

Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoii* en Isla, Veracruz

Forage production in three *Brachiaria* species as a single crop or in association with *Arachis pintoii* in Isla, Veracruz

Francisco Enrique Cab Jiménez^a, Javier Francisco Enríquez Quiroz^b, Jorge Pérez Pérez^a, Alfonso Hernández Garay^a, José Guadalupe Herrera Haro^a, Eusebio Ortega Jimenez^c, Adrián Raymundo Quero Carrillo^d

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento productivo de *Brachiaria dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) y el híbrido *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) en monocultivo y asociados con *Arachis pintoii*. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones; las variables medidas fueron: rendimiento de forraje, tasa de crecimiento (TC), composición botánica (CB) y morfológica (CM), densidad de tallos (DT) y peso por tallo (PT). Los resultados indican que el mayor rendimiento de forraje acumulado ($P < 0.05$) fue 15,498 kg MS ha⁻¹ para las gramíneas en monocultivo, contra 10,745 kg en asociación. Las menores TC fueron en la época seca con 9 y 12 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para *A. pintoii* y *B. dictyoneura* + *A. pintoii*; al iniciar las lluvias, las TC se incrementaron, con promedio de 80 y 71 kg para Toledo y *B. dictyoneura*. La proporción de hoja fue elevada para las especies evaluadas durante el periodo experimental, con promedios de 65, 57 y 62 % en nortes, seca y lluvias, respectivamente. Al final del experimento, la CB fue 62 % de gramínea y 26 % de leguminosa, valores adecuados en una asociación. La mayor DT fue para *B. dictyoneura* en monocultivo (1,262 tallos m⁻²) y asociación (1,231 tallos m⁻²); el mayor PT lo tuvo Toledo con 1513 mg tallo⁻¹ y *B. dictyoneura* el menor (449 mg tallo⁻¹). La mejor asociación se logró con *B. dictyoneura* + *Arachis pintoii*, dado que con ésta se obtuvo la mayor proporción de leguminosa.

PALABRAS CLAVE: *Brachiaria*, Gramínea-leguminosa, Rendimiento de forraje, Composición morfológica, Densidad tallos, Peso tallos.

ABSTRACT

Forage production was determined for the gramineae *Brachiaria dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) and *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) as monocrops as well as in association with the legume *Arachis pintoii*. Experimental design was completely random blocks with four replications. Measured variables included forage dry matter production; growth rate; botanical and morphological composition; tiller density; and tiller weight. Cumulative forage production was higher ($P < 0.05$) among the gramineae monocrop treatments (average = 15,498 kg DM ha⁻¹) than among the gramineae + *A. pintoii* associations (average = 10,745 kg DM ha⁻¹). The lowest growth rates occurred during the dry season (9 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ for *A. pintoii*; 12 kg *B. dictyoneura* + *A. pintoii*), and the highest during the early rainy season (80 kg for cv. Toledo; 71 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ for *B. dictyoneura*). Leaf percentage was high in all treatments with an overall average of 65 % during the northwind season, 57 % for the dry season and 62 % during the rainy season. Overall average botanical composition in the association treatments was 62 % gramineae and 26 % legume, considered as adequate proportions for a grass-legume association pasture. Tiller density was highest for *B. dictyoneura* (1262 m⁻²) and its association (1231 m⁻²). Tiller weight was highest in the cv. Toledo monocrop (1513 mg tiller⁻¹) and lowest in the *B. dictyoneura* monocrop (449 mg tallo⁻¹). The best forage production in the gramineae-legume associations was obtained with *B. dictyoneura* + *A. pintoii* because it had the highest overall average legume proportion (35 %).

KEY WORDS: *Brachiaria*, Grass-legume pastures, Forage production, Morphological composition, Tiller density, Tiller weight.

Recibido el 16 de abril de 2007. Aceptado para su publicación el 14 de enero de 2008.

^a Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Programa de Ganadería. Colegio de Posgraduados (CP).

^b Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIR Golfo Centro. Tel-Fax: (281) 87 2-16-82. enriquez.javier@inifap.gob.mx. Correspondencia al segundo autor.

^c CP, Campus Veracruz.

^d CP, Campus San Luis Potosí.

Las regiones costeras que limitan con el Golfo de México, presentan condiciones ambientales variables durante el año, con tres épocas bien definidas, sequía de 2 a 5 meses; lluvias, de 5 a 6 meses y “nortes” con duración de 4 meses. La temperatura y la humedad son los dos factores que más determinan la producción en cada época^(1,2). Existen especies de gramíneas y leguminosas tropicales que tienen buena capacidad de adaptación, alto rendimiento de biomasa durante la época de mínima precipitación⁽³⁾ y excelente persistencia. Este es el caso de diversas especies del género *Brachiaria*, ya que están adaptadas a condiciones adversas de clima y suelo, con niveles altos de aluminio⁽⁴⁾. En los últimos años, la adopción de diversos cultivares del género *Brachiaria*, en algunas regiones de México y otros países de Centroamérica, han permitido aumentar la productividad animal, en un monto estimado en 26 % de leche y 6 % de carne, por el alto rendimiento y calidad del forraje producido⁽⁵⁾. Las especies más utilizadas del género incluyen: *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Staff (cv. Insurgente), *B. decumbens* Staff (cv. Chontalpo) y *B. humidicola* (Rendle) Schweick (cv. Chetumal)^(5,6), aunque existen especies con alto potencial productivo que, con un manejo adecuado, pueden superar a estas especies. Al utilizar asociaciones de gramíneas con leguminosas, se logran mejorar los sistemas tradicionales de producción con gramíneas en monocultivo; por lo que desde hace mucho tiempo, se ha buscado asociar leguminosas con gramíneas en praderas tropicales⁽⁶⁾.

Los beneficios de establecer y explotar las asociaciones, contribuyen a incrementar la ganancia de peso de los animales en 20 a 30 %, puesto que las leguminosas tienen en promedio, de 13 a 27 % de proteína cruda, durante las épocas de precipitación mínima y máxima, respectivamente^(7,8). Al establecer la asociación en una pradera, es importante utilizar leguminosas compatibles y persistentes con gramíneas, por lo que es necesario encontrar aquéllas que mantengan una relación estable en pastoreo⁽⁷⁾.

Arachis pintoi Krap & Greg. (cacahuatillo) es una leguminosa que tiene gran importancia forrajera para los trópicos, debido a que ha demostrado alto

The coastal regions of the southern Gulf of Mexico experience a seasonal round of three well-defined seasons: a dry season (2 to 5 mo); a rainy season (5 to 6 mo); and a northwind season (approx. 4 mo). Seasonal temperature and rainfall are the factors that most influence forage production^(1,2). Tropical gramineae and legume species are well adapted to this seasonal round showing an excellent persistence and high yield during the dry season⁽³⁾.

The gramineae genera *Brachiaria* contains a number of species adapted to adverse climate and soil conditions, including high aluminum level⁽⁴⁾. Use of different *Brachiaria* cultivars in Mexico and Central America has led to increases in animal productivity (approx. 26 % in milk and 6 % in meat) due to their high yield and high forage quality⁽⁵⁾. The most commonly cropped *Brachiaria* species includes *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Staff (cv. Insurgente), *B. decumbens* Staff (cv. Chontalpo) and *B. humidicola* (Rendle) Schweick (cv. Chetumal)^(5,6). However, other species exist with high potential production that could surpass these species if managed correctly.

Associating gramineae and legumes results in improved production over traditional monocrop gramineae systems, and therefore developing gramineae/legume associations within tropical grasslands has been a priority for many years⁽⁶⁾. These associations can increase animal weight gain from 20 to 30 % because the legumes provide an average of 13 % crude protein in the minimum rainfall season and 27 % in the maximum rainfall season^(7,8). Establishing such an association requires legumes growth compatibility with gramineae, as well as good surviving levels in order to maintain a stable relationship with grasses under grazing conditions⁽⁷⁾.

