

# Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*

## Seed production and filling grain index in different ecotypes of three species of *Brachiaria* genus

Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>a</sup>, Adrián Raymundo Quero Carrillo<sup>b</sup>, Alfonso Hernández Garay<sup>c</sup>

### RESUMEN

Para caracterizar la variabilidad en rendimiento y calidad de semilla de varios ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*, se realizó esta investigación, en condiciones de temporal, en Isla, Ver., México. Se evaluaron 12 ecotipos de *B. brizantha* (Trin.) Griseb, 9 de *B. decumbens* Stapf. y 6 de *B. humidicola* (Rendle) Schweick; fertilizados con 100 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Se midió la densidad de tallos florales, el rendimiento de semilla cruda, y clasificada (RSCLA), así como el rompimiento de latencia. Se analizaron índices de llenado de semilla y eficiencia productiva como indicadores de rendimiento. Los ecotipos se distribuyeron en un diseño en bloques al azar. El RSCLA en *B. brizantha* fue mayor ( $P < 0.05$ ) para los ecotipos 16549 y 6387, con 139 y 151 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En *B. decumbens*, el ecotipo 16497 fue el mejor, con 262 kg ha<sup>-1</sup>; mientras que en *B. humidicola*, el ecotipo 6133 produjo 345 kg ha<sup>-1</sup>. Los testigos comerciales, Insurgente, Chontalpo y Chetumal, tuvieron un RSCLA de 32, 106 y 21 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, lo que significó el 21, 40 y 6 % del mejor ecotipo dentro de cada especie. No se observó una relación directa entre RSCLA y la densidad de tallos florales, por lo que son caracteres independientes, lo cual hace del llenado de grano un atributo variable en este género. La semilla cosechada no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ) en el rompimiento de latencia. El manejo de la DTF, en ecotipos de *Brachiaria* con mayor eficiencia de llenado, y la disponibilidad de recursos genéticos, son una alternativa para incrementar el rendimiento de semilla cruda dosificada.

**PALABRAS CLAVE:** Semilla de pastos, Índice de llenado, Almacenamiento, Densidad de tallos florales, Latencia.

### ABSTRACT

The aim of this study was to characterize variability in seed production and quality of three species of the genus *Brachiaria*, at Isla, Veracruz, México. Twelve *Brachiaria brizantha* (Trin.) Griseb, nine *B. decumbens* Stapf. and six *B. humidicola* (Rendle) Schweick ecotypes were studied. Plots were fertilized with 100 kg ha<sup>-1</sup> of N and 50 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, in the rainy season. Reproductive tiller density (RTD), crude (CSP) and classified seed yield (CLSY) and seed dormancy were measured. Filling grain index (FGI) and productive efficiency were used as yield indicators. Ecotypes were allocated in a completely randomized block design. Classified seed production of 16549 and 6387 *B. brizantha* ecotypes was 139 and 151 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. In *B. decumbens* and *B. humidicola* the ecotypes 16497 and 6133 with 262 and 345 kg ha<sup>-1</sup> of CLSP were the most productive. Commercial controls Insurgente, Chontalpo and Chetumal produced 32, 106 and 21 kg ha<sup>-1</sup> of CLSY, respectively. These yields represented 21, 40 and 6 % of CLSY of the best ecotypes within each specie. There was not a direct relationship between CLSY and RTD, hence both are independent characters, which makes FGI a variable attribute in this genus. Seed dormancy did not show significant differences ( $P > 0.05$ ). Reproductive tiller density management in *Brachiaria* ecotypes with higher FGI, and the use of available genetic diversity are an alternative to increase the classified seed yield.

**KEY WORDS:** Grass seed, Filling index, Storage, Reproductive tiller density, Dormancy.

Recibido el 7 de septiembre de 2004 y aceptado para su publicación el 28 de octubre de 2004.

<sup>a</sup> Campo Experimental Papaloapan, CIR-Golfo Centro, INIFAP. Apartado postal 43 Isla, Veracruz CP 95641. Tel y Fax : 01-283-97-4-08-39: enriquez.javier@inifap.gob.mx. Correspondencia al primer autor.

<sup>b</sup> Colegio de Postgraduados. Campus San Luis Potosí.

<sup>c</sup> Programa de Ganadería. IREGEP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México

A partir de 1989 se ha registrado una alta demanda de semilla de las especies *B. brizantha* (Trin.) Griseb, *B. decumbens* Stapf. y *B. humidicola* (Rendle) Schweick por parte de los ganaderos del trópico mexicano, la cual se ha satisfecho mediante la importación. Entre los inconvenientes que ocasiona la importación de semilla destacan: fuga de divisas, riesgos sanitarios, baja calidad, altos precios y disponibilidad incierta<sup>(1)</sup>. En años recientes, se inició la producción de semilla del pasto Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth.), en los estados de Guerrero, Nayarit y Chiapas, producción que cubre la demanda doméstica<sup>(2,3)</sup>.

Actualmente, se dispone de alrededor de 400 ecotipos de *B. brizantha*, 83 de *B. decumbens* y 105 de *B. humidicola*, conservados en bancos de germoplasma de instituciones de investigación en el mundo<sup>(4)</sup>. En Brasil se reportan, para *B. brizantha* y *B. decumbens*, rendimientos comerciales de semilla pura (SP) de 1,000 kg ha<sup>-1</sup>, recolectando la semilla del suelo; mientras que la cosecha mecánica tiene un rendimiento mucho menor<sup>(5)</sup>. En Australia, el mayor rendimiento de SP en *B. humidicola* fue de aproximadamente 400 kg ha<sup>-1</sup>, con cosecha mecánica y varió de acuerdo con la latitud, altitud, manejo y método de cosecha<sup>(6)</sup>. Es importante destacar que la semilla de *B. brizantha* y *B. decumbens* mejoran sus porcentajes de germinación si se recolectan directamente del suelo, en comparación con la cosecha directa de la espiga<sup>(7)</sup>. En el género *Brachiaria* se han reportado bajos rendimientos de semilla llena<sup>(2)</sup>, lo que representa una limitante para su uso masivo<sup>(7)</sup>; además, es reconocido el problema de caída de semilla y presencia de embriones rudimentarios en *Brachiaria*, debido al tiempo variable de maduración del embrión, el cual es dependiente del ambiente<sup>(5,8,9)</sup>. Para este ensayo se seleccionaron materiales sobresalientes del género *Brachiaria* (tanto ecotipos como cultivares comerciales) en pruebas agronómicas realizadas en diversos ambientes de América Latina tropical<sup>(10,11,12)</sup>.

La producción de semilla de muchas especies tropicales presenta problemas específicos; sin embargo, algunos pueden superarse mediante la exploración de

From 1989 onwards a high demand for seed of *Brachiaria brizantha* (Trin) Griseb, *Brachiaria decumbens* Stapf, and *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick by Mexican cattlemen in the tropics has been observed. This demand has been met through seed imports and has had several adverse effects: loss of foreign currency, plant health risk, low quality, high prices and erratic supply<sup>(1)</sup>. In recent years production of Llanero grass (*Andropogon gayanus* Kunth) began in the States of Guerrero, Nayarit and Chiapas, in sufficient quantities to meet domestic demand<sup>(2,3)</sup>.

