido básicamente al hábito de crecimiento postrado de *B. dictyoneura*, donde prevaleció la producción de estolones de crecimiento indefinido sobre la de hojas.

↳ Durante las fases fenológicas de inicio y plenitud de floración los valores de la relación H/T siguieron disminuyendo en ambas gramíneas, conforme aumentaba el número de tallos y se reducía el de macollos. Vallejos (1988) reporta valores de relación H/T superiores para *B. dictyoneura* e inferiores para *B. brizantha*, que los encontrados en este experimento, pero para pasturas ya establecidas y sometidas a cortes cada seis semanas.

La relación H/T ha sido asociada a la calidad de la planta, siendo alta al inicio cuando las plantas están inmaduras y el tallo tiene la misma calidad que las hojas y baja cuando las plantas han madurado (Wong y Wilson, 1980, 1982; Crowder y Chheda, 1982). Bajo este criterio podría esperarse que *B. brizantha* presente una menor calidad al momento de su aprovechamiento por el ganado, mientras que en *B. dictyoneura* sucedería lo contrario. Este concepto estaría fundamentado con los valores de PC y DIVMS que reporta Vallejos (1988), para las fracciones hoja, tallo y planta entera, los que fueron menores en *B. brizantha*, que en *B. dictyoneura*.

5.5 Muestreos en relación a la fenología.

En el presente estudio se optó por un muestreo cronológico (cada 14 días) en el caso de las gramíneas, al no existir indicaciones equivalentes a las disponibles para soya, maíz y otros cultivos (IBSNAT, 1980). El número de muestras tomadas a intervalos fijos durante el experimento, parecieron ser más que suficientes para elaborar una curva de crecimiento. Debido a esto el autor considera que los muestreos pueden hacerse coincidir con aquellas fenofases donde se produce realmente un cambio manifiesto en la biomasa, de tal manera que con menores puntos se pueda elaborar la curva de crecimiento de estas especies.

Las curvas de crecimiento de los cultivos puros de *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, demuestran que los momentos de mayor incremento en biomasa, o los cambios en las pendientes ocurren cuando se producen las fenofases de elongación, inicio de floración, plena floración y fin de floración (Noggle y Fritz, 1983). Estos momentos pueden considerarse como claves para efectuar los muestreos de biomasa, y elaborar la curva de crecimiento. Un momento adicional de muestreo estaría entre emergencia y elongación, de tal

manera de tener un punto que ayude a caracterizar el crecimiento inicial.

5.6 Floración y condiciones climáticas.

La ocurrencia de la fenofase de floración en las dos especies, independientemente del momento de siembra, motivó a pensar que la misma pueda ser inducida por algún evento climático.

La literatura reporta que una gran mayoría de las especies tropicales de pastos, por su origen, son indiferentes a la longitud del día o responden a condiciones de días cortos (Crowder y Chheda, 1982). Otras especies responden a una combinación de longitud del día y temperatura, a la edad, etc.; mientras que unas pocas especies son de días largos (Humphreys y Riveros, 1986).

B. brizantha y *B. dictyoneura*, presentaron en el experimento su inicio de floración durante el período en que ocurrieron aumentos en la longitud del día (Mayo a Junio). Esto coincide con observaciones realizadas en Colombia (Quilachao, Carimagua y Popayan, a más de 3^{ra} L. N.) y Perú (Tapoto a 6^{ra} y Pucallpa a 8^{ra} L.S.). Este último sitio se aproxima a la latitud de Turrialba (10^{ra} L.N.), de Atenas y de San Isidro del General en Costa Rica, donde florecen más o menos en la misma época. Entre los 5^{ra} y 10^{ra} existe una variación de 0.60 a 1.20 h, entre la mayor y menor duración del día. Existe evidencia de que las plantas pueden percibir diferencias en la longitud del día de hasta 0.15 a 0.25 h (Humphreys y Riveros, 1986).

Dirven et al (1979) no encontraron una respuesta contundente en *B. brizantha* a diferentes longitudes del día, puesto que el mismo número de inflorescencias estuvo

presente en todos los tratamientos fotoperiodicos (10 a 14 h) a que fué sometida.

Por otro lado, la floración en *B. dictyoneura* se inicia inmediatamente después de un período de mínimas precipitaciones, mientras que en *B. brizantha* cuando comienza a aumentar la frecuencia e intensidad de la lluvias. Este comportamiento ha sido observado en Atenas y San Isidro, Costa Rica (CIAT, datos no publicados), lo que sugiere que la floración en estas especies puede responder a un estrés hídrico, hecho que sería más claro en *B. dictyoneura* que en *B. brizantha*. Sobre este aspecto, puede tener incidencia el hecho de que ambas especies son tolerantes a periodos de sequía (Eggeling, 1947; Ibrahim et al, 1987)

Al no haber pruebas específicas en este estudio ni en la literatura consultada, respecto a los factores que inducen la floración en estas especies, se sugiere estudiar este aspecto, por la importancia que ello tiene en el crecimiento de las especies y en la planificación de estrategias de producción de semillas.