The legume *Arachis pintoi* Krap & Greg. has significant forage potential in the tropics due to its high potential forage yield and its usefulness in improving soils and degraded pastures. Association of *A. pintoi* with *Brachiaria* species is considered one of the best grazing options due to its adaptability to low fertility soils in the tropics, its high yield and acceptable nutritional quality⁽⁸⁾. Despite this

potencial de rendimiento de forraje, y también se utiliza para mejorar suelos y praderas degradadas. De acuerdo a lo anterior, la asociación de esta leguminosa, con alguna de las especies del género *Brachiaria*, es considerada una de las mejores opciones para el pastoreo, tanto por adaptarse a suelos de baja fertilidad en las regiones tropicales, como por tener alto rendimiento y calidad nutritiva aceptable⁽⁸⁾. Sin embargo, en México son pocos los estudios que se han realizado con las especies *B. dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) y el híbrido entre *Brachiaria ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato), en asociación con leguminosas. Esta investigación, tuvo como objetivos determinar el potencial de asociación, entre los pastos *B. dictyoneura*, Mulato y Toledo con la leguminosa *A. pintoi*, en el rendimiento, tasa de crecimiento, composición morfológica y botánica, densidad y peso de tallos.

El experimento se realizó en el Sitio Experimental Papaloapan, localizado en el municipio de Isla, Veracruz, a 18° 06' N y 95° 32' O, a una altitud de 65 msnm. El clima de la región es clasificado como Aw₀⁽⁹⁾, que corresponde al más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, con precipitación media anual de 1000 mm. La temperatura promedio registrada durante el experimento fue de 26 °C. El suelo es Acrisol órtico, ácido (pH de 4.0 a 4.2), muy pobre en materia orgánica (1.14 %), muy pobre en nitrógeno (0.72 %), extremadamente pobre en calcio (115 ppm) y pobre en potasio (28 ppm), contenidos medios de fósforo (28 ppm) y medios de magnesio (40 ppm), con textura migajón arenosa⁽¹⁰⁾.

El estudio se realizó de noviembre 2005 a octubre 2006. Las unidades experimentales las constituyeron 28 parcelas de 10 x 12 m establecidas en el mes de julio de 2005 y la evaluación se inició cuando éstas tuvieron 80 % o más de cobertura de los pastos sembrados; se empleó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y los tratamientos consistieron en praderas de las especies siguientes: *Arachis pintoi* CIAT 17434, *Brachiaria dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) y el híbrido entre *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato), sembrados en monocultivos y asociados los pastos

potential, very little research has been done in Mexico on the association of *B. dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) and the hybrid *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) with forage legumes. The present study objectives were to determine the effects of associating *B. dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) and *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) with *A. pintoi* based pasture on dry matter yield, growth rate, botanical composition, morphological composition, tiller density and tiller weight.

The experiment was performed at the Papaloapan Experimental Site in Isla municipality, Veracruz state, Mexico (18° 06' N; 95° 32' W) at an altitude of 65 m asl. Regional climate is classified as Aw₀⁽⁹⁾, the driest of the warm humid climates with summer rains, and annual average rainfall in the region is 1000 mm. Average temperature during the experimental period was 26 °C. Soils in the experimental area are orthic Acrisol with a sandy friable texture. These soils are acidic (pH 4.0 to 4.2), very poor in organic matter (1.14 %) and nitrogen (0.72 %), extremely poor in calcium (115 ppm) and poor in potassium (28 ppm), with medium phosphorous (28 ppm) and magnesium (40 ppm) contents⁽¹⁰⁾.

The one-year study period was November 2005 to October 2006. Experimental units were 28 plots (10 x 12 m) planted during July 2005. Evaluation began once grass coverage was equal to or greater than 80 %. A completely random block design was used with four replications. Treatments consisted of pastures planted with *Arachis pintoi* CIAT 17434, *Brachiaria dictyoneura*, *B. brizantha* (cv. Toledo) and *B. ruziziensis* x *B. brizantha* (cv. Mulato) as monocrop and in combinations of each *Brachiaria* species with *A. pintoi*. The *A. pintoi* field had been established in 2001, before the present experiment, and was prepared for the experiment with application (100 ml / 0.5 ha⁻¹) of the herbicide fluazifop-P-butyl to eliminate weeds. Any empty spaces were then replanted with *A. pintoi* vegetative material. In July, the three studied gramineae species were planted in the *A. pintoi* pasture using vegetative material (30 cm between plants, 50 cm between rows). A foliage fertilizer

con la leguminosa. La pradera de *A. pintoi* se estableció en 2001 y antes de iniciar el experimento, se aplicaron 100 ml de 0.5 ha⁻¹ del herbicida Fluazinfop-p-butyl, para eliminar la maleza presente, y después se sembraron para llenar los espacios vacíos, material vegetativo de la leguminosa. Durante julio de 2005, en la pradera de *A. pintoi* se sembraron las gramíneas con material vegetativo a 30 cm entre plantas y 50 cm entre hileras. Un mes después se aplicó 1.0 kg ha⁻¹ del fertilizante foliar “Bayfolan Forte”, para asegurar que las parcelas quedaran establecidas en el menor tiempo posible. En octubre se observó una infestación de “salivazo” (*Aeneolamia postica* Walker; Homoptera: Cercopidae), en la mayoría de las parcelas de Toledo y Mulato, cuando tuvieron aproximadamente 1.0 m de altura y se eliminó mediante pastoreo.

Se emplearon 22 bovinos únicamente como cosechadores, que variaron de 200 a 450 kg y pastorearon cada bloque, hasta que consumieron el forraje disponible, a una altura de 10 a 25 cm, acorde con el hábito de crecimiento de las gramíneas evaluadas. Se realizaron cinco ciclos de pastoreo en las épocas de “nortes” y seca (de noviembre 30 de 2005 a junio 7 de 2006), con un tiempo de ocupación de un día con 35 días de recuperación y cinco ciclos durante las lluvias (de junio 8 a octubre 28 de 2006), con dos días de ocupación y 28 de descanso. La altura residual de las plantas, después del pastoreo, varió de 10 a 25 cm. Las variables medidas fueron:

1) Rendimiento de materia seca, que se midió en cada parcela experimental, un día antes de cada pastoreo; se cosechó con machete una muestra al azar en un cuadrante de 1.0 m²; se pesó el forraje verde y se separó en hojas y tallos de leguminosa y gramínea en una muestra de 200 g, estos se secaron en una estufa de aire forzado durante 48 h a 55 °C y se obtuvo el peso seco para calcular el rendimiento de forraje por unidad de superficie.

2) tasa de crecimiento (TC) del forraje total, hojas y tallos de las especies evaluadas, al inicio de cada ciclo de pastoreo. La TC se calculó con la siguiente fórmula⁽¹⁾:

$$TC = \frac{FP_A - FP_D}{IP}$$

(Bayfolan Forte) was applied (1.0 kg ha⁻¹) to ensure the new plants established themselves as quickly as possible. A spotted fly (*Aeneolamia postica* Walker; Homoptera: Cercopidae) infestation occurred in October 2005, particularly in the cv. Toledo and Mulato plots, when the plants were approximately 1.0 m high and was eliminated through grazing.

Forage harvest was performed using 22 cows (200 to 450 kg weight), which were allowed to graze in the plots until all available forage was consumed to a 10 to 25 cm plant height, based on the growth patterns of the studied gramineae species. A total of five grazing cycles were done during the northwind and dry seasons (November 30, 2005 to June 7, 2006) with a residence time of 1 d and a recovery period of 35 d. During the rainy season (June 8, to October 28, 2006), a total of five grazing cycles were done with a two-day residence time and 28-d recovery period. Remnant forage plant height after grazing varied from 10 to 25 cm. Six variables were measured during the experiment:

1) Dry matter yield was measured in each experimental plot one day before each grazing. A random sample of forage was taken within a 1.0 m² quadrant. In a 200 g sample, the fresh forage was separated into leaves and tillers, classified as legume or gramineae, and the fractions dried in a forced air oven for 48 h at 55 °C. Their dry weight was measured and then used to calculate forage yield per surface unit.

2) Growth rate was determined for overall forage, leaves and tillers for the studied species at the beginning of each grazing cycle using the formula:

$$GR = \frac{FP_A - FP_D}{GI}$$

Where: GR= growth rate (kg DM ha⁻¹ d⁻¹); FP_A=forage present one day before grazing; FP_D=forage present one day after previous grazing; GI=interval between successive grazings (days).

3) Morphological composition was determined by taking 200 g of fresh material from the dry matter yield sample. This was classified by gramineae

Donde: TC = tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ d⁻¹); FP_A = forraje presente un día antes del pastoreo; FP_D = forraje presente un día después del pastoreo anterior; IP = intervalos entre pastoreos sucesivos (días).

3) Composición morfológica: en cada muestreo de rendimiento, se obtuvieron 200 g de materia verde y se separaron la gramínea y la leguminosa y éstas en tallos, hojas y material muerto. Estos materiales se secaron en una estufa por 48 h a 55 °C y se pesaron para obtener su contribución al rendimiento de forraje.