Currently, some 400 ecotypes of *B. brizantha* (Trin) Griseb, 83 of *B. decumbens* Stapf and 105 of *B. humidicola* (Rendle) Schweick, conserved in germplasm banks in research organizations are available worldwide<sup>(4)</sup>. In Brazil, yields of 1,000 kg ha<sup>-1</sup> of pure seed (PS) in commercial plots were reported when gathering seed from the ground, yield being less with mechanical harvest. In Australia the highest PS yield reported in *B. humidicola* was 400 kg ha<sup>-1</sup> using mechanical harvest and it varied with latitude, altitude, management and harvesting method<sup>(6)</sup>. It should be noted that *B. brizantha* (Trin.) Griseb, and *B. decumbens* Stapf seed improve their germination indices when gathered from the ground and it was compared with seed harvested from the spike<sup>(7)</sup>. Low yields are reported for pure seed in *Brachiaria*<sup>(2)</sup> genus which limits its massive adoption<sup>(7)</sup>. Besides, seed shattering and presence of undeveloped embryos in this genus owing to variable maturity cycles which depends on environmental conditions constitute an additional problem<sup>(5,8,9)</sup>. For this study, outstanding evaluated materials of the genus *Brachiaria* (both ecotypes and commercial varieties) were selected from several previous agronomic tests throughout tropical Latin America<sup>(10,11,12)</sup>.

Seed production in many tropical species presents specific problems; however, some can be overcome by exploring genetic diversity. Dormancy is a physical or physiological condition of viable seeds that inhibits germination in favorable conditions<sup>(13)</sup>. In *Brachiaria*, the seed shows an impermeable barrier made up by superposition of the lemma on a coriaceous palea

la diversidad genética. La latencia es una condición física o fisiológica de una semilla viable que impide su germinación en condiciones favorables<sup>(13)</sup>. En *Brachiaria*, el cariósido tiene una cáscara impermeable, formada por la sobreposición de la lema que contiene a la palea coriácea, que está unida a la semilla, lo que es un factor de dormancia<sup>(3,14,15)</sup>. La prueba común para determinar calidad de semilla es la prueba de germinación<sup>(13)</sup>.

Las semillas recién cosechadas poseen latencia; no obstante, con el tiempo, la semilla envejece y puede morir, perdiendo vigor a un ritmo que varía según las condiciones de manejo y almacenamiento<sup>(16)</sup>. La semilla de algunas especies del género *Brachiaria* presentan dos tipos de latencia; una de origen físico, caracterizada por los tejidos que cubren la semilla, y otra de origen fisiológico, debida a latencia del embrión. La latencia física puede superarse al retirar la cáscara o cubierta que envuelve la semilla, por medios físicos o químicos<sup>(17)</sup>. De manera práctica, la latencia se rompe mediante almacenamiento adecuado; durante éste, ocurren cambios bioquímicos que permiten su germinación; de esta forma, su balance hormonal se altera, la permeabilidad de la cubierta cambia y puede haber sustancias promotoras de la germinación<sup>(18)</sup>. Los objetivos de la presente investigación fueron: evaluar el rendimiento, calidad, latencia y llenado de grano, en 27 ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*.

El estudio se realizó en el Campo Experimental Papaloapan, en el municipio de Isla, Veracruz, localizado a 18° 06' Norte y 95° 32' Oeste, a una altitud de 65 m. El clima está clasificado como Aw<sub>0</sub><sup>(19)</sup>, con precipitación y temperatura promedio anual de 1,000 mm y 25.7 °C, respectivamente. El tipo de suelo es Acrisol órtico, con pH de 4.0 a 4.7, pobre en materia orgánica, N, Ca y K, y textura migajón arenoso.

Se evaluaron 12 ecotipos de *Brachiaria brizantha*, 9 de *B. decumbens* y 6 de *B. humidicola*, proporcionados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), sobresalientes por su adaptación y productividad en regiones tropicales<sup>(4,10,11)</sup>. Las parcelas experimentales se establecieron tres años antes, por lo que la cobertura

attached to the caryopsides, which causes dormancy<sup>(3,14,15)</sup>. The most common method to determine seed quality is the germination test<sup>(13)</sup>.

Seeds recently harvested are dormant; however, with time they get older and die, losing vigor at a rate dependent on management and storage conditions<sup>(16)</sup>. Seeds of some *Brachiaria* species show two types of dormancy, one physical characterized by the tissues that cover the seed and the other physiological, due to embryo dormancy. Physical dormancy can be overcome by breaking or tearing apart the seed skin with physical or chemical methods<sup>(17)</sup>. Practically, dormancy is broken through adequate storage, in which biochemical changes happen in the seed which allow its germination, the hormonal balance is altered, seed skin permeability changes and germination promoters can be synthesized<sup>(18)</sup>. The aims of the present study were to assess yield, quality, dormancy and grain filling in seeds of 27 ecotypes of the *Brachiaria* genus.

This study was carried out in INIFAP's Papaloapan Experimental Station, located at Isla Municipality, State of Veracruz, Mexico, 18° 06' N and 95° 32' W, 35 m above sea level, climate being Aw<sub>0</sub><sup>(19)</sup>, with 1,000 mm annual rainfall and 25.7 °C annual average temperature. Soils are classified as ortic acrisols, 4.0 to 4.7 pH, low content of organic matter, N, P and K, with a sandy loam texture.

Twelve outstanding ecotypes - regarding adaptation and production in tropical environments - of *B. brizantha*, nine of *B. decumbens* and six of *B. humidicola* provided by Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) were assessed<sup>(4,10,11)</sup>.

Experimental plots were established three years ago, and pasture density at the time of the experiment was more than 90 %. Each plot was 10 m<sup>2</sup>, being the useful plot 1 m<sup>2</sup> in the centre furrows. Ecotypes were distributed completely at random in an experimental block design with four replicates.

At the beginning of the rainy season a cut was carried out at 10 cm above ground level for uniformity, synchronize flowering and afterwards

aérea en general, fue superior a 90 %. Las parcelas tuvieron una área total de 10 m<sup>2</sup>, considerando como parcela útil 1.0 m<sup>2</sup>, en los surcos centrales. Los ecotipos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Al inicio de la época de lluvias, se efectuó un corte de uniformización del material vegetal, a 10 cm del suelo, para sincronizar la floración y, posteriormente, se fertilizó con 100 y 50 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La cosecha de semilla se realizó en forma manual y se colectaron inflorescencias cuando éstas tomaban una coloración beige, como indicador de madurez, lo que ocurrió entre los 28 y 35 días posteriores al inicio de la floración en cada uno de los ecotipos estudiados. Los tallos florales cosechados (en un metro cuadrado) se agruparon en “manojos” y se colocaron en costales de polietileno, se agruparon y cubrieron con material vegetativo para provocar el “sudado”, por tres días<sup>(20)</sup>. Las inflorescencias se desgranaron frotando ligeramente los tallos florales entre sí y se secaron a la sombra. Se eliminaron hojas y tallos, y únicamente quedó la semilla cruda; así, lo que se determinó fue rendimiento de semilla cruda (RSC). Una vez seca, la semilla vana fue separada mediante una máquina sopladora de aire forzado, con lo que se obtuvo el rendimiento de semilla clasificada (RSCLA), con un grado de pureza superior a 90 %. Adicionalmente, se midió la densidad de tallos florales (DTF) por m<sup>2</sup>. Además, se calculó el índice de llenado de grano (ILLG), mediante la siguiente fórmula:

$$ILLG = \frac{RSCLA}{DTF} (100)$$

Para determinar el periodo de latencia de la semilla, se realizaron pruebas de emergencia a los cultivares testigos: *B. decumbens* (Chontalpo), *B. brizantha* (Insurgente) y *B. humidicola* (CIAT 6133) y en tres ecotipos, de cada especie, seleccionados de acuerdo a la DTF (alta, mediana y baja). Las evaluaciones se iniciaron en enero y concluyeron en agosto; para ello, se sembraron mensualmente 400 semillas (100 por repetición), de cada una de las tres especies, en charolas de poliestireno que contenían un sustrato compuesto por dos partes de