5.7 Crecimiento de los cultivares de soya.

El crecimiento de las dos variedades de soya respondió al efecto del asocio de manera diferente, según este asociada a *B. brizantha* o *B. dictyoneura*. Cuando la soya estuvo asociada a *B. dictyoneura* no se presentaron diferencias en el crecimiento respecto del cultivo puro, demostrando que compiten exitosamente frente a esta gramínea. Por este motivo, se considera que ambos cultivares de soya actuaron como dominantes en el asocio con *B. dictyoneura*, tal como lo evidencian los distintos índices considerados.

Por otro lado, cuando los dos cultivares de soya estuvieron asociados a *B. brizantha* disminuyeron su crecimiento, llegando a ser dominadas por la gramínea. En este asocio, si bien la soya en los estadios iniciales mostró rendimientos similares a los del cultivo puro, rápidamente la gramínea afectó marcadamente el crecimiento de la soya, por el hábito de crecimiento y buen comportamiento a la competencia por luz que mostró *B. brizantha*. Este comportamiento sugiere que el tipo de competencia que se produce es similar al del asocio maíz-soya, o la simulación de su sombra (Valdivia, 1989).

Tanto la biomasa total como los índices utilizados, demuestran la disminución que existió en el crecimiento de las dos variedades de soya, cuando estuvieron asociadas a *B. brizantha*.

5.8 Producción de grano.

La producción de grano, producto final y comercial, demuestra como el asocio con *B. brizantha* afectó el rendimiento. En este asocio, la gramínea actuó como dominante mientras que la soya fue el cultivo dominado, aspecto que se pone de manifiesto al considerar los diferentes índices utilizados para describir el rendimiento de biomasa. En cambio, cuando los cultivares de soya se encontraban asociados a *B. dictyoneura*, la soya actuó como cultivo dominante sobre la gramínea, hecho que se manifiesta no solo a través de los valores de biomasa aérea total obtenida si no también en la producción de grano, ya que no se detectaron diferencias entre el asocio y el cultivo puro de soya.

Las producciones obtenidas en el cultivo puro de soya son similares a las reportadas por Valdivia (1989), para estos cultivares. Asimismo se puede asociar la producción

bajo malla, reportada por este mismo autor, simulando la sombra de maíz, al rendimiento obtenido en el asocio con *B. brizantha*, pues éste presentó las menores producciones. Bajo este concepto se puede reforzar la idea que el comportamiento de la soya en este asocio, es similar al que presenta en el asocio con maíz.

5.9 UET

Este índice resume el comportamiento de los socios, y demuestra con un solo número cual asocio es más eficiente en la utilización de los recursos limitantes por unidad de superficie. Sin embargo, no demuestra con claridad cual aporte, de cada componente al asocio, es el más favorable.

Considerando el caso del asocio de *B. brizantha* y soya Júpiter, donde el mayor aporte porcentual lo realiza la gramínea sobre la soya, habría que preguntarse si el rendimiento obtenido en la soya (50% menos que en cultivo puro), cubre los gastos involucrados en la implantación de la pastura, objetivo práctico de este asocio. Por otro lado, al considerar el asocio de las variedades de soya con *B. dictyoneura*, habría que incluir en el análisis de los costos el tiempo que se debe esperar para utilizar esta gramínea.

Por este motivo es necesario distinguir si solamente se desea lograr la implantación de la pastura cubriendo todos los gastos ocasionados u obtener una ganancia extra por la producción de grano y ver demorada la utilización de la pastura.

Posiblemente la optimización del asocio a través del UET, se logre considerando distintas densidades de siembra de uno y otro componente.

A pesar de esto, los resultados indican que la mejor combinación sobre los monocultivos lo representa el asocio *B. brizantha*-soya Júpiter, en un nivel intermedio se encontraría *B. brizantha*-soya IAC-8 y *B. dictyoneura*-soya Júpiter, y prácticamente sin diferencias con los cultivos puros, *B. dictyoneura*-soya IAC-8.

Si bien esta clasificación de los UET obtenidos en base a los resultados del experimento es válida, este índice no representa la mejor alternativa para decidir cuál asocio es el más conveniente, ya que no demuestra eficientemente la reducción fuerte que ocurrió en la producción del grano de soya cuando se cultivó en asocio con *B. brizantha*, rendimientos que harían dudosa la compensación de los gastos originados en la implantación de la pastura. El UET tampoco evidencia el mayor tiempo que se requerirá para poder utilizar la pastura en el asocio con *B. dictyoneura*, donde los rendimientos de las variedades de soya sí cubrirían los gastos de implantación.

Es importante considerar que existen otros cultivos alternativos en esta región, de uso más frecuente y más adoptados por el productor como el maíz, frijol, yuca, etc., donde el comportamiento de las gramíneas podría ser diferente y en los cuales los rendimientos podrían asimismo, cubrir todos los gastos de implantación de la pastura. Considerando este aspecto no debería descartarse el uso de esos cultivos, donde se requerirá de una investigación adicional para dilucidar si las gramíneas y aún las leguminosas forrajeras pueden combinarse eficientemente, no solo para incrementar la superficie destinada a las pasturas mediante la incorporación de nuevas tierras y la recuperación de las áreas degradadas, si no que la misma se realice con costos accesibles al productor agropecuario.