4) Composición botánica, que se evaluó una vez en cada estación del año, en la parte media del periodo, como representativa de la estación evaluada; el muestreo se hizo en un cuadro fijo de 1.0 m² en cada parcela. El corte de las plantas se hizo a 12 cm de altura, y en una muestra de 200 g se separaron las diferentes especies presentes en la parcela y se obtuvo el porcentaje de cada especie estudiada y malezas no deseables, se pesaron y secaron en una estufa por 48 h a 55 °C.

5) Densidad de tallos: se determinó utilizando un aro fijo de 20 cm de diámetro, al ras del suelo en cada parcela. Al inicio del estudio, se marcaron con “popotes” de un mismo color, los tallos presentes dentro de cada aro; posteriormente, los tallos nuevos en cada conteo consecutivo, se marcaron con un color distinto y los tallos muertos se contaron y eliminaron.

6) Peso por tallo: esta variable se midió un día antes de cada pastoreo. Se cortaron al azar 10 tallos a ras del suelo en cada parcela experimental y se secaron en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C. El peso total de los tallos cosechados se dividió entre el número de tallos para determinar el peso promedio por tallo.

El análisis de los datos se realizó mediante un diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo, considerando como tratamientos a las especies de *Brachiaria* solas y asociadas, y la leguminosa sin asociar como testigo. El modelo incluyó los efectos fijos de bloques y tratamientos y los efectos de parcela y error como

and legume, and then by leaves, tillers and dead matter. These fractions were dried in an oven for 48 h at 55 °C and weighed to determine their contribution to forage yield.

4) Botanical composition was evaluated once in the middle of each season. A 200 g sample was taken from within a 1.0 m² fixed quadrant in each plot by cutting all plants to 12 cm height. The different species were separated out to calculate the percent of each studied species and undesirable weeds, weighed, and dried in an oven for 48 h at 55 °C.

5) Tiller density was quantified by placing a fixed, 20 cm-diameter ring on the ground surface in each plot. All the tillers within the ring at the beginning of the experimental period were marked with straws of the same color. New tillers present in each consecutive count were marked with straws of a different color, and all dead tillers were counted and removed.

6) Tiller weight was measured one day before each grazing by cutting 10 randomly chosen tillers at ground surface in each plot. These were dried in a forced air oven for 48 h at 55 °C, weighed and the total weight of the harvested tillers divided by the number of tillers to calculate average weight per tiller.

Data analysis was performed using a completely random block design with repeated measurements in time. Treatments consisted of each *Brachiaria* species as a monocrop, and in association with *A. pintoi*, as well as *A. pintoi* as a control. The model included block and treatments as fixed effects and plots and error as random effects. Treatment means were compared with an adjusted Tukey test using the PROC MIXED application in the SAS program⁽¹²⁾. The experimental period was divided into three seasons: rainy (June - October); northwind (November - February); and dry (March - May).

Rainfall during the experimental period occurred 78 % in the rainy season 18 % in the northwind season and 7 % in the dry season. Annual rainfall during the experimental period was higher than the 1000 mm annual average⁽⁹⁾. These seasonal changes are linked to the results observed here.

aleatorios. Las medias de tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey ajustada, usando el PROC MIXED del paquete estadístico SAS⁽¹²⁾. El periodo experimental fue clasificado como: lluvias (junio-octubre), nortes (noviembre-febrero) y seca (marzo-mayo).

Los resultados obtenidos, indican que la distribución de la precipitación total durante el periodo experimental fue 74 % en la época de lluvias, 18 % durante la época de nortes y 7 % en la seca. En general, la precipitación fue superior a los valores promedio, que son de 1000 mm y temperatura media de 25.7 °C⁽⁹⁾ anuales. La época de nortes es de transición entre el periodo lluvioso y sequía. Estos factores ambientales, están ligados a los resultados obtenidos en este estudio.

Rendimiento de forraje

Los valores se agruparon por época; el mayor rendimiento acumulado ($P < 0.05$) ocurrió en Mulato, *B. dictyoneura* y Toledo en monocultivo, con valores de 14,520, 15,170 y 16,800 kg MS ha⁻¹; mientras que el menor rendimiento ocurrió en *A. pintoi* en monocultivo con 6,440 kg (Cuadro 1). Toledo asociado con *Arachis* tuvo el mayor rendimiento (13,190 kg MS ha⁻¹). La distribución promedio del rendimiento por épocas, en los siete tratamientos evaluados, fue 21 % durante los nortes, 14 % en la sequía y 65 % en las lluvias. La distribución de la precipitación durante el año influye en la producción de forraje en cada época, las bajas temperaturas en los nortes y la alta evapotranspiración en la sequía afectan el crecimiento de las especies forrajeras^(10,13).

En la época de nortes la variación del rendimiento entre tratamientos fue significativa ($P < 0.05$) con valores de 1,393 a 3,975 kg MS ha⁻¹ para *A. pintoi* y Toledo, respectivamente (Cuadro 1). En esta época las gramíneas en monocultivo fueron más productivas (promedio de 3,465 kg) que las asociaciones (2,137 kg), con una aportación de leguminosa de 33.6 % en el rendimiento promedio, destacando la mayor contribución de la leguminosa cuando se asoció con *B. dictyoneura*. La media general de rendimiento de todos los tratamientos para la época de nortes fue 2,600 kg MS ha⁻¹.

Forage yield

The highest ($P < 0.05$) cumulative yield was recorded in the cv. Mulato (14,520 kg DM ha⁻¹), *B. dictyoneura* (15,170 kg) and cv. Toledo (16,800 kg) monocrops, and the lowest yield in the *A. pintoi* monocrop (6,440 kg) (Table 1). For the *Brachiaria* + *A. pintoi* associations, the cv. Toledo + *A. pintoi* produced the highest yield (13,190 kg DM ha⁻¹).

Forage yield values varied notably according to the year's season for the seven treatments, with 21 % of average overall yield occurring in the northwind season, 14 % in the dry season and 65 % in the rainy season. Variation in rainfall distribution between seasons apparently influenced forage yield in each season. Other factors may also have affected yield, such as the low temperatures in the northwind season and the higher evapotranspiration rates in the dry season, both of which can affect growth in forage species^(10,13).

Yield variation between treatments during the northwind season was significant ($P < 0.05$), with 1,393 kg DM ha⁻¹ for the *A. pintoi* monocrop and 3,975 kg for the cv. Toledo monocrop (Table 1). The monocrop gramineae treatments were more productive (average = 3,465 kg DM ha⁻¹) than the associations (average = 2,137 kg). In the latter, the legume contributed 33.6 % of average yield, contributing the highest proportion in the *B. dictyoneura* + *A. pintoi* association. Overall mean yield for all treatments in the northwind season was 2,600 kg DM ha⁻¹.

Yields also differed ($P < 0.05$) between treatments during the dry season with the highest for the cv. Toledo + *A. pintoi* association (2,788 kg DM ha⁻¹) and the *B. dictyoneura* monocrop (2,295 kg), and the lowest in the *A. pintoi* monocrop (951 kg). The gramineae + legume associations and gramineae monocrop treatments had similar average yields (1,904 and 1,784 kg DM ha⁻¹, respectively) while *A. pintoi* had the lowest overall value (Table 1). During this season, *A. pintoi* contributed 20 % of total forage yield in the associations, which was the lowest proportion among the three seasons. This low level was probably caused by differences

Cuadro 1. Rendimiento por época y total de forraje y tasa de crecimiento estacional de *A. pintoii* y tres pastos del género *Brachiaria* en monocultivo y asociados

Table 1. Yield by season, total forage yield and seasonal growth rate in three *Brachiaria* genus grasses in monocrop and in association with *Archis pintoii* during three annual seasons

	Yield (kg DM ha ⁻¹)						Growth rate (kg DM ha ⁻¹ d ⁻¹)			
	Northwind		Dry		Rainy		Total	Northwind	Dry	Rainy
	(%) Ap	(%) Ap	(%) Ap	(%) Ap	(%) Ap	(%) Ap				
<i>B. dictyoneura</i> + <i>A. pintoii</i>	1807 cd	43	1284 b	30	5094 bc	32	8184 cd	26 cd	12 b	36 bc
Mulato + <i>A. pintoii</i>	2164 bcd	26	1639 ab	13	7058 abc	22	10861 bcd	31 bcd	16 ab	50 abc
Toledo + <i>A. pintoii</i>	2441 bcd	32	2788 a	17	7961 abc	25	13190 abc	35 abc	27 a	57 abc
<i>B. dictyoneura</i>	3020 abc		2295 ab		9857 ab		15172 ab	43 abc	22 ab	71 ab
Mulato	3399 ab		1405 ab		9723 ab		14528 ab	49 abc	13 ab	69 ab
Toledo	3975 a		1652 ab		11167 a		16794 a	57 a	16 ab	80 a
<i>A. pintoii</i>	1393 d		951 b		4116 c		6461 d	20 d	9 b	29 c
Average	2600	33.6	1716	20	7854	26.3	12170	37	16	56
SEM	124		114		395		420	1.6	1.1	2.8
SIG	**		*		*		*		**	**

Ap= *A. pintoii*; percentage of yield contributed by this legume.