fertilizado con 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 50 kg ha<sup>-1</sup> N. Seed was harvested manually and inflorescences were collected when they turned beige as a maturity indicator, this took place between 28 and 35 d after anthesis in each one of the ecotypes studied. Harvested tillers (in one square meter) were bundled and placed in polyethylene sacks, which themselves were grouped and covered with vegetative material in order to promote “sweating” during 3 d<sup>(20)</sup>. Spikes were reaped by rubbing them and dried in the shade. Stems and leaves were removed and only crude seed remained. Crude seed yield (CSY) was thus established. Once dry, empty seeds were removed with a forced air blower and classified seed yield (CLSY), with more than 90 % pure seed was obtained. In addition, reproductive tiller density (RTD) per m<sup>2</sup> was obtained. Besides, the filling grain index (FGI) was estimated through the following formula:

$$FGI = \frac{CLSY}{RTD} (100)$$

To determine the seed dormancy period, emergence tests were carried out in the control cultivars *B. decumbens* Chontalpo, *B. brizantha* Insurgente and *B. humidicola* CIAT 6133 in addition to three ecotypes of each species, chosen in accordance with RTD (high, medium and low). These evaluations began in January and finished in August. To this end, 400 seeds were planted monthly (100 for each replication) of each one of the three species in polyesthrene trays filled with a sifted two thirds sand and one third soil substratum. These trays were kept in a greenhouse and watered regularly to keep moisture constant. Treatments were: 1) scarified seed (concentrated H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> during 15 min) and 2) non scarified seed. Emergence readings were carried out at 7, 14, 21 and 28 d after planting<sup>(21)</sup>. Plantings were repeated monthly and percentage of emerging plantlets was measured. Percentage data was transformed using the arcsine function and analyzed through the “t” test<sup>(22)</sup>.

To analyze RTD, CSY and CLSY, the MSTATC software was used<sup>(23)</sup>, while for filling grain efficiency in grams per spikelet (FGI), by means of a regression analysis, the SAS software was used<sup>(22)</sup>.



arena y una de tierra, la cual se tamizó para uniformizar el tamaño de partícula. Las charolas se mantuvieron en invernadero, en donde se les suministraron riegos periódicos para mantenerlas con humedad constante. Los tratamientos fueron: 1) semilla escarificada con ácido sulfúrico concentrado durante 15 min y 2) semilla sin escarificar. Los registros de las plántulas emergidas se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días posteriores a la siembra<sup>(21)</sup>. Mensualmente, se repitió la siembra y se midió el porcentaje de emergencia de plántulas. Los datos se transformaron (arco seno) y analizaron mediante una prueba de “t”<sup>(22)</sup>.

Para el análisis de la DTF, RSC y RSCLA, se utilizó el programa estadístico MSTATC<sup>(23)</sup>, mientras que para el análisis de la eficiencia de llenado de grano en gramos por espiga, como índice de eficiencia (ELLS), mediante un análisis de regresión, se utilizó el paquete estadístico SAS<sup>(22)</sup>.

#### Rendimiento de semilla

El incremento de la densidad de inflorescencias y la manipulación de sus tasas de ejerción, han sido

#### Seed yield

Increase inflorescence density as well as manipulation its rate of flowering have been important aims for seed yield improvement in tropical grasses. Some authors mention that 90 % of tillers that came out five days after burning of the pasture survived, while only 49 % of those that appear 10 d later survived till seed harvest<sup>(7,23)</sup>. Therefore, if the pasture is well nourished when reproductive tillers come out, it will reflect on a higher survival tiller rate at seed harvest time under any flowering homogenization cut pattern<sup>(24,25)</sup>.

*Brachiaria brizantha*. Flowering tiller density (FTD) showed differences ( $P < 0.05$ ) between treatments (Table 1). Ecotypes 16549, 6387 and 667 reached the highest FTD, with values between 545 and 622 FT/m<sup>2</sup>, respectively. The lowest FTD recorded was 107 FT in ecotype 26110. Insurgente produced 141, while in Mexico, 174 FT m<sup>-2</sup> were obtained in this cultivar<sup>(26)</sup>. An average of 200 FT m<sup>-2</sup> is reported for this cultivar, one of the lowest values for commercial cultivars of the genus *Brachiaria*<sup>(5)</sup>.

Cuadro 1. Densidad de tallos florales, rendimiento de semilla cruda y clasificada de 12 ecotipos de *Brachiaria brizantha* en el sur de Veracruz

Table 1. Reproductive tiller density, crude and classified seed yield for 12 *Brachiaria brizantha* ecotypes evaluated in the south of Veracruz

Ecotype # CIAT / cultivar	Reproductive tiller density / m <sup>2</sup>	Crude seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Classified seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )*
16549	622 a	322 a	139 a
6387	554 a	305 ab	151 a
667	545 a	275 abc	98 ab
Mixe	269 b	136 bc	54 bc
26646	203 b	154 abc	54 bc
26110	107 b	101 c	40 c
16835	280 b	207 abc	31 c
16322	242 b	228 abc	35 c
16827	208 b	176 abc	28 c
16135	232 b	186 abc	19 c
Insurgente	141 b	165 abc	32 c
16168	166 b	173 abc	26 c

\* Seed with more than 90% purity.

abc Means with different letters within columns showed significant differences ( $P < 0.05$ ).

objetivos importantes para el mejoramiento del rendimiento de semillas en forrajes tropicales. Algunos autores señalan que los macollos que brotaron cinco días después de la quema de la pradera sobrevivieron en 90 %; mientras que macollos que brotaron 10 días posteriores, solamente tuvieron 49 % de sobrevivencia a la cosecha de semilla<sup>(7,23)</sup>; por lo tanto, la buena condición nutritiva de la pradera, en el momento de la emergencia de tallos reproductivos, se reflejará en mayor sobrevivencia de tallos a la cosecha de semilla bajo cualquier esquema de corte de homogeneización de floración<sup>(24,25)</sup>.

*Brachiaria brizantha*. La DTF presentó diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 1). Los ecotipos 16549, 6387 y 667 alcanzaron la mayor densidad, con valores que fluctuaron de 545 a 622 TF/m<sup>2</sup>; mientras que la menor densidad fue de 107 y se obtuvo en el ecotipo 26110; por su parte, Insurgente produjo 141. En México se ha obtenido una DTF en Insurgente de 174<sup>(26)</sup>; mientras que, a nivel general, se ha documentado un promedio de 200 para *B. brizantha*, el cual es uno de los valores más bajos que se reportan en los cultivares comerciales del género *Brachiaria*<sup>(5)</sup>. Respecto al

With reference to CSY, the highest yields were obtained in ecotypes 6387 and 16549 (305 and 322 kg ha<sup>-1</sup>, respectively), which is in coincidence with the highest number of inflorescences per area unit (Table 1). Insurgente yielded 165 kg ha<sup>-1</sup>, very close to that obtained by other authors, 174, 181 and 181<sup>(26,27,28)</sup>.

Regarding to CLSY its yields were related to CSY and FTD; that is to say, to higher FTD higher CSY and CLSY. The best CLSY were obtained in ecotypes 6387 and 16549 with 151 and 139 kg ha<sup>-1</sup>, respectively; Insurgente cultivar produced 32 kg, less than in Costa Rica (between 60 and 90 kg)<sup>(5)</sup>. Ecotype 6387 obtained 50 % CLSY compared to 43 % in ecotype 16549, which may be due to higher infertile ovaries or immature embryos, facts well documented in these species with apomictic reproduction and which influences seed filling<sup>(29)</sup>.