6 CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados, resultados y discusión del experimento, se plantean las siguientes conclusiones:

1. Existió una respuesta diferente de las gramíneas *B. brizantha* y *B. dictyoneura* al asocio con las variedades de soya, en las variables consideradas. El asocio modificó la magnitud y el momento de manifestación de la biomasa aérea máxima, respecto del cultivo puro.

2. *B. brizantha* compitió eficientemente por luz con las variedades de soya, comportándose como el cultivo dominante del asocio, con ventajas para utilizar más eficientemente los recursos limitantes, sin embargo disminuyó su producción en un 44% en promedio, respecto del cultivo puro.

3. *B. dictyoneura* no compitió eficientemente por luz con las variedades de soya, comportándose como el cultivo dominado en el asocio, con desventajas para utilizar eficientemente los recursos limitantes. En este comportamiento influyeron otros factores en competencia, no dilucidados por el experimento, que ejercieron un efecto negativo mayor, disminuyendo su biomasa en un 87% con respecto al cultivo puro. Esta especie puede ser considerada de tolerancia media a la sombra.

4. No se presentaron diferencias en la producción de biomasa aérea máxima entre los materiales de multiplicación empleados. Las diferencias existieron en la variable área foliar, siendo mayor ésta en el tipo de multiplicación sexual, para las dos gramíneas.

5. Las pequeñas diferencias en el hábito de crecimiento de las dos variedades de soya utilizadas no ejercieron

ningún efecto diferencial sobre el rendimiento que presentaron las gramíneas.

6. El rendimiento en grano de las dos variedades de soya fue más afectado por el asocio con la gramínea de crecimiento semierecto (*B. brizantha*) que por la de crecimiento rastrero (*B. dictyoneura*).

7 RECOMENDACIONES

1. En asociados de soya con las gramíneas estudiadas se puede iniciar la utilización en pastoreo de la *B. brizantha* luego de la cosecha del cultivo de la soya, mientras que en *B. dictyoneura* habría que esperar un tiempo posterior a la cosecha de la soya.

2. Continuar con los estudios de la respuesta fisiológica en asociaciones de cultivos-pastos, con variaciones en determinadas prácticas agronómicas de siembra, como son los arreglos cronológicos y espaciales.

3. Ampliar estos estudios a otros cultivos de mayor adopción por el productor, tales como el maíz, frijol, etc. y a las leguminosas forrajeras promisorias.

4. Conducir estos experimentos por un tiempo más prolongado, a fin de verificar el efecto benéfico posterior del cultivo asociado, principalmente cuando éste es una leguminosa de grano.

5. Considerar como momentos claves en los muestreos de biomasa, las siguientes fenofases: elongación, inicio de floración, plena floración y fin de floración, más uno adicional entre emergencia y elongación.

6. Conducir estudios tendientes a comprobar la respuesta de estas especies forrajeras a las condiciones climáticas que inducen la floración.

7. Incluir en los estudios de estas asociaciones la dinámica del N relacionada con los microorganismos asociados en su transferencia.

B BIBLIOGRAFIA:

- AGUIRRE ASTE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 139 p.
- ARZE, J.; HEER, C.; PALMIERI, V. 1985. Programas para analizar tendencias y comportamiento de procesos agronómicos. Turrialba, C. R., CATIE. Departamento de Producción Vegetal. 50 p.
- AYARZA, M.; SPAIN, J. 1988. Manejo del ambiente físico y químico para el establecimiento de pasturas mejoradas. Cali, Col., CIAT Mimeografiado. 18 p.
- BARUCH, Z.; FISHER, M.J. 1988. Factores climáticos y competitivos que afectan el desarrollo de la planta. Programa de Pastos Tropicales. Cali, Col., CIAT. 32 p.
- BROWN, R.H. 1988. Growth of the green plant. In Physiological basis of crop growth and development. Ed. by M.B. Tesar. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. p 153-174.
- CIAT. PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES. 1988. Informe anual 1987. Cali, Colombia. p. 5-8 a 5-11 (Documento de trabajo n^o 45).
- CROWDER, L.V.; CHHEDA, H.R. 1982. Tropical grassland husbandry. London, U.K., Longman. 562 p.
- EGGELING, W.J. 1947. An annotated list of the grasses of the Uganda Protectorate. 2 ed. Entebbe, Uganda. 54 p.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species I. Interaction of light intensity and Nitrogen fertilization on six forage grasses. Agronomy Journal (EE.UU.) 73:427-433.

- _____.; WHITNEY, A.S. 1982. Growth and N fixation of some tropical legumes as influenced by solar radiation regimenes. *Agronomy Journal* (EE.UU.) 74:703-709.
- EVANS, G.C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. Berkeley, California, EE.UU, University of California Press. 734 p.
- FARGAS, J. 1986. Conceptos básicos sobre análisis de crecimiento de las plantas. *In* Conceptos metodológicos sobre investigación y desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivos. CATIE. (C.R.). Serie de Materiales de Enseñanza No 26.1-7.
- FERGUSON, J.E. 1988. (Edit). *Semillas de especies forrajeras tropicales en la Selva Peruana*. Memorias, taller, Tarapoto, Perú. 176 p.
- FERRUFINO, A. 1988. Establecimiento de *Brachiaria decumbens* en asocio con arroz y maíz después del desbosque. *In* Estación Experimental Chipiriri. Programa Forrajes. Informe anual 1987-88. p 37-42.
- FRANCO, M.A.; MESA, E.; FRANCO, L.H. 1990. Análisis de germoplasma en el trópico húmedo: información disponible en la base de datos sobre localidades y evaluaciones al 1989. Cali, Col. RIEPT, Programa Pastos Tropicales, CIAT. 125 p.
- FUENMAYOR, E.J. 1985. Análisis del crecimiento e influencia de los factores microclimáticos en cultivos solos y asociados de *Zea mays* L., *Glicine max* L. y *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 192 p.
- GLIESSMAN, S.R. 1986. Plant interactions in multiple cropping research. *In* Multiple cropping systems, Ed. por C.A. Francis. New York, MacMillan. p.82-95.