SEM = standard error of the mean. SIG = Significance level, **P*<0.05, ***P*<0.01.

abcd Means in the same column with a different letter are significantly different (Tukey).

En la época seca también existieron diferencias (*P*<0.05) en rendimientos entre tratamientos; los más altos, se obtuvieron con Toledo+*A. pintoii* y *B. dictyoneura* (2,788 y 2,295 kg MS ha⁻¹, respectivamente) y el menor ocurrió en *A. pintoii* (951 kg). Las asociaciones y las gramíneas en monocultivo tuvieron rendimientos promedio similares (1,904 y 1,784 kg MS ha⁻¹, respectivamente) y *A. pintoii* tuvo el valor más bajo (Cuadro 1). En esta época, la aportación de la leguminosa al rendimiento total de forraje en las asociaciones fue 20 % y resultó el más bajo de las tres épocas evaluadas, atribuido a las diferencias en capacidad de adaptación y rutas metabólicas que existen entre las gramíneas (C₄) y leguminosas (C₃)⁽¹⁴⁾, lo cual pone en ventaja a las gramíneas con relación a las leguminosas, en rendimiento de biomasa en condiciones de estrés hídrico⁽¹⁵⁾.

En la época lluviosa el rendimiento de forraje se incrementó significativamente (*P*<0.05), con respecto a las otras dos épocas y se obtuvo 48 y 60 % para las asociaciones y monocultivos, respectivamente. Los mayores rendimientos se obtuvieron con Toledo (11,167 kg MS ha⁻¹), Mulato

in adaptive capacity, and the fact that gramineae and legumes have different metabolic routes (C₄ and C₃, respectively)⁽¹⁴⁾, meaning gramineae have a distinct advantage over legumes in terms of biomass yield under scarce water availability conditions⁽¹⁵⁾.

Forage yield was higher (*P*<0.05) for the rainy season than in the other seasons, with a 48 % increase in the associations and a 60 % increase in the monocrops. The highest yields in this season were for the cv. Toledo (11,167 kg DM ha⁻¹), cv. Mulato (9,723 kg) and *B. dictyoneura* (9,857 kg) monocrops. Average yield in the cv. Toledo + *A. pintoii* and cv. Mulato + *A. pintoii* treatments (7,961 kg) was better than in the *B. dictyoneura* + *A. pintoii* treatment (5,094 kg). The legume contributed 26.3 % of total yield in the associations. These high yields were the result of the higher than average rainfall during this season (150 mm more than annual mean), which produced vigorous development. The *B. dictyoneura* + *A. pintoii* association exhibited the greatest plant association affinity based on the 35 % contribution of *A. pintoii* to total yield, considered adequate for a stable association.

(9,723 kg) y *B. dictyoneura* (9,857 kg) en monocultivos; mientras, que Mulato y Toledo asociados con *A. pintoii*, destacaron con promedio de 7,961 kg, en comparación con 5,094 kg, obtenidos con *B. dictyoneura* + *A. pintoii*. Durante esta época, la aportación de la leguminosa al rendimiento total de las asociaciones fue 26.3 %. Estos resultados son por las condiciones ambientales favorables para el crecimiento vegetal, debido a una mayor acumulación de la precipitación mensual de junio a octubre, que fue superior en 150 mm, con relación al promedio del mismo periodo, lo que propició un desarrollo vigoroso de las plantas. En general, la asociación *B. dictyoneura* + *A. pintoii*, fue la que tuvo mayor afinidad de asociación, ya que su contribución promedio en el rendimiento total fue 35 %, valor que puede considerarse como adecuado para una asociación estable.

La producción de forraje en una especie, está influenciada por la fertilidad del suelo; en Colombia se ha registrado para *B. dictyoneura* una aportación promedio de forraje en suelos arcilloso, franco y arenoso de 8,435, 8,657 y 9,419 kg MS ha⁻¹ año, cuando se encontró un equilibrio entre los nutrientes disponibles (nitrógeno, fósforo y potasio), lo que permitió una estabilidad productiva del pasto⁽¹⁶⁾; estos valores son similares a los obtenidos en este estudio, lo cual significa que *B. dictyoneura* está bien adaptada a las condiciones de trópico húmedo. Los resultados de esta investigación también son similares a los obtenidos en *B. dictyoneura* (Bd), *A. pintoii* (Ap) y *Centrosema macrocarpum* Benth (Cm) en monocultivo y en asociación; Bd en monocultivo fue la especie más productiva con 2.2 t MS ha⁻¹, seguida por las especies en asociación con 1.14 t. Se concluyó que Ap en monocultivo es menos productivo por su hábito de crecimiento decumbente y su baja tasa de crecimiento, lo cual se puede explicar por su ruta fotosintética (C₃)⁽¹⁷⁾.

Los rendimientos de MS reportados para diversos cultivares de *Arachis* han sido variables, como se evidencia en algunas regiones de Costa Rica, con valores de 6.6 y 7.1 t MS ha⁻¹ para el cv. Maní Mejorador (*A. pintoii* CIAT 17434) y el cv. Porvenir (*A. pintoii* CIAT 18744), respectivamente⁽¹⁸⁾. Así mismo, en el trópico de Australia se han registrado

Forage production in *B. dictyoneura* is influenced by soil fertility. In a study done in Colombia, this species exhibited a forage production of 8,435 kg DM ha⁻¹ year in clay soils, 8,657 kg year in loamy soils and 9,419 kg year in sandy soils when nitrogen, phosphorous and potassium were in balance; it provided stable grass production under these conditions⁽¹⁶⁾. These values are similar to present values for *B. dictyoneura*, meaning this species is well adapted to moist tropical conditions. The present results are also similar to those reported for *B. dictyoneura*, *A. pintoii* and *Centrosema macrocarpum* Benth as monocrops and in association: the *B. dictyoneura* monocrop produced 2.2 t DM ha⁻¹; the associations produced 1.14 t. In this study, monocrop *A. pintoii* was the least productive due to this species' prostrate growth habit and low growth rate, both results of its photosynthetic route (C₃)⁽¹⁷⁾.

Dry matter (DM) yields vary between different *Arachis* cultivars in different regions. For example, in Costa Rica *A. pintoii* cv. Maní Mejorador (CIAT 17434) is reported to produce 6.6 t DM ha⁻¹, whereas *A. pintoii* cv. Porvenir (CIAT 18744) produces 7.1 t⁽¹⁸⁾. In tropical Australia, *A. pintoii* produces annual yields varying from 5.2 to 9.6 t⁽⁸⁾, while in Isla Municipality, Veracruz, Mexico, *A. pintoii* (CIAT18744) provides yields of 8.47 t at 13 mo and 9.4 t at 17 mo⁽¹⁹⁾. These yields coincide with the present results, indicating that this legume species is a viable option for improving forage quality for grazing animals.

Growth rate (GR)

Growth rates varied ($P < 0.05$) among treatments, but generally increased in response to higher rainfall, with the highest average in the rainy season (56 kg DM ha⁻¹ d⁻¹), followed by the northwind (37 kg) and dry seasons (16 kg) (Table 1). For each monocrop, the highest respective GR was observed during the rainy season (cv. Toledo=80; *B. dictyoneura*=71; cv. Mulato=69; *A. pintoii*=29 kg DM ha⁻¹ d⁻¹). During the dry season, in comparison, all the monocrops had their lowest respective GR (cv. Toledo=13; *B. dictyoneura*=22; cv. Mulato=16; *A. pintoii*=9 kg DM ha⁻¹ d⁻¹). Indeed, the dry season was the most critical for

rendimientos anuales de 5.2 a 9.6 t MS ha⁻¹, para *A. pintoi*⁽⁸⁾ y en Isla, Veracruz, México, con *A. pintoi* CIAT 18744 se reportan rendimientos de materia seca de 8.47 y 9.40 t MS ha⁻¹ con crecimiento de 13 y 17 meses, respectivamente⁽¹⁹⁾. Los anteriores resultados concuerdan con los rendimientos anuales obtenidos en esta investigación, lo que evidencia que esta leguminosa es una opción viable para aportar un forraje de mejor calidad a los animales en pastoreo.