*Brachiaria decumbens*. FTD showed differences ( $P < 0.05$ ) between ecotypes (Table 2), being ecotypes 16497 and 664 those that showed the highest and lowest FTD with 1,022 and 122 FT/m<sup>2</sup>, respectively. Control (Chontalpo) had an intermediate FTD with 563. In this respect, in Costa

Cuadro 2. Densidad de tallos florales, rendimiento de semilla cruda y clasificada de nueve ecotipos de *Brachiaria decumbens* en el sur de Veracruz

Table 2. Reproductive tiller density, crude and classified seed yield for nine *Brachiaria decumbens* ecotypes evaluated in the south of Veracruz

Ecotype # CIAT / cultivar	Reproductive tiller density / m <sup>2</sup>	Crude seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Classified seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )*
16497	1022 a	520 a	237 a
26182	809 abc	452 b	163 b
Chontalpo	563 bcde	374 c	106 c
16496	273 ef	147 d	65 d
16499	395 cdef	130 d	51 e
16498	361 def	132 d	30 f
16495	756 abcd	145 d	20 fg
16500	355 def	84 e	20 fg
664	122 f	35 f	10 fg

\* Seed with more than 90% purity.

abcdef Means with different letters within columns showed significant differences ( $P < 0.05$ ).

RSC, los mayores valores se observaron en los ecotipos 6387 y 16549 (305 y 322 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), lo cual coincide con un mayor número de inflorescencias por unidad de superficie (Cuadro 1). Insurgente tuvo un RSC de 165 kg, resultado muy cercano a 174, 181 y 197 kg, obtenidos por diversos autores<sup>(26,27,28)</sup>.

Respecto a RSCLA, los rendimientos estuvieron relacionados con la DTF y el RSC; es decir, a mayor DTF, mayor RSC y RSCLA. Los mejores rendimientos los registraron los ecotipos 16549 y 6387 ( $P < 0.05$ ), con 139 y 151 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; el cultivar Insurgente presentó un rendimiento de 32 kg, el cual fue inferior al obtenido en Costa Rica (de 60 a 90 kg)<sup>(5)</sup>. El ecotipo 6387 presentó 50 % de RSCLA, en comparación con 43 % obtenido por el ecotipo 16549, lo cual pudo deberse a una mayor abundancia de ovarios estériles o embriones inmaduros, ampliamente documentados en estas especies de reproducción apomítica, y que se refleja en el “llenado” de la semilla<sup>(29)</sup>.

*Brachiaria decumbens*. La DTF presentó diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre ecotipos (Cuadro 2); siendo los ecotipos 16497 y 664 los que registraron la mayor y menor DTF, con 1022 y 122, respectivamente. El testigo (Chontalpo) tuvo una DTF intermedia con 563 TF/m<sup>2</sup>. Al respecto, en

Rica<sup>(30)</sup>, Chontalpo reached a maximum of 372; however, FTD for this cultivar generally fluctuates between 700 and 1,000 RT m<sup>2</sup><sup>(5)</sup>, values obtained only by ecotypes 16497 and 26182. Significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ) were found in CSY (Table 2). The materials with the highest FTD recorded the highest CSY. Ecotypes 16497 and 664 showed the highest and lowest CSY with 648 and 35 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Chontalpo produced 374 kg, higher than those reported by other authors<sup>(27,31)</sup> with 312 and 98 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Regarding to CLSY, ecotype 16497 reached 262 kg ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ), Chontalpo obtained 106 kg, which represents 40 and 28 % of CSY, respectively. These values were higher than the 80 kg of pure seed observed previously<sup>(30)</sup>.

*Brachiaria humidicola*. There were differences ( $P < 0.05$ ) among ecotypes, the highest FTD was obtained in cultivar Chetumal and ecotype 26149 with 911 and 838 FT m<sup>2</sup>, respectively, while the lowest value with 181 FT, was obtained in ecotype 16886 ( $P < 0.05$ ). Chetumal produced a maximum of 372 inflorescences in Costa Rica<sup>(30)</sup>; however, other authors mention that Chetumal shows the highest FTD in *Brachiaria* species with 2,000 FT<sup>(5)</sup>, therefore, wide differences among ecotypes of the same species were found (Table 3).

Cuadro 3. Densidad de tallos florales, rendimiento de semilla cruda y clasificada de seis ecotipos de *Brachiaria humidicola* en el sur de Veracruz

Table 3. Reproductive tiller density, crude and classified seed yield for six *Brachiaria humidicola* ecotypes evaluated in the south of Veracruz

Ecotype # CIAT / Cultivar	Reproductive tiller density / m <sup>2</sup>	Crude seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Classified seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )*
6133*	628 ab	537 a	345 a
26149	838 a	219 b	107 b
6705	761 a	136 b	52 b
Chetumal	911 a	55 b	21 b
6369	273 bc	63 b	41 b
16886	181 c	64 b	31 b

\* Seed with more than 90% purity.

abc Means with different letters within columns showed significant differences ( $P < 0.05$ ).

Costa Rica, el pasto Chontalpo, alcanzó a emitir un máximo de 372 TF<sup>(30)</sup>; sin embargo, se ha señalado que la DTF para Chontalpo fluctúa en forma general, entre 700 y 1000<sup>(5)</sup>, valores que sólo se alcanzaron con los ecotipos 16497 y 26182.

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, en RSC (Cuadro 2). Los materiales con mayor DTF registraron los mayores RSC. Los ecotipos 16497 y 664 presentaron el mayor y menor RSC con 648 y 35 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Chontalpo mostró un RSC de 374 kg, mayor que los reportados por otros<sup>(27,31)</sup>, con RSC de 312 y 98 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Respecto a la RSCLA, el ecotipo 16497 alcanzó rendimientos de 262 kg ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ), Chontalpo rindió 106 kg ha<sup>-1</sup>, los cuales representan el 40 y 28 % del RSC. Estos valores fueron superiores a los 80 kg ha<sup>-1</sup> de semilla pura observados previamente<sup>(30)</sup>.

*Brachiaria humidicola*. La mayor DTF se registró en el ecotipo 26149 y el cultivar Chetumal, con 838 y 911 TF/m<sup>2</sup>, mientras que la menor cantidad la obtuvo el ecotipo 16886, con 181 tallos florales ( $P < 0.05$ ). Al respecto, se ha documentado que el pasto Chetumal, en Costa Rica, emitió un máximo de 372 inflorescencias/m<sup>2</sup><sup>(30)</sup>, sin embargo, otros autores han señalado que la DTF para Chetumal es la más alta de las especies de *Brachiaria*, con 2000 TF/m<sup>2</sup><sup>(5)</sup>; por lo tanto, existen amplias diferencias entre ecotipos de la misma especie.

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ), entre ecotipos en RSC (Cuadro 3), el ecotipo 6133, con 537 kg ha<sup>-1</sup>, presentó el mayor rendimiento de semilla. El testigo (cultivar Chetumal) registró un RSC de 55 kg, situación inesperada, ya que normalmente se espera que a mayor DTF ocurra un mayor RSC, lo cual puede atribuirse a falta de llenado del grano (madurez alternada), consumo de la semilla por pájaros o dehiscencia de la misma. El consumo de semilla por pájaros también se ha reportado en el cv. Chetumal como un factor de reducción del rendimiento de semilla en la parcela<sup>(30)</sup>.

El ecotipo 6133 presentó los mejores rendimientos de RSCLA, con 345 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que Chetumal

Significant differences ( $P < 0.05$ ) for CSY among ecotypes were observed (Table 3). Ecotype 6133 showed the highest yield with 537 kg ha<sup>-1</sup>. Control (Chetumal) produced an unexpected 55 kg yield, because a high FTD usually means high production; in this case it may be attributed to a lack of seed filling (alternate maturity), bird damage or seed shattering. Bird damage has been reported before in cv Chetumal as a factor of seed yield loss in production plots<sup>(30)</sup>.

Ecotype 6133 showed the highest CLSY with 345 kg ha<sup>-1</sup>, while that of Chetumal was only 21 kg. Similar values, 20.8 kg ha<sup>-1</sup> with 80 % purity have been reported for Chetumal<sup>(30)</sup>. Seed yield for this cultivar was similar to that reported for other localities<sup>(30)</sup>. Results obtained in ecotype 6133 are consistent, 333 kg ha<sup>-1</sup> CLSY were reported in previous years, most probably due to high FT formation, higher seed filling and uniform flowering<sup>(32)</sup>. In Colombia a 202 kg pure seed yield was obtained with manual harvesting in a plot fertilized with 92 kg ha<sup>-1</sup> N<sup>(33)</sup>, which indicates high yield consistency between sites to express high seed production potential.