- GONCALVES NUNES, S.; BOOCK, A.; OLIVEIRA PENTEADO, M.I.DE; GOMES, D.T. 1984. *Brachiaria brizantha* cv. Marandü. Campo Grande, M S, Bra., EMBRAPA-CNPGC. 31 p.
- HEATH, M.E.; METCALFE, D.S.; BARNES, R.F. 1980. Forages: the science of grassland agriculture. 3 ed. Ames, Iowa, EE.UU., The Iowa State University Press. 755 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p. (Colección libros materiales educativos, n^o 83).
- HUMPHREYS, L.R.; RIVEROS, F. 1986. Tropical pasture seed production. 3 ed. rev. FAO Plant Production and Protection paper n^o 8. 203 p.
- HUNT, R. 1982. Plant growth curves. Baltimore, Maryland, University Park Press. 248 p.
- IBRAHIM, K.M.; KABUYE, C.H.S. 1987. An illustrated manual of Kenya grasses. Rome, FAO 765 p.
- IBSNAT. 1988. Experimental design and data collection procedures for IBSNAT. 3 ed. rev. IBSNAT. Technical Report n^o 1. 71 p.
- INSTITUTE SAS. 1989. SAS user's guide: Statistics. 6 ed. Cary, North Carolina (EE.UU.) 956 p.
- JEHNE, W. 1980. Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: the potential for improvement and its practical realization. Tropical Grasslands (Australia) 14(3):202-209.
- KESSEL, C. VAN; SINGLETON, P.W.; HOBEN, H.J. (1985). Enhanced N-transfer from soybean to maize by vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi-plant. Physiology (EE.UU.) 79:562-563.
- KITAMURA, Y.; WHITNEY, A.S.; GUEVARRA, A.B. 1981. Legume growth and nitrogen fixation as affected by plant competition for light and for soil Nitrogen. Agronomy Journal (EE.UU.) 73:395-398.

- LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. 1971. Photosynthesis of tropical pasture plants II. Temperature and illumination history. Australian Journal of Biological Sciences (A.C.T.) 24:1065-1075.
- _____; WILSON, G.L.; HESLEHURST, M.R. 1974. Studies on the productivity of tropical pasture plants. 5. Effect of shading on growth, photosynthesis y respiration in two grasses and two legumes. Australian Journal of Agricultural Research (Australia) 25: 425-433.
- MORGADO, L.B.; RAO, M.R. 1986. Conceitos e métodos experimentais em pesquisas com consorciação de culturas. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Semi-Arido, Brasil. Documento nº 43. 79 p.
- NOGGLE, G.R.; FRITZ, G.J. 1983. Introductory plant physiology. 2 ed. Englewood, Cliffs, New Jersey Prentice Hall INC. 627 p.
- OFORI, F.; STERN, W.R. 1987. Cereal-Legume intercropping systems. Advances in Agronomy (EE.UU.) 41:41-90.
- OLIVEIRA, P.R.P.de; HUMPHREYS, L.R. 1986. Influence of level and timing of shading on seed production in *Panicum maximum* cv. Gatton. Australian Journal of Agricultural Research (Australia) 37(4):417-424.
- PARKHURST, A.M.; FRANCIS, C.A. 1986. Research methods for multiple cropping. In Multiple cropping systems, Ed. por C.A. Francis. New York, MacMillan. p.285-316.
- SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del Trópico: Características y manejo. Trad. por Edilberto Camacho. San José, C.R. IICA. 634 p.
- SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J. G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical América. Advances in Agronomy (EE.UU.) 34: 279-406.
- SEMILLAS DE especies forrajeras tropicales en la selva peruana; memorias taller, Tarapoto, Perú, 1988. 1988. Ed. J.E. Ferguson. s.l., INIAA/IVITA/CIAT. 176 p.