Tasa de crecimiento (TC)

Los resultados evidencian la gran variación ($P < 0.05$) que existió entre tratamientos (Cuadro 1); durante la época seca se registró la menor TC con 16 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en promedio; conforme se incrementó la disponibilidad de humedad, las TC aumentaron, para ser mayores en la época lluviosa y de nortes (56 y 37 kg, respectivamente). Durante las lluvias las mayores TC fueron en Toledo, *B. dictyoneura* y Mulato con 80, 71 y 69 kg, respectivamente, mientras que el promedio más bajo fue en *A. pintoi* (29 kg). La época seca fue la más crítica durante el año, periodo cuando algunas especies forrajeras entran en latencia y se reactivan, posteriormente, hasta disponer de condiciones favorables, tal como se observó en *Arachis pintoi*, al final de la temporada seca. Estas TC son inferiores a las obtenidas en 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en monocultivo, evaluados en el mismo sitio⁽¹⁰⁾; en la época seca, *B. dictyoneura* tuvo una TC de 35 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, en la de lluvias 118 kg, valores superiores a los obtenidos durante la época de nortes, ya que esta especie sólo produjo 7.0 kg, cuando el forraje se cosechó a cuatro semanas de rebrote para las épocas estudiadas. Se detectaron deficiencias de humedad durante las épocas de nortes y seca, cuando se registraron precipitaciones inferiores a los 20 mm, en las cuatro semanas de crecimiento. Al reportar todos los ecotipos de *Brachiaria*, agrupados por épocas, las TC fueron de 75, 10 y 41 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en las estaciones de lluvias, nortes y seca, respectivamente, valores que son aproximados a los obtenidos en este estudio⁽¹⁰⁾.

En la asociación de Estrella + Clitoria se obtuvo una TC promedio de 29 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, que coincide con las asociaciones empleadas en esta

GR, to the point where *A. pintoi* (like some other forage species) entered latency and did not reactivate until humidity conditions improved. The GR values observed here are lower than those reported for 16 monocrop *Brachiaria* spp. ecotypes evaluated at the same site⁽¹⁰⁾. For example, in this study, with harvesting four weeks after sprouting, *B. dictyoneura* had a GR of 35 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ in the dry season, 118 kg in the rainy season and just 7.0 kg in the northwind season. Rainfall was less than 20 mm during the four weeks of growth in both the northwind and dry seasons, leading to moisture deficiencies. However, when GR is reported for the ecotypes as a group by season, the values (rainy=75; northwind=10; and dry=41 kg DM ha⁻¹ d⁻¹)⁽¹⁰⁾ are similar to those observed here.

The associations studied here had an average GR similar to that of a stargrass + Clitoria association (29 kg DM ha⁻¹ d⁻¹)⁽²⁰⁾, but lower than *B. brizantha* (115 kg) during the rainy season when evaluated with grazing heifers at different forage allotments⁽²¹⁾. Average GR among native grasses in association with *A. pintoi* during the northwind (26 kg DM ha⁻¹ d⁻¹) and rainy seasons (47 kg) showed them to be efficient dry matter producing pastures⁽²²⁾. Clearly, the production capacity of the studied species varies in response to environmental factors such as soil fertility and the amount and distribution of rainfall.

Morphological composition

During the northwind season, the highest proportion of leaves ($P < 0.05$) occurred in the *A. pintoi* (82 %) and Toledo + *A. pintoi* (74 %) treatments, followed by the *B. dictyoneura* + *A. pintoi* (71 %), cv. Toledo (62 %) and Mulato + *A. pintoi* (58 %) treatments (Table 2). Tiller contribution to yield differed ($P < 0.05$) among treatments, with extremes of 17 % in *A. pintoi* and 36 % in *B. dictyoneura*; the remaining treatments had intermediates values (25.4 %). Dead matter accounted for a minor proportion of total morphological composition. Most dead matter occurred in *A. pintoi*, probably because evaluations were made every 28 or 35 d after sprouting, meaning the gramineae plants did not attain senescence and therefore did not generate quantifiable dead matter.

investigación⁽²⁰⁾, pero no con las TC de *B. brizantha* (115 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) reportadas en la estación lluviosa, cuando se evaluó con vaquillas en pastoreo a diferentes asignaciones de forraje⁽²¹⁾. Por otra parte, también se han registrado TC promedio de las épocas de nortes y lluvias de 26 y 47 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ en gramas nativas solas asociadas con *A. pintoii*, respectivamente, resultando ser praderas eficientes para producir materia seca⁽²²⁾. Con estos resultados, se hacen evidentes las diferencias en la capacidad productiva de las especies señaladas, como producto de los cambios en el ambiente: tales como la fertilidad del suelo y distribución de la precipitación en cantidad y oportunidad.

Composición morfológica

Durante la época de nortes, la mayor proporción de hojas ($P<0.05$) ocurrió en *A. pintoii* (82 %) y Toledo + *A. pintoii* (74 %), seguidos por *B. dictyoneura* + *A. pintoii*, Toledo, Mulato + *A. pintoii*, con valores de 71, 62 y 58 %, respectivamente (Cuadro 2). La contribución de tallos al rendimiento fue diferente entre tratamientos ($P<0.05$) y fluctuó

During the dry season, leaf biomass contribution differed ($P<0.05$) among treatments, with a range of 41 to 75 %. The highest values were observed in the *A. pintoii* (75 %), cv. Toledo + *A. pintoii* (66 %) and cv. Toledo (60 %) treatments. Leaf proportion did not differ between the association (56 %) and monocrop (57 %) treatments. Tiller proportion during this season also differed ($P<0.05$) among treatments, with high levels in the *B. dictyoneura* (47 %) and *B. dictyoneura* + *A. pintoii* (39 %) treatments and lower levels in the remaining treatments (average = 18 %). Dead matter proportion increased in all treatments.

No differences among treatments were observed for leaf or tiller proportion during the rainy season (averages of 62 % and 27 %, respectively). Dead matter, however, did differ ($P<0.05$), with the lowest proportion in the *A. pintoii* treatment (9 %) and the highest in the *B. dictyoneura* + *A. pintoii* (15 %) and Mulato + *A. pintoii* (16 %) treatments.

Variation in morphological composition during the northwind season was probably due to temperature

Cuadro 2. Composición morfológica de *A. pintoii* y tres pastos del género *Brachiaria* en monocultivo y asociados durante las tres épocas del año (%)

Table 2. Morphological composition in three *Brachiaria* genus grasses in monocrop and in association with *Archis pintoii* during three annual seasons (%)

	Season								
	Northwind (Dec-Feb)			Dry (Mar-May)			Rainy (Jun-Oct)		
	Leaf	Tiller	MM	Leaf	Tiller	MM	Leaf	Tiller	MM
<i>B. dictyoneura</i> + <i>A. pintoii</i>	71 abc	25 abc	4 cd	46 cd	39 a	15 bc	58	27	15 ab
Mulato + <i>A. pintoii</i>	58 bcd	21 bc	21 a	57 cd	20 b	23 ab	56	28	16 a
Toledo+ <i>A. pintoii</i>	74 ab	22 bc	4 cd	66 a	17 b	17 bc	65	25	10 ab
<i>B. dictyoneura</i>	52 d	36 a	12 cd	41 d	47 a	12 bc	61	26	13 ab
Mulato	55 cd	27 abc	18 ab	54 bc	17 b	29 a	62	27	11 ab
Toledo	62 bcd	31 ab	7 cd	60 b	19 b	21 ab	62	28	10 ab
<i>A. pintoii</i>	82 a	17 c	1 d	75 a	19 b	6 c	67	24	9 b
Average	65	25	10	57	26	17	62	27	12
SEM	1.3	1.1	1	1	1	1	1	0.6	0.6
SIG	**	*	**	**	**	**	NS	NS	*

MM = dead matter; SEM = standard error of the mean. SIG = Significance level, NS = not significant, * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

abcd Means in the same column with a different letter are significantly different (Tukey).

entre 17 % en *A. pintoi* a 36 % en *B. dictyoneura*; mientras que los demás tratamientos tuvieron valores intermedios (25.4 %). La contribución del material muerto (MM) fue casi nulo, principalmente en la leguminosa, posiblemente debido a que las evaluaciones se hacían cada 28 o 35 días de rebrote y las plantas no alcanzaron niveles de senescencia para generar suficiente material muerto cuantificable.