Commercial varieties showed a lower CLSY than the evaluated ecotypes. Insurgente produced 21 % of the CLSY with respect to the best ecotype of *B. brizantha*; in *B. decumbens*, Chontalpo produced only 40 % of the best ecotype, while Chetumal produced only 6 % of the observed production within the best *B. humidicola* ecotype.

#### **Filling grain efficiency (FGE)**

The highest and lowest FGE was recorded in *B. humidicola* ecotype 6133 and cv Chetumal with 55 and 2 %, respectively (Table 4). Independently of specie, with the exception of *B. humidicola* ecotype 6133, materials with lowest FTD showed highest CLSY efficiency. Both in *B. brizantha* and in *B. humidicola*, the ecotypes with the best CLSY (6387 and 16497), presented medium FTD and a 27 and 29 % FGE, respectively. This confirms differences among ecotypes and species.

Evaluated genetic resources showed a differential efficiency in grain filling. Therefore it is of



Cuadro 4. Variación en densidad, rendimiento e índice de llenado estimado para los cultivares comerciales y tres ecotipos de *Brachiaria*

 Table 4. Changes in tiller density, yield and filling grain index estimated for evaluated commercial cultivars and three *Brachiaria* ecotypes

Species	Ecotype	Reproductive tiller density / m <sup>2</sup>	Classified seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	Filling grain index (%)*
<i>B. brizantha</i>	Insurgente	141	32	23
<i>B. brizantha</i>	16549	622	139	22
<i>B. brizantha</i>	6387	554	151	27
<i>B. brizantha</i>	26110	107	40	37
<i>B. decumbens</i>	Chontalpo	563	106	19
<i>B. decumbens</i>	16497	1022	237	23
<i>B. decumbens</i>	16496	273	65	24
<i>B. humidicola</i>	Chetumal	911	21	2
<i>B. humidicola</i>	26149	838	107	13
<i>B. humidicola</i>	6133	628	345	55
<i>B. humidicola</i>	16886	180	31	17

\* Filling grain index = seed yield/tiller density \* 100.

rindió sólo 21 kg. En pasto Chetumal se han reportado valores similares con 20.8 kg y 80 % de pureza. Los rendimientos de semilla del cv. Chetumal fueron semejantes a los obtenidos en otras localidades<sup>(30)</sup>. Los resultados obtenidos con el ecotipo 6133 han sido consistentes, ya que se han reportado 333 kg ha<sup>-1</sup> de RSCLA en años anteriores, lo que muy posiblemente se debe a la alta formación de TF, mayor porcentaje de llenado de las cariopsis y uniformidad en la floración<sup>(32)</sup>. En Colombia se han obtenido rendimientos de 202 kg ha<sup>-1</sup> de semilla pura cosechada en forma manual y fertilizada con 92 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno para el ecotipo 6133<sup>(33)</sup>, lo que indica una consistencia entre sitios de este ecotipo, para expresar un alto potencial de producción de semilla.

Las variedades comerciales mostraron un menor RSCLA, con respecto a los ecotipos evaluados; Insurgente registró un RSCLA de 21 %, con respecto al mejor ecotipo evaluado en *Brachiaria brizantha*; para *B. decumbens*, la variedad común (cv. Chontalpo), presentó un RSCLA de 40 %, con respecto al mejor ecotipo; mientras que en Chetumal, la variedad comercial de *B. humidicola*

importance to count on genetic diversity availability to evaluate aspects which limit their use by producers, because of their differences in forage yield and seed production. FGE for *B. brizantha* showed an interval from 8 to 37 %, in ecotypes 26646, 6387 and 26110 with yields higher than 25 %, more than that of control (22 %). In *B. decumbens*, three ecotypes (26182, 16497 and 16496) showed a FGE higher than 20 %, and 18 and 16 % superiors to that obtained by the commercial cultivar Chontalpo. *B. humidicola* had lower filling grain with ecotypes with less than 18 %, while the commercial cultivar *B. dictyoneura* obtained a FGE higher than 50 % (Table 4).

Classified seed yield in grams per flowering tiller, was used as a filling grain efficiency index (FGEI) through simple linear regression. Results showed very little relationship between FGEI and FTD ( $R^2 < 0.1$ ), which indicates that these characters are independent. Only *B. humidicola* showed  $R^2$  values of 0.5. Taking into account the three species,  $R^2$  was 0.1, which implies a poor relationship between FTD and CLSY, opposite to reports of other authors<sup>(34)</sup>, who mention that through N fertilization, an increase in FTD is an important factor to increase seed yield.

registró un rendimiento de apenas 6 %, con respecto al mejor ecotipo evaluado dentro de la especie.

**Eficiencia de llenado de grano**

El mayor y menor ILLG se registraron en *B. humidicola* ecotipos 6133 y Chetumal con 55 y 2 %, respectivamente (Cuadro 4). Independientemente de la especie, a excepción de *B. humidicola* ecotipo 6133, fueron más eficientes en RSCLA, los ecotipos con menor DTF. Tanto en *B. brizantha* como en *B. decumbens*, los mejores ecotipos en RSCLA (6387 y 16497) presentaron una DTF media, y un ILLG de 27 y 29%, respectivamente. Lo anterior, muestra diferencias entre ecotipos y entre especies.

Los recursos genéticos evaluados presentaron una eficiencia diferencial en el llenado de grano; por lo tanto, se evidencia la importancia de disponer de diversidad genética para su evaluación en aspectos que limiten el uso de estas especies por el productor, dadas sus diferencias en producción de forraje y semilla. El ILLG para *B. brizantha* presentó un intervalo de 8 a 37 %, con los ecotipos 26646, 6387 y 26110 con rendimientos mayores al 25 % y superiores al testigo (22 %). En *B. decumbens*, los ecotipos (26182, 16497, 16496) mostraron un ILLG mayor al 20 % y superaron en 18 y 16 % al obtenido por el cultivar comercial (Chontalpo). *B. humidicola* tuvo relaciones bajas de llenado de grano, con ecotipos por debajo de 18 %, mientras que el cultivar comercial *B. dictyoneura* 6133 tuvo un ILLG superior a 50 %, (Cuadro 4) .

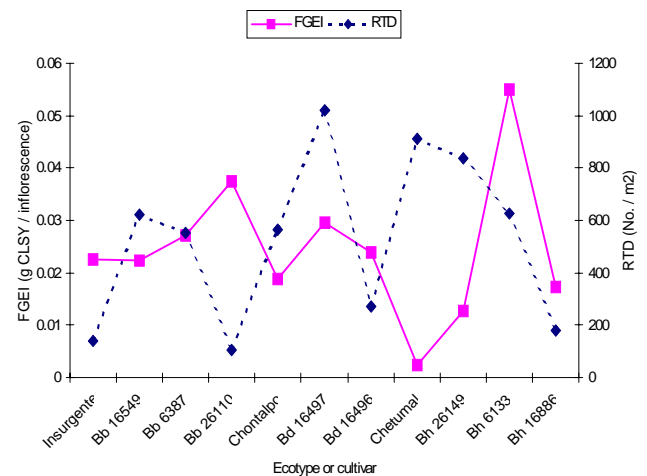
Se analizó el RSCLA, en gramos por tallo floral individual, como índice de eficiencia de llenado (IELLG), por medio de regresión lineal simple. Los resultados muestran poca relación entre el IELLG y la DTF ( $R^2$  menor a 0.1), lo cual indica que estos caracteres son independientes. Sólo *B. humidicola* mostró valores de  $R^2$  de 0.5. Considerando las tres especies, se obtuvo una  $R^2$  de 0.1, lo cual sugiere una pobre relación entre DTF y RSCLA, que es contrario a lo indicado por otros autores<sup>(34)</sup>, quienes señalaron que con el uso de fertilización nitrogenada la

Flowering tiller density may respond differentially to agronomic management: nitrogen fertilization, synchronization cuts, hormone treatments, irrigation, apical dominance management, etc. In *Panicum maximum*, when evaluating reproductive tiller dynamics and its effect on CLSY, an increase in FTD produced an increase in CLSY<sup>(7)</sup>, which indicates that in this specie, increasing FTD is a valid option to increase CLSY.

