

# EVALUACIÓN DE LA FECHA DE COSECHA EN EL RENDIMIENTO Y

## CALIDAD DE SEMILLA DE *Brachiaria brizantha*

Santiago Joaquín Cancino, Bertín M. Joaquín Torres, Adelaido R. Rojas García, Benigno Estrada Drouaillet, Javier Hernández Meléndez y Andrés G. Limas Martínez

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fecha de cosecha en el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. El experimento se realizó bajo condiciones de temporal durante el año 2007, en la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, México. Se evaluaron siete fechas de cosecha, a los 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días después de la antesis (DDA), bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Se midió el rendimiento de semilla total (RST), rendimiento de semilla pura (RSP), panículas/m<sup>2</sup>, longitud de panícula, espiguillas cosechadas por panícula, peso de 1000 semillas, porcen-

taje de dehiscencia, porcentaje de semilla pura y germinación. Se detectaron diferencias entre tratamientos para RST ( $P < 0,001$ ) y RSP ( $P < 0,05$ ), donde los valores más altos (149,2 y 38,4 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente) se obtuvieron a los 24 DDA. El número de espiguillas cosechadas por panícula fue el componente con mayor grado de asociación con el RST, con  $r = 0,45$ . El porcentaje de dehiscencia y germinación fueron diferentes entre tratamientos ( $P < 0,05$ ). Se concluyó que el mayor rendimiento de semilla de *B. brizantha* cv. Marandu se logró al cosechar a 24 DDA, cuando existió el 27% de dehiscencia de semillas.

### Introducción

El pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, es una opción como especie forrajera a utilizar en las regiones tropicales (Castro *et al.*, 1994) debido a su alto rendimiento, buena calidad de forraje y excelente aceptación por el ganado, además de ser resistente a sequía, quema, plagas y enfermedades y adaptarse a suelos ácidos de baja fertilidad (Gerdes *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 1994; Yuseika *et al.*, 2006). Sin embargo, al igual que la mayoría de las gramíneas forrajeras tropicales, el principal problema para incrementar su propagación, es la baja oferta de semilla de alta calidad.

Producir semilla de pasto Insurgente resulta difícil, ya que al igual que otras especies de su género presenta una floración heterogénea (Matías, 1994) debido a una progresiva producción de inflorescencias, unido a la ausencia de cambio de coloración en la semilla al madurar (González, 2001). Por ello solo se puede cosechar una pequeña cantidad de semilla, lo que ocasiona bajos rendimientos y mala calidad de la misma (Boonman, 1978; González y Mendoza, 1996). El bajo rendimiento de semilla se atribuye a la reducida densidad de inflorescencias, escaso peso de las espiguillas por inflorescencia y bajo porcentaje de llenado de las espi-

guillas producidas (Boonman, 1978). Por tanto, para obtener altos rendimientos de semilla de mejor calidad se deben estudiar estrategias de manejo que permitan incrementar la fertilidad de las semillas y sincronizar la floración a un periodo de maduración más corto, para con ello disminuir el riesgo de dispersión y pérdida de la semilla (Joaquín *et al.*, 2006).

Diversos estudios han demostrado que la fertilización nitrogenada, la manipulación de la densidad de plantas y la selección de la fecha óptima de cosecha, o la combinación de estas prácticas, permiten incrementar el rendimiento y calidad de la semilla en pastos tropicales

(Boonman, 1978). Al respecto se ha indicado que las cosechas tempranas dan como resultado semillas inmaduras de baja calidad fisiológica y, por el contrario, las tardías ocasionan pérdidas de semilla por dehiscencia. Por lo anterior, la producción de semilla puede ser incrementada al determinar la fecha de cosecha (Filgueiras, 1981).

La mejor fecha de cosecha es cuando las semillas alcanzan la madurez fisiológica (León, 1986; Mullen, 2003), la cual coincide con el máximo contenido de materia seca (Copeland, 1976; Vilela, 1983) y con la máxima calidad fisiológica (Carvalho y Nakagawa, 1988). Otros criterios utilizados para determinar el

**PALABRAS CLAVE / *Brachiaria brizantha* / Fecha de Cosecha / Germinación / Pasto Insurgente / Producción de Semilla /**

Recibido: 17/03/2015. Modificado: 02/08/2016. Aceptado: 04/08/2016.

**Santiago Joaquín Cancino.** Doctor en Ciencias, Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados (COLPOS), Montecillo, México. Profesor-Investigador Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), México. Dirección: Facultad de Ingeniería y Ciencias, UAT. Matamoros sn, Centro. C.P.

87000. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. e-mail: sjoaquin@uat.edu.mx

**Bertín Maurilio Joaquín Torres.** Doctor en Ciencias, Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, COLPOS, Montecillo, México. Profesor-Investigador, Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca. México.