La contribución de las hojas a la biomasa total durante la época seca, fluctuó entre 41 y 75 % con diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$); con los valores más altos para *A. pintoi*, Toledo + *A. pintoi* y Toledo, con 75, 66 y 60 %, respectivamente. Mientras que la contribución promedio de hojas fue similar para los cultivos asociados y en monocultivo (56 y 57 %). De igual manera existieron diferencias entre especies ($P < 0.05$) en la aportación promedio de tallos, los mayores porcentajes fueron en *B. dictyoneura* (47 %) y *B. dictyoneura* + *A. pintoi* (39 %) y menor en los demás tratamientos (18 %, en promedio). En la época de sequía, el material muerto aumentó en todos los tratamientos.

Durante época de lluvias, no existieron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos para el componente hoja; el promedio de todos los tratamientos fue 62 %, mientras que el MM si fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$); el menor valor se obtuvo en *A. pintoi* (9 %) y el mayor (15 y 16 %) en *B. dictyoneura* + *A. pintoi* y Mulato + *A. pintoi*. La variación en la composición morfológica en la época de nortes es atribuido a los cambios en la temperatura, ya que éste es un factor determinante para un adecuado crecimiento de las plantas. En la época seca, la mayor temperatura y radiación aceleró el crecimiento de las hojas, mientras que la falta de humedad en el suelo, contribuyó a que se incrementara la velocidad de senescencia de las plantas; por lo que al disminuir la proporción de hojas, también disminuyó el crecimiento de las plantas. En la época lluviosa, la combinación de altas temperaturas, radiación y mayor precipitación, favoreció el crecimiento de las hojas, por lo que en esta época, se obtuvieron los mayores rendimientos de forraje, lo que se puede atribuir a una temperatura

changes that occur in this season since this factor heavily influences plant growth. Higher temperatures and solar radiation during the dry season accelerated leaf growth, while lack of soil moisture contributed to increasing plant senescence rate. These factors decreased leaf proportion and growth rate. A combination of high temperatures, high radiation and greater rainfall during the rainy season favored increased leaf growth and produced consequent higher forage yield. This can be attributed mostly to the optimum temperature during this season for leaf growth in tropical grasses, which fluctuates between 20 and 25 °C⁽²³⁾. Leaf cell number and size are also reported to increase during autumn in response to temperature and radiation⁽²⁴⁾, which coincides with the present results of higher leaf proportion during the rainy season and autumn.

Botanical composition

During the northwind season, botanical composition in the cv. Mulato + *A. pintoi* and cv. Toledo + *A. pintoi* treatments was 58 % gramineae, 30 % *A. pintoi* and 12 % weeds, whereas in the *B. dictyoneura* + *A. pintoi* treatment the proportions were 32 % gramineae, 36 % *A. pintoi* and 32 % weed (Figure 1). During the dry season, weed proportion in the associations decreased to 6 %, the gramineae proportion increased to 72 % and the *A. pintoi* proportion decreased to 22 %. During the rainy season, the average combined proportion of the gramineae and *A. pintoi* remained at 90 % in the associations. Throughout the experimental period, average proportions in the associations were 62 % gramineae, 26 % *A. pintoi* and 12 % weeds. In the monocrop gramineae treatments weeds accounted for 3 % of biomass, whereas in the *A. pintoi* monocrop these accounted for 23 %, which increased over time.

The present results indicate that the studied gramineae associated well with *A. pintoi*, probably due to their erect growth habit. In an evaluation of gramineae as monocrops and in association with *A. pintoi*, it was observed that the monocrop gramineae dominated weed species (74 %), whereas in the associations *A. pintoi* dominated (62 %)⁽²²⁾. In another study, the proportion of *A. pintoi* in an

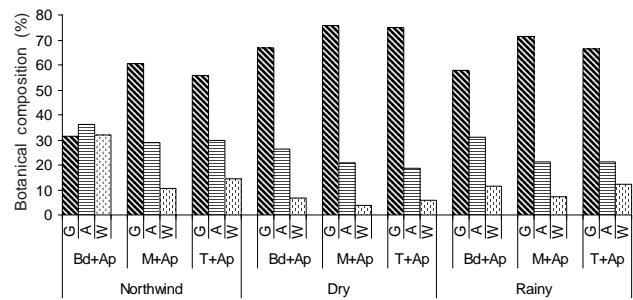
óptima para el crecimiento de las hojas; la cual, en pastos tropicales, fluctúa entre 20 y 25 °C⁽²³⁾. Otros investigadores mencionan que en otoño, aumenta el número y tamaño de las células de la hoja, por efecto benéfico de la temperatura y la radiación⁽²⁴⁾, lo que se pudo constatar en este estudio, al haber una mayor proporción de hojas en la época lluviosa y en otoño.

Composición botánica

En la época de nortes se observó que las asociaciones de Mulato + *A. pinto* y Toledo + *A. pinto* (Figura 1) presentaron, en promedio, 58, 30 y 12 % de gramínea, *Arachis* y maleza, respectivamente. En la asociación de *B. dictyoneura* + *A. pinto*, la maleza participó en 32 %, el pasto en 32 % y *Arachis* con 36 %; mientras que, para la época seca, el porcentaje de maleza en las asociaciones disminuyó hasta 6 % y la proporción de gramíneas aumentó a 72 % y *Arachis* disminuyó a 22 %. Durante las lluvias, la proporción de las especies se mantuvo estable, con mayor predominio de la gramínea y la leguminosa, con promedio de ambas de 90 %. En todo el periodo experimental, las proporciones promedio de gramínea, leguminosa y maleza fueron 62, 26 y 12 %. Para gramíneas en monocultivo, la maleza representó 3 %, mientras que en *A. pinto* se registró el mayor porcentaje de maleza (23 %), la cual aumentó con el tiempo. En general, las gramíneas mostraron una alta capacidad de asociación con *A. pinto*, lo que puede atribuirse a su hábito de crecimiento erecto. En una evaluación de gramíneas en monocultivo y asociadas con *A. pinto* se encontró que las gramíneas en monocultivo dominaron a la maleza en 74 %; mientras que en la asociación, la leguminosa fue la especie que mantuvo mayor porcentaje (62 %)⁽²²⁾. Cuando se asoció *A. pinto* con *B. dictyoneura*, la leguminosa descendió de 54 a 30 %, conforme transcurrió la estación de sequía, debido a que la leguminosa se ve afectada negativamente, en mayor proporción a la gramínea, por la falta de humedad del suelo durante la estación seca⁽²⁵⁾. Así mismo, el pastoreo puede afectar parcial o totalmente el equilibrio de una comunidad de especies forrajeras dando oportunidad a que la maleza de crecimiento rápido colonice los espacios vacíos, ya que son especies

Figura 1. Composición botánica de *A. pinto* y tres pastos del género *Brachiaria* asociados en tres épocas del año (%)

Figure 1. Botanical composition of three *Brachiaria* genus grasses in association with *Arachis pinto* during three annual seasons (%)



G= Gramineae, A= *Arachis*, W= Weeds. Bd+Ap= *B. dictyoneura* + *A. pinto*; M+Ap= Mulato + *A. pinto*; T+Ap= Toledo + *A. pinto*.

association with *B. dictyoneura* decreased from 54 to 30 % as the dry season progressed because the lack of soil moisture more severely affected the legume than the gramineae⁽²⁵⁾. Grazing can partially or totally affect the balance in a forage species community by providing an opportunity for fast-growing weeds to colonize empty space since these weed species are more tolerant and competitive. When grazing, cattle also only consume desirable species, meaning undesirable species must be eliminated to maintain higher forage species proportions⁽²⁶⁾. To obtain maximum benefit from gramineae + legume associations, legumes must be maintained in pastures at a proportion of 30 to 40 %. In the present study, the *Brachiaria* + *A. pinto* associations provided excellent botanical compositions which coincided with those reported by other authors⁽⁷⁾.