In general, no direct relationship was seen between FTD and FGEI. In *B. brizantha*, ecotype 26110, with the lowest FTD showed the highest FGEI with 107 FT m<sup>2</sup> and 37 %, respectively. On the other hand, ecotype 16549 produced the highest FTD with 622 FT m<sup>2</sup>, and a 22 % FGEI (Figure 1). Theoretically, with similar FTD, the ecotype with the highest FGEI should have the highest CLSY, owing to the independence between FTD and CLSY. With a 622 FT m<sup>2</sup> FTD, ecotype 26110 should have a 167 % higher CLSY than ecotype 16549 and because of this, through management, increase in FTD should be promoted in ecotypes showing higher FGEI.

Figura 1. Eficiencia de llenado de semilla (IELL) y densidad de tallos florales (DTF) para los cultivares comerciales y ecotipos de tres especies de Brachiaria

Figure 1. Grain filling efficiency (FGEI) and reproductive tiller density (RTD) for ecotypes and commercial cultivars in three Brachiaria species



DTF es una variable importante para incrementar el rendimiento.

La DTF puede responder en forma diferente al manejo agronómico: fertilización nitrogenada, cortes de sincronización, tratamientos hormonales, riego, manejo de la dominancia apical, etc. En *Panicum maximum*, al evaluar la dinámica de tallos reproductivos y su efecto en el RSCLA, se observó que al aumentar la DTF se incrementó el RSCLA<sup>(7)</sup>, lo cual indica que en esta especie, incrementar la DTF es una buena opción para aumentar el RSCLA.

En general, no se observó una relación directa entre la DTF y el IELLG. En *B. brizantha*, el ecotipo 26110 con la menor DTF registró el mayor IELLG (107 TF/m<sup>2</sup> y 37 %, respectivamente); en contraste, el ecotipo 16549 presentó la mayor DTF (622/m<sup>2</sup>) y un IELLG de 22 % (Figura 1). Teóricamente, a similar DTF, el rendimiento del ecotipo de mayor IELLG tendría un mayor RSCLA, dada la independencia entre la DTF y el RSCLA. Con una DTF de 622/m<sup>2</sup>, el ecotipo 26110 tendría un RSCLA 167 % superior al obtenido por el ecotipo 16549, por lo que se debe promover, mediante manejo, el incremento de la DTF en ecotipos con mayor eficiencia en el ILLS.

Para *B. decumbens*, el ecotipo que combina un mayor IELLG (0.02381 g) es el 16496 con una DTF de 273/m<sup>2</sup>; comparado con el ecotipo de mayor RSCLA / ha<sup>-1</sup> (16497) con 237 kg y una DTF de 1022/m<sup>2</sup> (Cuadro 4). Estos valores proporcionan una idea del incremento que se puede lograr en RSCLA, mediante la selección de materiales sobresalientes en IELLG, conjuntamente con buenas prácticas de manejo que tiendan a incrementar la DTF.

En general, la mayor dispersión en el IELLG se observó en los ecotipos de *B. humidicola*. El testigo Chetumal registró la mayor DTF y el menor IELLG. En contraste, el ecotipo 6133 presentó una DTF intermedia y el mayor IELLG. Estos datos son similares a los observados en ILLG, el cual varió de 2 a 55 %; en contraste, los valores más uniformes se observaron en *B. decumbens* (18 a 24 %) y *B. brizantha* (22 a 37 %).

In *Brachiaria decumbens*, the ecotype that combine a higher FGEI (0.02381 g) was 16496 with a FTD of 273 FT m<sup>2</sup>; compared with the ecotype 16497 which showed the highest CLSY with 237 kg ha<sup>-1</sup>, and a FTD 1,022 FT m<sup>2</sup> (Table 4). These values give us an idea on the increase that can be achieved in CLSY through selection of outstanding materials in FGEI, together with good management practices that tend to increase FTD.

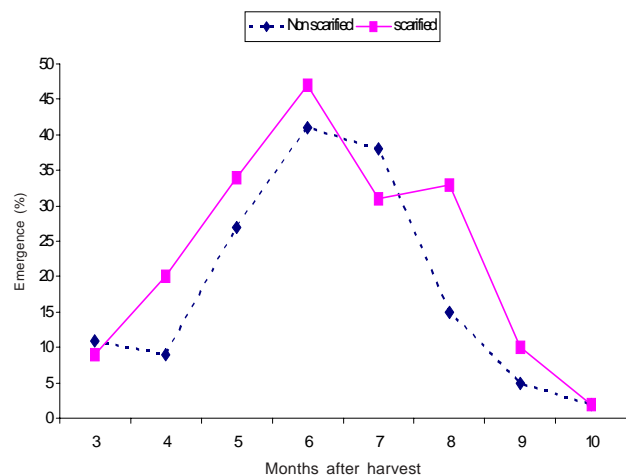
In general, the higher dispersion in FGEI was observed in *B. humidicola* ecotypes. Chetumal (control) showed the highest FTD and the lowest FGEI. On the other hand, ecotype 6133 presented an intermediate FTD and the highest FGEI. These data are similar to those observed for FGI, which fluctuated between 2 and 55 %; in contrast, more uniform values were seen in *B. decumbens* (18 to 24 %) and *B. brizantha* (22 to 37 %).

### Breaking off dormancy

*Brachiaria brizantha* cv Insurgente. No differences were observed between treatments (Figure 2), which

Figura 2. Rompimiento de latencia de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente con y sin escarificación, almacenada en condiciones ambientales

Figure 2. Dormancy breakdown in *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente seed (scarified and non scarified), stored at room temperature



### Rompimiento de latencia

*Brachiaria brizantha* (Trin.) Griseb cv. Insurgente. No se presentaron diferencias entre tratamientos (Figura 2), lo que indica que la escarificación no tuvo efecto para romper la latencia de esta especie, la cual se fue perdiendo progresivamente, conforme pasó el tiempo de cosecha, y alcanzó un máximo de 42 y 45 % de emergencia, en la semilla sin escarificar y escarificada, respectivamente, a los seis meses posteriores a su cosecha (mes de abril); sin embargo, estos porcentajes disminuyen ligeramente en los meses de mayo y junio, tiempo durante el cual es posible realizar la siembra de esta especie con aceptables valores de emergencia. Después de seis meses de cosechada la semilla, la emergencia de plantas disminuyó marcadamente hasta llegar a valores muy bajos (2 %) a 10 meses de la cosecha.