- SHELTON, H.M.; HUMPHREYS, L.R.; BATELLO, C. 1987. Pasturas in the plantations of Asia and The Pacific: Performance and prospect. *Tropical Grasslands (Australia)* 21(4):159-168.
- SPITTERS, C.J.T. 1983. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. 1: Estimation of competition effects. *Netherlands Journal of Agricultural Science (The Netherlands)* 31(1):1-11.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1980. Bioestadística: Principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez B. Colombia, McGraw Hill (Col.). 1985. 622 p.
- TOLEDO, J.M.; MORALES, V.A. 1978. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonía peruana. *In* Producción de pastos en suelos ácidos de los Trópicos, Ed. por L.E. Tergas; P.A. Sánchez. Colombia, CIAT p. 191-210.
- VALDIVIA FERNANDEZ, R.E. 1989. Disponibilidad de luz y evaluación de modelos de simulación en asociaciones de maíz (*Zea mays* L.) con soya (*Glycine max* (L.) Merr) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 218 p.
- VALLEJOS ALCOCER, A. 1988. Caracterización y evaluación agronómica preliminar de accesiones de *Brachiaria* y *Panicum* en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 126 p.
- VANDERMEER, L.V. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge, Cambridge University Press. 231 p.
- VEIGA, J.B. DA. 1986. Associação de culturas de subsistência com forrageiras na renovação de pastagens degradadas em área de floresta. *In* Simposio do Trópico Umido. Belém, PA, Bra, EMBRAPA/CPATU. 21 p. (Documento no 36).

- WILLEY, R.W. 1979. Intercropping-Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts (G.B.) 32(1):1-10.
- _____.; 1979. Intercropping-Its importance and research needs. 2. Agronomy and research approaches. Field Crop Abstracts (G.B.) 32(2):73-85.
- WILSON, J.R.; CATCHPOOLE, V.R.; WEIER, K.L. 1986. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown Green Panic pasture on Brigalow clay soil. Tropical Grasslands (Australia) 20(3):134-143.
- WILSON, J.R.; WONG, C.C. 1982. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of Green Panic and Siratro pastures. Australian Journal of Agricultural Research (Australia)33: 937-949.
- WONG, C.C.; WILSON, J.R. 1980 Effects of shading on the growth and nitrogen content of Green Panic and Siratro in pure and mixed swards defoliated at two frecuencies. Australian Journal of Agricultural Research. (Australia) 31: 269-285.
- ZELAYA BLANDON, D. 1985. Simulación del sombreamiento del maíz con mallas y análisis de interacciones subterráneas de cultivos intercalados con maíz (*Zea mays* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 99 p.

9 APENDICE

Cuadro 1A. Días desde siembra a cosecha para cada uno de los estadios fenológicos, de soya y para cada repetición.

Soya Trat. CP	Bloque I									
	IAC-8						JUPITER			
	1	2	3	4	CP	9	10	11	12	
Vegetativos										
VE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
VC	12	10	10	10	10	12	11	11	11	11
V1	20	18	19	19	18	19	18	18	18	18
V2	24	24	24	23	23	24	23	22	23	22
V3	30	29	29	28	28	30	27	27	27	27
V4	33	33	33	33	32	34	31	32	32	33
V5	37	36	36	37	36	38	35	37	35	36
V6	43	43	43	44	40	44	40	42	40	42
V7	47	49	46	47	48	48	43	46	45	46
V8	51	53	51	51	52	53	49	50	50	50
V9	58	59	56	57	56	58	54	54	56	55
V10	61	64	62	63	60	63	59	58	59	59
Reproductivos										
R1	51	53	51	52	53	53	53	52	53	51
R2	57	57	57	57	59	59	58	57	58	57
R3	65	63	64	64	66	66	63	64	64	63
R4	69	68	69	69	72	70	69	68	69	68
R5	79	78	78	79	80	79	79	79	79	77
R6	102	100	101	104	104	104	103	101	101	100
R7	114	117	117	114	117	116	118	114	114	113
R8	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
Bloque II.										
Vegetativos										
VE	9	11	11	11	11	11	9	9	9	9
VC	14	14	14	14	15	15	12	12	12	12
V1	18	18	18	17	17	18	16	16	16	16
V2	22	21	22	23	23	21	21	21	22	22
V3	31	33	29	27	30	30	26	26	28	28
V4	36	37	34	31	34	35	32	34	32	31
V5	38	41	39	37	37	38	37	38	36	35
V6	43	44	42	41	41	41	41	43	40	40
V7	48	50	48	45	45	45	45	49	45	45
V8	52	56	53	49	50	50	50	54	52	50
V9	57	61	58	52	54	56	56	62	56	55
V10	62	65	63	56	59	61	61	67	62	59
V11	66	69	67	62	63		65	73		64

CUADRO 2A . ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO, FINCA LA MONTAÑA, PARA CADA BLOQUE.
TURRIALBA, 1990.

BLOQ.	PROF CM	PH KCL	PH H2O	P MG* L^{-1}	CA CMOL(+)* L^{-1}	MG K	K MG* L^{-1}	ACID EXTR	CU	ZN	MN	FE	CIC EFECTIVA	% SAT. ACIDEZ	MAT. ORG*	N TOT*
I	0-10	4.5	5.0	13.0	5.94	1.30	0.49	1.6	14.6	2.3	42.7	168	9.33	17	62.1	2.7
	10-20	4.5	5.1	9.0	5.31	1.72	0.33	2.1	14.1	2.2	42.2	160	9.46	22	44.9	2.3
II	0-10	4.6	5.3	14.0	7.81	1.93	0.46	1.5	14.6	1.9	42.0	147	11.65	12	61.4	3.0
	10-20	4.5	5.3	10.0	6.88	2.29	0.26	1.5	14.6	2.2	48.1	165	10.93	14	51.8	2.5
III	0-10	4.6	5.2	14.0	5.63	2.29	0.46	2.0	11.6	1.8	47.5	125	10.38	19	62.1	2.9
	10-20	4.6	5.2	12.0	4.37	2.14	0.26	2.0	12.9	1.8	35.6	133	8.77	23	58.7	3.1

* = G/KG-1

Cuadro 3A .Valores medios y porcentajes de los componentes del rendimiento, en *B. brizantha* y *B. dictyoneura* (Turrialba, 1990).