Tiller density

No differences ($P > 0.05$) between treatments were observed in any of the evaluated months (Table 3). Differences ($P < 0.05$) were recorded, however, within the evaluated months, in which the highest average tiller densities occurred in February (1,161 tillers m^{-2}), March (1,080 tillers) and October

de mayor tolerancia y aptitud competitiva. Además, el ganado cuando se alimenta es selectivo y, es posible, que deje sin consumir especies no deseadas y, si éstas no son eliminadas, se mantendrán en la pradera en mayor proporción⁽²⁶⁾. Para obtener el máximo beneficio de las asociaciones, la leguminosa debe mantenerse en la pradera en una proporción de 30 a 40 %, por lo que se puede concluir que en este estudio, las asociaciones de pasto *Brachiaria* con *A. pintoi* fue excelente, lo que concuerda con otros autores⁽⁷⁾.

Densidad de tallos

No existieron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en ninguno de los meses de evaluación (Cuadro 3), pero sí se detectaron diferencias entre los meses de evaluación; así, la mayor densidad promedio de tallos ocurrió en febrero, marzo y octubre con 1,161, 1,080 y 1,110 tallos m^{-2} , respectivamente y la menor en abril (637 tallos m^{-2}) y mayo (706 tallos). Entre especies, la mayor densidad de tallos ocurrió en *B. dictyoneura* en febrero (1,902 tallos). Considerando todo el periodo experimental, la mayor densidad de tallos la obtuvo *B. dictyoneura*, sin haber detectado diferencias ($P > 0.05$) significativas (1,262 vs 1,231 tallos), por lo que estos valores son sólo diferentes numéricamente, cuando la especie estuvo en monocultivo o asociada;

(1,110 tillers), and the lowest densities in April (637 tillers) and May (706 tillers). The overall highest tiller density occurred in *B. dictyoneura* in February (1,902 tillers). During the entire experimental period, *B. dictyoneura* had the highest average tiller density in the monocrop and association treatments, with no differences ($P > 0.05$) between treatments, and cv. Toledo had the lowest tiller density in the monocrop and association treatments, with no differences between treatments.

Increased tiller density is principally related to temperature and moisture conditions since these are the main factors influencing tiller number and size. Therefore, under favorable climatic conditions tiller production increases and this higher number of tillers is reflected in greater forage biomass in a pasture⁽²⁴⁾. Alterations in vegetal morphology after grazing stimulates tiller dynamics, suggesting that the introduction of cattle into pastures is another factor in increased tiller production and appearance⁽²⁷⁾. In a study of bahia grass (*Paspalum notatum* Flüggé), average tiller density was 3,819 to 4,875 tillers⁽²⁸⁾, which is notably higher than in the present study. This difference is probably due to high tiller mortality during the dry season (four months long on average) which normally occurs in the study area, as well as the different adaptive attributes of each species, which make them respond

Cuadro 3. Densidad de tallos (m^{-2}) en tres pastos del género *Brachiaria* asociados y en monocultivo, durante el periodo experimental

Table 3. Tiller density (m^{-2}) in three *Brachiaria* genus grasses in monocrop and in association with *Archis pintoi*

	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Average
<i>B. dictyoneura</i> + <i>A. pintoi</i>	1233	1050	1337	1393	732	820	963	1098	1202	1751	1966	1231
Mulato + <i>A. pintoi</i>	923	1194	1321	1098	621	684	708	820	756	732	788	877
Toledo + <i>A. pintoi</i>	470	676	692	668	462	637	684	732	676	716	804	656
<i>B. dictyoneura</i>	1241	1631	1902	1838	963	772	812	867	971	1281	1600	1262
Mulato	796	836	987	891	597	621	645	796	748	859	812	781
Toledo	637	700	724	589	446	700	844	804	748	708	692	690
Average	883	1015	1161	1080	637	706	776	853	850	1008	1110	916
SEM	85.7	86.4	86.4	86.0	84.8	85.0	84.8	84.8	84.6	84.6	85.8	
SIG	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

SEM = standard error of the mean. SIG = Significance level.

NS = Not significant.

contrariamente, la menor densidad de tallos la presentó Toledo solo y asociado con 690 vs 656 tallos, respectivamente.

El aumento en densidad de tallos se relaciona, principalmente, con la temperatura y la humedad, por consiguiente, cuando las condiciones climáticas son favorables, existe una elevada producción de tallos lo que se refleja en una mayor biomasa forrajera⁽²⁴⁾. La morfología vegetal, alterada después del pastoreo, estimula la dinámica de tallos, lo que permite suponer que la introducción de ganado bovino en las praderas, es otra determinante del incremento en la producción y aparición de tallos⁽²⁷⁾. En pasto Bahía *Paspalum notatum* Flüggé), se encontró una densidad promedio de 3,819 a 4,875 tallos⁽²⁸⁾, valores superiores a los encontrados en este estudio, atribuido a la ocurrencia de una estación seca de cuatro meses, registrada normalmente en este periodo de evaluación, que causa alta mortalidad de tallos, como por los diferentes atributos adaptativos de cada especie, lo cual las hace responder diferencialmente al manejo y ambiente. Otro factor que afecta la población de tallos, son las reservas de carbohidratos, ya que desde hace mucho tiempo se ha evidenciado que de éstas depende la rápida recuperación de las plantas después de un corte o pastoreo, lo cual puede ser limitante para la producción constante de tallos; para evitar la pérdida excesiva de carbohidratos, es necesario dejar suficiente material remanente en la pradera, lo cual estimulará el crecimiento de tallos⁽²⁹⁾.

Peso por tallo

La densidad y peso de los tallos está relacionada con el rendimiento de forraje de una pradera. Así, en este estudio, la variación encontrada entre pastos fue evidente, ya que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre especies (Cuadro 4), en todos los meses de evaluación. Se observó que al asociar las gramíneas con la leguminosa, no se afectó el peso promedio de los tallos, pues éstos resultaron similares, tanto en asociación como en monocultivo. Los mayores valores de peso de tallos se registraron en junio, julio y octubre, con un promedio 1,215 mg tallo⁻¹. En monocultivo, el pasto Toledo tuvo el mayor peso, con promedio, durante

diferencialmente to management and environmental factors. Carbohydrate reserves also affect tiller population since plant recovery after cutting or grazing requires sufficient carbohydrate reserves. Insufficient reserves may limit constant tiller production. To prevent excessive carbohydrates losses, enough remnant material must be left in a pasture to stimulate tiller growth⁽²⁹⁾.

Tiller weight

Both tiller density and weight are related to forage yield in a pasture. In the present experiment tiller weight results, showed differences ($P < 0.05$) among gramineae species in all the evaluated months (Table 4). Average tiller weight was not affected by the association since the values were similar in the association and monocrop treatments. The highest tiller weights were observed in June, July and October (average=1,215 mg tiller⁻¹). In the monocrops, cv. Toledo had the highest weight during all months (average=1,513 mg tiller⁻¹), followed by cv. Mulato (941 mg) and *B. dictyoneura* (449 mg).

Tiller weight was inversely proportional to gramineae species tiller density. For this reason, *B. dictyoneura* had the highest tiller densities (Table 3) but the lowest average tiller weight, whereas cv. Toledo had the lowest tiller density but the highest tiller weight. This trend was due to the notably different morphology and architecture of these species. The Mulato and Toledo cultivars have an erect growth habit and produce fewer, but thicker, tillers, allowing them to grow to larger sizes and weights. By comparison, *B. dictyoneura* has a semi-prostrate growth habit that allows it to form a large number of thin runners that weigh much less than tillers in the other studied gramineae. Average tiller weight for *B. dictyoneura* observed here during the rainy season (517 mg tiller⁻¹) is similar to reported values for similar conditions⁽³⁰⁾. The inverse relationship observed here between tiller density and weight has been reported previously⁽³¹⁾.

Although the overall highest forage yields in the present results were observed in the gramineae monocrops, the *B. dictyoneura* + *Arachis pintoi* association produced the highest legume forage yields. These yields are considered adequate for an association.