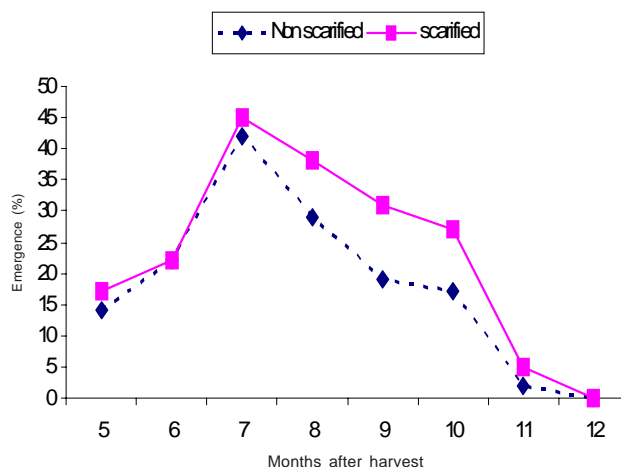
*Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Chontalpo o Señal. La Figura 3 presenta la curva de germinación de semilla de pasto Chontalpo, escarificado y sin escarificar. Los resultados señalan que no hay efecto ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, ya que la semilla rompe su latencia en forma natural con el almacenamiento, contrario a lo que ocurre en buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) escarificado<sup>(35)</sup>. Los valores máximos de emergencia se obtuvieron a los siete meses posteriores a la cosecha, con 41 y 47 %, para la semilla sin escarificar y escarificada, respectivamente. Conforme aumentó la edad de la semilla, después de la cosecha, la semilla fue perdiendo paulatinamente su capacidad de germinación, hasta llegar a valores de cero a los 12 meses posteriores a la cosecha. Los resultados anteriores coinciden con lo reportado por Rivero *et al.*<sup>(35)</sup>, quienes señalan una germinación máxima de 44 %, a los 207 días de almacenamiento. De igual forma, indican que la semilla requiere de un tiempo de almacenamiento de siete a nueve meses, que es cuando alcanza, de forma natural, los más altos porcentajes de germinación<sup>(20)</sup>. También señalan que, después de 10 meses de almacenamiento, la semilla pierde rápidamente su viabilidad, hasta llegar a cero en los meses posteriores, como ocurrió en este ensayo.

indicates that scarification had no effect in this specie in breaking off dormancy that progressively diminished, reaching 42 to 45 % germination in non-scarified and scarified seed six months after harvest (April); however, these values dropped lightly in May and June, when sowing can be carried out with acceptable germination rates. Beyond six months after seed harvest, germination rates fell abruptly, reaching very low values (2 %) 10 mo after seed harvest.

*Brachiaria decumbens* cv Chontalpo or Señal. Figure 3 shows the germination rate curve for Chontalpo both scarified and non scarified. The results showed no effects ( $P < 0.05$ ) between treatments because seeds break off dormancy normally in storage, conversely to what happens in scarified Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)<sup>(35)</sup>. Maximum values for germination rates were obtained seven months after seed harvest with 41 and 47 %, for non scarified and scarified seed, respectively. As seed age after harvest increased, seed lost germination power little by little up to 0 %

Figura 3. Rompimiento de latencia de *Brachiaria decumbens* cv. con y sin escarificación, almacenada en condiciones ambientales

Figure 3. Dormancy breakdown in *Brachiaria decumbens* seed (scarified and non scarified), stored at room temperature





*Brachiaria humidicola* 6133 antes *B. dictyoneura* (Rendle) Schweick. No se presentaron diferencias entre tratamientos aunque, el rompimiento de latencia no siguió un patrón normal, es decir, hubo altibajos durante del período de evaluación (Figura 4). El mayor porcentaje de emergencia se registró del séptimo al décimo mes posterior a la cosecha. Posteriormente su germinación disminuye drásticamente, hasta llegar a valores de cero a los doce meses después de la cosecha. Los valores máximos de emergencia fueron de 26 y 25 % para la semilla escarificada y sin escarificar, respectivamente, y resultaron inferiores en comparación con lo encontrado para las otras dos especies evaluadas. Con respecto a germinación, Cardozo *et al.*<sup>(36)</sup> reportaron porcentajes máximos de 74 % y mínimos de 11 %; la diferencia se atribuyó a un menor peso de las carióspsides, lo que posiblemente ocurrió en este ensayo.

De las tres especies estudiadas, *B. humidicola* 6133 se considera como la más pobre en germinación, dado que presentó latencia del embrión, la cual puede durar hasta dos años y sumado a la presencia de apéndices en la espiguilla, como las lemas, lo que exige la escarificación con ácido<sup>(5)</sup>, lo cual puede explicar, en parte, los bajos valores de emergencia encontrados en este estudio.

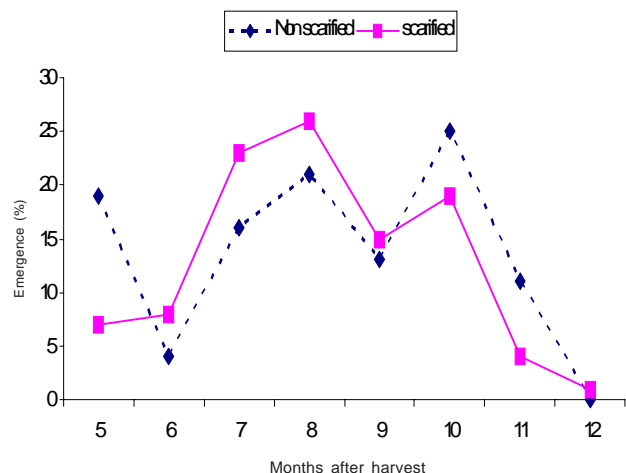
Se concluye que los ecotipos evaluados de *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. humidicola* mostraron diferencias en producción y calidad de semilla, y se encontraron ecotipos superiores a los cultivares comerciales en las tres especies evaluadas. No se encontró una relación directa entre número de tallos florales y eficiencia de llenado de grano, ya que ecotipos con baja densidad de inflorescencias mostraron mayor eficiencia en el llenado de grano. Debido a la presencia de latencia, la semilla de *B. brizantha* y *B. decumbens* cosechada en la región y almacenada en condiciones ambientales, no debe utilizarse para la siembra, antes de seis ni después de 10 meses postcosecha; mientras que la de *B. dictyoneura*, no debe utilizarse para siembra, antes de los siete, ni después de 11 meses postcosecha.

12 mo after harvest. These results coincide with those reported by Rivero *et al.*<sup>(34)</sup>, a 44 % germination rate after 207 d of storage. Equally, it is also mentioned that a seven to nine months storage period is needed for seed to reach naturally its highest germination rate<sup>(20)</sup>. They also, point out that after 10 mo of storage; seed loses quickly its viability to reach 0 % soon afterwards, as was the case in this study.

*Brachiaria humidicola* 6133 ex *B. dictyoneura* (Rendle) Schweick. No differences between treatments were found although dormancy termination did not follow a normal pattern, that is to say that high variability was observed during the evaluation period (Figure 4). The highest germination rate was recorded from the seventh to the tenth month after harvest. Afterwards it drops sharply to 0 % twelve months after harvest. Maximum germination values, 26 and 25 % for scarified and non scarified seed, respectively, were lower than those found for the other two evaluated species. With reference to germination rates, Cardozo *et al.*<sup>(36)</sup> report 74 maximum and 11 %

Figura 4. Rompimiento de latencia en semilla de *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con y sin escarificación, almacenada en condiciones ambientales

Figure 4. Dormancy breakdown in *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 (scarified and non scarified), stored at room temperature



## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Produce de Veracruz A. C., el apoyo financiero para realizar la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