Tiem	BIO	TAL	HOVE	HOVI	INF	%TAL	%HOVE	%HOVI	%INF
<i>B. brizantha</i> asociada a soya IAC-B.									
51	8.56	2.70	5.83	0.03	0.00	31.54	68.11	0.35	0.00
65	19.73	9.20	10.32	0.21	0.00	46.63	52.31	1.06	0.00
79	54.26	30.10	22.95	1.22	0.00	55.47	42.30	2.25	0.00
94	66.51	41.54	21.79	3.17	0.00	62.46	32.76	4.77	0.00
108	110.74	72.34	34.40	3.75	0.24	65.32	31.06	3.39	0.22
122	163.37	114.17	44.71	2.63	1.85	69.88	27.37	1.61	1.13
136	226.73	158.27	57.11	3.47	7.22	69.81	25.19	1.53	3.18
<i>B. dictyoneura</i> asociada a soya IAC-B.									
51	4.30	2.01	2.27	0.02	0.00	46.74	52.79	0.47	0.00
65	8.31	4.27	4.03	0.01	0.00	51.38	48.50	0.12	0.00
79	13.52	7.54	5.88	0.10	0.00	55.77	43.49	0.74	0.00
94	20.01	11.54	7.77	0.11	0.59	57.67	38.83	0.55	2.95
108	24.49	14.06	8.18	0.79	1.46	57.41	33.40	3.23	5.96
122	26.81	16.64	8.44	0.05	1.68	62.07	31.48	0.19	6.27
136	27.85	15.82	10.95	0.15	0.83	56.80	39.32	0.54	2.98
<i>B. brizantha</i> asociada a soya Jupiter.									
51	11.19	4.16	7.02	0.01	0.00	37.18	62.73	0.09	0.00
65	22.32	10.91	11.16	0.24	0.00	48.88	50.00	1.08	0.00
79	51.94	29.60	20.33	2.01	0.00	56.99	39.14	3.87	0.00
94	76.49	46.22	27.42	2.85	0.00	60.43	35.85	3.73	0.00
108	114.90	74.21	37.96	2.73	0.00	64.59	33.04	2.38	0.00
122	175.76	121.15	51.97	1.59	1.05	68.93	29.57	0.90	0.60
136	263.41	181.29	71.71	1.54	8.88	68.82	27.22	0.58	3.37
<i>B. dictyoneura</i> asociada a soya Jupiter.									
51	4.45	2.07	2.38	0.00	0.00	46.52	53.48	0.00	0.00
65	9.00	4.21	4.75	0.05	0.00	46.78	52.78	0.56	0.00
79	6.91	3.14	3.60	0.17	0.00	45.44	52.10	2.46	0.00
94	8.53	3.67	4.06	0.78	0.02	43.02	47.60	9.14	0.23
108	11.94	5.85	5.24	0.65	0.19	48.99	43.89	5.44	1.59
122	14.70	7.65	5.87	0.50	0.68	52.04	39.93	3.40	4.63
136	16.07	8.65	7.05	0.00	0.37	53.83	43.87	0.00	2.30
<i>B. brizantha</i> en cultivo puro.									
51	10.67	3.70	6.95	0.02	0.00	34.68	65.14	0.19	0.00
65	38.73	17.04	21.36	0.33	0.00	44.00	55.15	0.85	0.00
79	78.97	41.58	35.19	2.20	0.00	52.65	44.56	2.79	0.00
94	127.64	75.08	48.09	4.47	0.00	58.82	37.68	3.50	0.00
108	201.29	130.79	63.66	6.71	0.13	64.98	31.63	3.33	0.06
122	265.62	183.34	67.18	12.47	2.63	69.02	25.29	4.69	0.99
136	355.28	248.27	78.61	17.47	10.92	69.88	22.13	4.92	3.07
<i>B. dictyoneura</i> en cultivo puro.									
51	8.43	5.27	3.14	0.02	0.00	62.51	37.25	0.24	0.00
65	23.66	15.19	8.29	0.18	0.00	64.20	35.04	0.76	0.00
79	51.17	33.18	17.67	0.32	0.00	64.84	34.53	0.63	0.00
94	83.72	53.80	25.62	0.86	3.45	64.26	30.60	1.03	4.12
108	96.35	60.61	25.11	2.27	8.36	62.91	26.06	2.36	8.68
122	150.51	97.30	38.78	2.18	12.25	64.65	25.77	1.45	8.14
136	159.51	102.36	39.75	2.85	14.55	64.17	24.92	1.79	9.12

BIO= Biomasa aérea total
TAL= Biomasa tallo.
HOVE= Biomasa hoja verde
HOVI= Biomasa hoja senescente
INF= Biomasa inflorescencia
(en todos los casos= gr/planta)
con %= Los porcentajes
respectivos de
cada fracción.