Cuadro 4. Peso por tallo (mg) en tres pastos del género *Brachiaria* asociados y en monocultivo

Table 4. Tiller weight (mg) in three *Brachiaria* genus grasses in monocrop and in association with *Arachis pintoii*

	2006						
	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Average
<i>B. dictyoneura</i> + <i>A. pintoii</i>	396 c	513 c	560 c	555 b	238 c	536 c	466 c
Mulato + <i>A. pintoii</i>	859 bac	993 bc	1238 bac	938 ba	780 bac	1115 c	987 b
Toledo + <i>A. pintoii</i>	1263 a	1775 ba	2120 a	1438 a	1088 a	1948 ba	1605 a
<i>B. dictyoneura</i>	395 c	493 c	513 c	563 b	228 c	503 c	449 c
Mulato	689 bc	1263 bac	1123 bc	925 ba	453 bc	1193 bc	941 b
Toledo	1028 ba	2063 a	1933 ba	1090 ba	965 ba	1998 a	1513 a
Average	771	1183	1248	918	625	1215	993
SEM	39	69.6	77	68	51	63	36
SIG	*	*	*	*	*	**	**

SEM = standard error of the mean. SIG = Significance level, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

abc Means in the same column with a different letter are significantly different (Tukey).

todos los meses de 1,513 mg tallo⁻¹, seguido por Mulato (941 mg tallo⁻¹) y finalmente *B. dictyoneura* (449 mg tallo⁻¹). El peso de los tallos de las diferentes especies, estuvo relacionado inversamente con la densidad; así, *B. dictyoneura* alcanzó mayores densidades de tallos (Cuadro 3), pero con menor peso promedio por tallo y contrariamente a Toledo, que tuvo la menor densidad de tallos, pero con mayor peso por tallo. La diferencias en morfología y arquitectura de las especies evaluadas, fue notoria, a lo que se puede señalar que los pastos Mulato y Toledo, son de crecimiento erecto y producen menor densidad de tallos, pero estos son de mayor grosor, lo cual les permite desarrollarse y alcanzar un mayor tamaño y peso, en comparación con *B. dictyoneura* que es de crecimiento semidecumbente, que permite la formación de gran cantidad de estolones delgados y, por tanto de menor peso que tallos de las otras especies evaluadas. En *B. Brachiaria dictyoneura* se han registrado valores promedio de 517 mg tallo⁻¹ en la época lluviosa, que son datos similares a los obtenidos en este estudio y evaluados en condiciones similares⁽³⁰⁾. Diversos autores ratifican lo encontrado en este estudio, pues han señalado que a mayor densidad de tallos, es menor el peso de estos⁽³¹⁾.

Se puede concluir que independientemente de que los mayores rendimientos se obtuvieron en los

Growth rates were highest during the rainy season, intermediate in the northwind season and lowest in the dry season. Association of the gramineae with *A. pintoii* had no effect on tiller dynamics since this occurred at the same magnitude in the monocrop treatments. The lowest tiller appearance rate was recorded during the dry season when environmental conditions were inadequate for active growth in the studied grasses. The individual characteristics of each species had a generally positive influence on their ability to coexist in association with *A. pintoii*, with the optimum association being that of *B. dictyoneura* + *A. pintoii*.

End of english version

monocultivos, la asociación de *B. dictyoneura* con *Arachis pintoii*, produjo los rendimientos más altos de forraje de leguminosa, lo que se considera adecuado en una asociación. Así mismo, las mayores tasas de crecimiento se obtuvieron en la época de lluvias, intermedias en la de nortes y menor durante la seca. La asociación de las gramíneas con la leguminosa no afectó la dinámica de tallos, ya que ésta ocurrió en la misma magnitud que en monocultivo. La menor tasa de aparición de

tallos se presentó en la época seca, debido a que las condiciones ambientales no fueron las adecuadas para el crecimiento activo de los pastos. En general, las características individuales de las especies, influyeron positivamente para que ocurriera una buena coexistencia entre especies, y la mejor asociación ocurrió entre *B. dictyoneura* + *A. pintoi*.

LITERATURA CITADA

- Da Silva SC, Carvalho PC de F. Foraging behavior and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. XX International Grassland Congress-Grasslands a Global Resource. University College. Dublin, Ireland. 2005:81-95.
- Radulovich R. Sequential cropping as a function of water in a seasonal tropical region. Agron J 2000;(92):860-867.
- Da Silva SC. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: The basis for planning efficient grazing management practices. II Symposium on grasslands ecophysiology and grazing ecology. Curitiba, Brazil. 2004:46.
- Wenzl P, Patiño MG, Chavez LA, Mayer JE, Rao IM. The high level of aluminum resistance in signalgrass is not associated with know mechanism of external aluminum detoxification in root apices. Plant Physiol 2001;(125):1473-1484.
- Argel PJ. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganaderas en sistemas de doble propósito. CIAT. San José, Costa Rica. Arch. Latinoam Prod Anim 2006;14(2):65-72.
- Enríquez QJF, Meléndez NF, Bolaños AED. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7 División Pecuaria. Veracruz, México. 1999.
- Rojas HS, Olivares PJ, Jiménez GR, Hernández CE. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista Electrónica de Veterinaria 2005;6(5):1-19.
- Cook BG, Williams RJ, Wilson GPM. Register of Australian herbage plant cultivars. B. Legumes. 21. Arachis. (a) *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. Aust J Exp Agric 1990;30:445-446.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 4° ed. México: UNAM, Instituto de Geografía; 1988.
- Enríquez QJF, Romero MJ. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. Agrociencia 1999;33(2):141-148.
- Hunt R. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. London England: Unwin Hyman; 1990.
- SAS. SAS. User's Guide: Statistics (version 8. Sixth edition. Cary, NC, USA:SAS Inst. Inc. Inc. 1999.
- Castillo GE, Valles de la Mora B, Mannetje L, Aluja SA. Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de gramas nativa del trópico húmedo mexicano. Téc Pecu Méx 2005;43(2):287-295.
- Taiz L, Zeiger E. Plant physiology. Third Ed. Sutherland, Ma USA: Sinauer Associates. Inc. 2002.
- Walton PD. Production & management of cultivated forages. The physiology of forage crop growth: The legumes. USA: Reston Publishing Company, Inc. Prentice-Hall; 1983.
- Brito E, Aguilar C, Cañas R, Vera R. Sostenibilidad de *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura Colombiana. II Experimentación con un modelo de simulación. Arch Latinoam Prod Anim 1998;6(1):39-58.
- Gomez-Carabali A, Rao MI, Beck RF, Ortiz M. Adaptación de una gramínea C₄ y dos leguminosas C₃ forrajeras a un Andisol ácido degradado de Colombia. Pasturas Tropicales 1998;20(1):1-7.
- Argel PJ, Villarreal MM. Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas. y Gregory. Cultivar porvenir. (CIAT 18744). Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). San Carlos, Costa Rica. 1997:32.
- Enríquez QJF. Efecto de la aplicación de cal y la época de cosecha en la producción de semilla de *Arachis pintoi* CIAT 18744. Pasturas Tropicales 2001;23(1):25-28.
- Ramírez RO, Pérez PJ, Hernández GA, Herrera HJG, Martínez HPA. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferente asignación de forraje. Téc Pecu Méx 2003;41(2):219-230.
- Hernández GA, Martínez HPA, Mena UM, Pérez PJ, Enríquez QJF. Dinámica de rebrote en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación lluviosa. Téc Pecu Méx 2002;40(2):193-205.
- Fernández TL, Castillo GE, Ocaña ZE, Valles de la Mora B, Jarrillo RJ. Características de la vegetación en gramas nativas solas o asociadas con *A. pintoi* CIAT 17434 en pastoreo rotacional intensivo. Téc Pecu Méx 2006;44(3):365-378.
- Robson MJ, Ryle GJA, Woledge J. The grass crop: The physiological basis of production. Jones MB, Lazenby. Chapman and Hall. Eds. Great Britain. 1988:33-38.
- Michel D, Helene D. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. Ann Bot 2000;85:635-643.
- Carulla JE, Lascano CE, Ward JK. Selectivity of resident and esophageal fistulated steers grazing *Arachis pintoi* and *Brachiaria dictyoneura* in the Llanos of Colombia. Trop Grassl 1991;25:317-324.
- Chapman R. Competition and succession in pastures. Competition and succession in re-created botanically diverse grassland communities. Tow PG, Lazenby A editors. CAB International. New York, USA. 2001.
- Michael TA, Douglas AF. Defoliation effects on reproductive biomass: Importance of scale and timing. J Range Managem 2003;56:501-516.
- Hirata M, Pakiding W. Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. Trop Grassl 2001;35:151-160.
- Larry MW. Carbohydrate reserves of grasses: A review. J Range Managem 1973;26(1):13-18.
- Martínez MD. Dinámica de crecimiento y producción de forraje de *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 cv. Llanero a diferentes frecuencias y alturas de corte. [Tesis Maestría] Montecillo, Estado de México. Colegio de Posgraduados. 2006.
- Hirata M, Pakiding W. Tillers dynamics in bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertiliser rate, defoliation intensity and season. Trop Grassl 2004;38:100-111.