1. Ferguson JE. Mecanismos de obtención y sistemas de producción de semillas. En: Curso-taller sobre Avances en el desarrollo de pasturas y suministro de semillas forrajeras tropicales en México. Ferguson JE. editor. Cuernavaca, Morelos. 1990.
2. Peralta MA, Enríquez QJF. Informe final del proyecto evaluación de especies para pasturas tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID). Documento de circulación Interna. 1993:35.
3. Peralta MA. Producción de semilla de especies forrajeras tropicales. En: Pérez PJ, Herrera HJG editores. Memorias del seminario internacional “Evaluación de praderas tropicales”. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 1991: 21-39.
4. Keller-Grein G, Mass LB, Hanson J. Variación natural en *Brachiaria* y bancos de germoplasma existentes. En: Miles JW, Mass BL, do Valle BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998:18-45.
5. Hopkinson MJ, D de Souza FH, Diulgheroff S, Ortiz A, Sánchez M. Fisiología reproductiva, producción de semilla y calidad de la semilla en el Género *Brachiaria*. En: Miles JW, Mass BL, do Valle BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998:136-155.
6. Ferguson J E, Thomas D, Andrade RP, Souza-Costa N, Jutzi S. Seed- production potentials of eighth tropical pasture species in regions of Latin America. Proc. XV Intl. Grassl. Cong. Lexington, Kentucky, USA. 1981:275-278.
7. Santos-Filho FL. Producción de semillas: El punto de vista del sector privado brasileño. En: Miles JW, Mass BL, do Valle BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998:156-162.
8. Hopkinson JM, English BH. Spikelet population dynamics in seed crops of *Panicum maximum* “Gatton” Seed Sci Technol 1982;(10):379-403.
9. Choy-Sánchez JG, Vela JW, Villacorta HS, Vara EC. Época de corte y fertilización con fósforo sobre la producción de semilla de *Brachiaria humidicola*. 1. Efecto de la sincronización de la floración y rendimiento y los costos de producción. Pasturas Tropicales 1999;21:(3)36-41.
10. Argel PJ, Keller-Grain G. Experiencia regional con *Brachiaria*: Región de América Tropical - Tierras Bajas Húmedas. En: Miles JW, Mass BL, do Valle BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998:226-246.
11. Pizarro EA, do Valle CB, Keller-Grain G, Schultze-Kraft R, Zimmer AH. Experiencia regional con *Brachiaria*: Región de América Tropical - Savanas. En: Miles JW, Mass BL, do Valle

minimum values; differences attributed to a lower kernel weight, that also perhaps was the case in this study.

Of the three evaluated species in this study, *B. humidicola* 6133 is regarded as that with lowest germination, due to embryo dormancy which can last two years, which added to appendices in the spikelet, which demand scarification with acid<sup>(5)</sup>, and that helps to explain, at least in part, the low germination rates found in this study.

As a conclusion, the evaluated ecotypes of *B. brizantha*, *B. decumbens* and *B. humidicola* showed differences in seed production and quality and also that ecotypes showing better production than commercial cultivars were identified in the three species. No direct relationship between flowering tillers and filling grain efficiency was found, as those ecotypes with low inflorescence density showed a greater filling grain efficiency. Due to dormancy, *B. brizantha* and *B. decumbens* seed harvested in the same area and stored in normal conditions should not be used in plantings neither before 6 mo nor 10 mo after being harvested, while that of *B. humidicola* should not be used in plantings neither before 7 mo nor 11 mo after being harvested.

## ACKNOWLEDGMENTS

Our special thanks to Fundación Produce Veracruz A.C. for funding this study.

*End of english version*

---

BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998: 247-269.

12. Stür WW, Hopkinson JM, Chen CP. Experiencia regional con *Brachiaria*: Asia, el Pacífico Sur y Australia. En: Miles JW, Mass BL, do Valle BC editores. *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT- EMBRAPA Publicación CIAT N° 295. 1998:282-296.
13. Ferguson JE. Aspectos de calidad de semillas de pastos tropicales. En: Referencias y ayudas utilizadas en el programa

## RENDIMIENTO DE SEMILLA E ÍNDICE DE LLENADO DE *Brachiaria*

- de capacitación científica en la investigación para la producción y utilización de pastos tropicales. CIAT. Volumen 1. 1982:359-384.
14. Gould FW, Shaw RB. Grass systematics. Texas A&M University Press. College Station, TX, USA. 1983.
  15. Vleeshouwers LM, Bouwmeester HJ, Karssen CM. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *J Ecol* 1995;(83):1031-1037.
  16. Ellis RH. The viability equation, seed viability monographs and practical advise on seed storage. *Seed Sci Technol* 1988;(16):29-50.
  17. Whiteman PC, Mendra K. Effects of storage and seed treatments on germination of *Brachiaria decumbens*. *Seed Sci Technol* 1982;(10):233-242.
  18. Ramos AN, Romero C. Efecto del almacenamiento y la escarificación en la germinación del pasto *Brachiaria decumbens* Stapf. En: Seminario sobre producción de semillas forrajeras. Maracay IICA. Serie informes y conferencias, cursos y reuniones. 1976;(99)66-81.
  19. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. México, DF. 1988.
  20. García AD, Ferguson JE. Cosecha y beneficio de *Andropogon gayanus* Kunth. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Serie Boletines Técnicos. 1984;(1) 35.
  21. International Seed Testing Association (ISTA). International rules for seed testing. *Seed Sci Technol* 1966(Suppl 24):243.
  22. SAS. Statistical Analysis System. Inc. User's Guide: Statistics Version 5<sup>th</sup> ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. 1985.
  23. MSTAT-C. Russell F, Eisensmith SP, Goetz S, Reicosky D, Snail VW, Wolberg P. USER'S guide to MSTAT-C. Ver 3.1. Crop and Soil Sci. Dept. Michigan State Univ. MI USA 1991.
  24. Stür WW, Humphreys LR. Tiller development and flowering in swards of *Brachiaria decumbens*. *Ann Appl Biol* 1987;(110):639-644.
  25. Stür WW, Humphreys LR. Burning and cutting management and the formation of seed yield in *Brachiaria decumbens*. *J Agric Sci Camb* 1988;(110):669-672.
  26. Enríquez QJF. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el rendimiento de semilla del pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) en suelo acrisol ortico y clima Aw<sub>0</sub>. 2ª Evaluación. En: Memorias de la VII Reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Veracruz. 1994:15-16.
  27. Herrera CF, Villanueva AJF. Fenología y producción de gramíneas forrajeras sobresalientes en condiciones de trópico seco. En: Memorias del primer simposium internacional de semillas forrajeras [CD-Rom]. Saltillo, Coahuila 23-25 de septiembre de 1998.
  28. Villanueva AJF, Herrera CF. Efecto de la época de defoliación sobre la producción y calidad de semilla del pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*). En: Memorias del primer simposium internacional de semillas forrajeras [CD-Rom]. Saltillo, Coahuila 23-25 de septiembre de 1998.
  29. Miles JW, do Valle BC. Assessment of reproductive behavior of interespecific *Brachiaria* hybrids Apomixis Newsl 1991;(3): 9-10.
  30. Diulgheroff S, Pizarro AE, Ferguson JE, Argel PJ. Multiplicación de especies forrajeras en Costa Rica. *Pasturas Tropicales* 1990;12(2):15-23.
  31. Enríquez, QJF. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el rendimiento de semilla del pasto señal (*Brachiaria decumbens* Stapf). En suelos acrisoles orticos y clima Aw<sub>0</sub> [resumen]. Reunión anual de investigación pecuaria en México. Chihuahua. 1992:27.
  32. Enríquez QJF. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el rendimiento de semilla del pasto *Brachiaria dictyoneura* (Fig and de Not) Stapf. en suelo acrisol órtico y clima Aw<sub>0</sub>. 2ª Evaluación [resumen]. Reunión nacional de investigación pecuaria 1993:25.
  33. Hoyos P, Molina DL, Vera RR. Efecto de la fertilización en el rendimiento de semilla de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero en la altillanura Colombiana. *Pasturas Tropicales* 1997;19(2):35-39.
  34. Rivero ML, Espinosa J. Duración de la latencia en semillas de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales* 1988;10(1):20-23.
  35. Pastor LF, Quero CAR, Miranda JL, Enríquez QJF. Escarificación pírica para mejorar la germinación del pasto Buffel (*Pennisetum ciliare* Lam SIN. *Cenchrus ciliaris* L.) [resumen]. XXXIX Reunión nacional de investigación pecuaria 2003:410.
  36. Cardozo CI, Sánchez M, Ferguson JE. Efecto del método de cosecha en el rendimiento y calidad de las semillas de *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero. *Pasturas Tropicales* 1991;13(1):9-17.