Cuadro 4A. Valores medios para el número de vástagos vegetativos (Mac), en elongación (Tal), en inicio de floración (Tinf) y plena floración (Inf) para *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, en asocio con soya y en cultivo puro.

Tiem	Mac	Tal	Tinf	Inf
<i>B. brizantha</i> asociada a soya IAC-B.				
51	17	3		
65	6	14		
79	1	26		
94	1	22		
108	2	25	1	
122	3	28	1	2
136	4	32	2	5
<i>B. dictyoneura</i> asociada a soya IAC-B				
51	12	7		
65	9	15		
79	6	19	3	
94	4	20	5	3
108	4	16	6	9
122	9	22	0	9
136	15	35	0	5
<i>B. brizantha</i> asociada a soya Júpiter				
51	15	7		
65	4	18		
79	2	24		
94	2	25		
108	2	29		
122	4	33	1	1
136	4	36	1	7
<i>B. dictyoneura</i> asociada a soya Júpiter				
51	13	6		
65	12	16		
79	9	13		
94	7	15	1	
108	6	22	2	1
122	7	19	0	4
136	16	26	0	2
<i>B. brizantha</i> en cultivo puro.				
51	22	4		
65	21	20		
79	7	39		
94	2	45		
108	1	50	1	
122	1	45	1	3
136	1	43	4	9
<i>B. dictyoneura</i> en cultivo puro.				
51	13	14		
65	15	34		
79	13	44	12	
94	14	48	20	12
108	11	39	13	32
122	8	46	23	45
136	6	56	2	64

Cuadro 5A . Valores medios y porcentaje de los componentes del rendimiento en soya, en asocio y en cultivo puro. (Turrialba, 1990).

Tie	TOT	TALL	RAM	PECIO	FOL	VAI	GRA	VA+GRA	TALL	%RAM	%PEC	%FOL	%VAI	%GRA	%VA+GR
Soya IAC-B asociada a B. brizantha.															
V4	1.47	0.44	0.00	0.20	0.83	0.00	0.00	0.00	29.93	0.00	13.61	56.46	0.00	0.00	0.00
R4	19.41	5.89	1.86	3.70	7.16	0.80	0.00	0.00	30.35	9.58	19.06	36.89	4.12	0.00	0.00
R5	31.15	7.79	2.99	5.35	9.88	5.13	0.00	0.00	25.01	9.60	17.17	31.72	16.47	0.00	0.00
R6	38.06	6.78	2.75	3.15	4.47	6.51	14.39	20.90	17.81	7.23	8.28	11.74	17.10	37.81	54.91
RB	28.13	6.57	1.90	0.00	0.00	6.56	13.10	19.66	23.36	6.75	0.00	0.00	23.32	46.57	69.89
Soya IAC-B asociada a B. dictyoenura.															
V4	1.48	0.46	0.00	0.19	0.83	0.00	0.00	0.00	31.08	0.00	12.84	56.08	0.00	0.00	0.00
R4	21.91	6.06	2.10	4.50	8.16	1.08	0.00	0.00	27.66	9.58	20.54	37.24	4.93	0.00	0.00
R5	42.27	9.70	4.25	7.03	12.49	8.79	0.00	0.00	22.95	10.05	16.63	29.55	20.79	0.00	0.00
R6	54.98	8.74	4.08	5.47	7.68	8.65	20.35	29.00	15.90	7.42	9.95	13.97	15.73	37.01	52.75
RB	46.60	7.82	3.55	0.00	0.00	8.62	26.61	35.23	16.78	7.62	0.00	0.00	18.50	57.10	75.60
Soya Júpiter asociada a B. brizantha.															
V4	1.55	0.44	0.00	0.22	0.89	0.00	0.00	0.00	28.39	0.00	14.19	57.42	0.00	0.00	0.00
R4	17.17	5.24	1.40	3.33	5.95	1.25	0.00	0.00	30.52	8.15	19.39	34.65	7.28	0.00	0.00
R5	23.47	6.17	1.94	3.61	7.28	4.47	0.00	0.00	26.29	8.27	15.38	31.02	19.05	0.00	0.00
R6	36.68	6.93	2.61	2.80	3.79	5.92	14.65	20.57	18.89	7.12	7.63	10.33	16.14	39.94	56.08
RB	24.33	5.15	1.45	0.00	0.00	4.41	13.33	17.74	21.17	5.96	0.00	0.00	18.13	54.79	72.91
Soya Júpiter asociada a B. dictyoenura.															
V4	1.32	0.39	0.00	0.19	0.75	0.00	0.00	0.00	29.55	0.00	14.39	56.82	0.00	0.00	0.00
R4	17.03	4.98	1.19	3.33	6.41	1.13	0.00	0.00	29.24	6.99	19.55	37.64	6.64	0.00	0.00
R5	28.80	6.64	2.87	4.48	9.20	5.61	0.00	0.00	23.06	9.97	15.56	31.94	19.48	0.00	0.00
R6	37.23	6.07	2.65	2.42	4.25	6.62	15.24	21.86	16.30	7.12	6.50	11.42	17.78	40.93	58.72
RB	36.69	6.02	2.52	0.00	0.00	7.03	21.12	28.15	16.41	6.87	0.00	0.00	19.16	57.56	76.72
Soya IAC-B en cultivo puro.															
V4	1.56	0.46	0.00	0.21	0.89	0.00	0.00	0.00	29.49	0.00	13.46	57.05	0.00	0.00	0.00
R4	25.24	6.60	2.94	5.14	8.72	1.84	0.00	0.00	26.15	11.65	20.36	34.55	7.29	0.00	0.00
R5	41.12	8.90	4.19	6.91	11.69	9.43	0.00	0.00	21.64	10.19	16.80	28.43	22.93	0.00	0.00
R6	47.92	8.42	3.71	4.71	6.11	6.88	18.09	24.97	17.57	7.74	9.83	12.75	14.36	37.75	52.11
RB	53.11	8.38	4.70	0.00	0.00	9.70	30.33	40.03	15.78	8.85	0.00	0.00	18.26	57.11	75.37
Soya Júpiter en cultivo puro.															
V4	1.47	0.40	0.00	0.21	0.85	0.00	0.00	0.00	27.21	0.00	14.29	57.82	0.00	0.00	0.00
R4	18.11	5.42	1.34	3.45	6.77	1.28	0.00	0.00	29.93	7.40	19.05	37.38	7.07	0.00	0.00
R5	30.69	6.98	3.31	4.93	9.74	5.73	0.00	0.00	22.74	10.79	16.06	31.74	18.67	0.00	0.00
R6	37.05	6.53	2.89	2.75	4.20	6.33	14.35	20.68	17.62	7.80	7.42	11.34	17.09	38.73	55.82
RB	30.12	5.68	1.85	0.00	0.00	5.46	17.13	22.59	18.86	6.14	0.00	0.00	18.13	56.87	75.00

TOT= Biomasa total TALL= Biomasa tallo RAM= Biomasa ramas PECIO= Biomasa peciolo
 FOL= Biomasa foliolos VAI= Biomasa vainas GRA= Biomasa granos (en cada caso gr/planta)
 Con %= Porcentajes respectivos de cada fracción.

Cuadro 6A. Índices morfológicos, fisiológicos y agronómicos, de crecimiento en soya IAC-B y Jupiter en asocio con *B. brizantha* y *B. dictyoneura*, Turrialba 1990.

Tiem	BIO	AF	IAF	ICR	ICRAF	IAN	TPMS
Soya IAC-B asociada a <i>B. brizantha</i>							
V4	1.47	293.99	0.38	0.0614	0.0496	0.0430	5.34
R4	19.41	2361.79	3.07	0.0473	0.0189	0.0452	14.67
R5	31.15	2852.29	3.70	0.0077	-0.0231	0.0124	3.32
R6	38.06	1564.81	2.03	-0.0112		0.0000	-4.60
RB	28.13	0.00	0.00				0.00
Soya IAC-B asociada a <i>B. dictyoneura</i>							
V4	1.48	307.66	0.37	0.0642	0.0520	0.0439	6.08
R4	21.91	2728.72	3.27	0.0657	0.0222	0.0666	25.45
R5	42.27	3406.64	4.08	0.0101	-0.0109	0.0165	6.11
R6	54.98	2562.79	3.07	-0.0061		0.0000	-3.88
RB	46.60	0.00	0.00				0.00
Soya Jupiter asociada a <i>B. brizantha</i>							
V4	1.55	333.42	0.50	0.0573	0.0444	0.0382	6.20
R4	17.17	2147.79	3.23	0.0313	-0.0012	0.0295	10.50
R5	23.47	2122.43	3.19	0.0172	-0.0262	0.0330	8.47
R6	36.68	1075.05	1.62	-0.0152		0.0000	-7.62
RB	24.33	0.00	0.00				0.00
Soya Jupiter asociada a <i>B. dictyoneura</i>							
V4	1.32	287.75	0.46	0.0609	0.0478	0.0405	6.23
R4	17.03	2139.95	3.42	0.0525	0.0211	0.0494	19.62
R5	28.80	2642.95	4.23	0.0099	-0.0241	0.0165	5.40
R6	37.23	1412.03	2.26	-0.0005		0.0000	-0.33
RB	36.69	0.00	0.00				0.00
Soya IAC-B cultivo puro							
V4	1.56	295.34	0.35	0.0663	0.0536	0.0506	7.05
R4	25.24	2800.78	3.35	0.0488	0.0178	0.0518	19.85
R5	41.12	3347.00	4.01	0.0059	-0.0233	0.0104	3.27
R6	47.92	1827.61	2.19	0.0038		0.0000	2.40
RB	53.11	0.00	0.00				0.00
Soya Jupiter-B cultivo puro							
V4	1.47	328.57	0.63	0.0598	0.0504	0.0350	6.60
R4	18.11	2726.53	5.19	0.0527	0.0076	0.0444	20.97
R5	30.69	2940.84	5.60	0.0072	-0.0320	0.0123	4.08
R6	37.05	1279.28	2.44	-0.0077		0.0000	-4.28
RB	30.12	0.00	0.00				0.00

BIO= gr/planta.

AF= cm²/planta.

ICR= gr/gr/día.

ICRAF= cm²/cm²/día.

IAN= gr/dm²/día.