**Adelaido Rafael Rojas García.** Doctor en Ciencias, Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, COLPOS, Montecillo, México. Profesor, Universidad Autónoma de Guerrero, México.

**Benigno Estrada Drouaillet.** Doctor en Ciencias en Estadística, COLPOS, Montecillo, México. Profesor-Investigador, UAT, México.

**Javier Hernández Meléndez.** Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México. Profesor-Investigador, UAT, México.

**Andrés Gilberto Limas Martínez.** Doctor en Ciencias Agropecuarias, UAT, México. Profesor-Investigador, UAT, México.

## EVALUATION OF HARVESTING TIME ON SEED YIELD AND QUALITY OF *Brachiaria brizantha*

Santiago Joaquín Cancino, Bertín M. Joaquín Torres, Adelaido R. Rojas García, Benigno Estrada Drouaillet, Javier Hernández Meléndez and Andrés G. Limas Martínez

### SUMMARY

The study assessed the effect of harvest time after anthesis on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu seed yield and quality. The experiment was conducted under rain fed conditions during 2007, at the Experimental Research Unit, Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. Treatments were seven harvest times, at 4, 8, 12, 16, 20, 24 and 28 days after anthesis (DAA), distributed in a completely randomized block design with four replicates. Variables evaluated were: total seed yield (TSY), pure seed yield (PSY), panicles/m<sup>2</sup>, panicle length, harvested spikelets per panicle, 1000 seed

weight, spikelet abscission rate, seed purity and germination. Harvest time had a positive effect ( $P < 0.001$ ) on TSY and PSY ( $P < 0.05$ ), where the highest values (149.2 and 38.4 kg·ha<sup>-1</sup>) were observed for seed harvested at 24 DAA. Number of harvested spikelets per panicle was the variable more closely associated to TSY, with  $r = 0.45$ . Spikelet abscission rate and seed germination percentage showed differences among treatments ( $P < 0.05$ ). It can be concluded that the largest seed yield was obtained at 24 DAA, once 27% of spikelets had been shed.

## AVALIAÇÃO DA DATA DE COLHEITA NO RENDIMENTO E QUALIDADE DE SEMENTE DE *Brachiaria brizantha*

Santiago Joaquín Cancino, Bertín M. Joaquín Torres, Adelaido R. Rojas García, Benigno Estrada Drouaillet, Javier Hernández Meléndez e Andrés G. Limas Martínez

### RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da data de colheita no rendimento e qualidade de semente de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O experimento se realizou sob condições de temporal durante o ano 2007, na Universidade del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, México. Avaliaram-se sete datas de colheita, aos 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 dias depois da antese (DDA), sob um desenho de blocos aleatórios, com quatro repetições. Foi medido o rendimento de semente total (RST), rendimento de semente pura (RSP), panículas/m<sup>2</sup>, comprimento de panícula, espiguetas colhidas por panícula, peso de 1000

sementes, porcentagem de deiscência, porcentagem de semente pura e germinação. Detectaram-se diferenças entre tratamentos para RST ( $P < 0,001$ ) e RSP ( $P < 0,05$ ), onde os valores mais altos (149,2 e 38,4 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente) foram obtidos aos 24 DDA. O número de espiguetas colhidas por panícula foi o componente com maior grau de associação com o RST, com  $r = 0,45$ . A porcentagem de deiscência e germinação foram diferentes entre tratamentos ( $P < 0,05$ ). Concluiu-se que o maior rendimento de semente de *B. brizantha* cv. Marandu foi alcançado ao colher aos 24 DDA, quando existiu 27% de deiscência de sementes.

momento óptimo de cosecha son fecha después de la antesis, color de inflorescencias, contenido de materia seca y porcentaje de dehiscencia de las semillas (Carambula, 1981; Matías, 1994; Pérez *et al.*, 1997; Stritzler *et al.*, 2005). Por ejemplo, en *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk y *B. brizantha* cv. CIAT-16448, la mejor edad de cosecha es entre 21 y 28 días posteriores al inicio de la floración masiva (González *et al.*, 1987; González, 2001), mientras que en *B. humidicola* es entre 21 y 28 días después de la antesis (Vieito *et al.*, 2001).

En México, particularmente, en pasto Insurgente el efecto de la fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad de la semilla ha sido poco estudiado. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fecha de cosecha en el rendimiento y calidad de

la semilla del pasto Insurgente cv. Marandu.

### Materiales y Métodos

#### Localización del estudio

El estudio se realizó en condiciones de temporal, durante el año 2007 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, Oaxaca, México, ubicado a 18°01'19"N, 95°51'33"O y 26msnm (FAM, 2007). El clima es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, temperatura anual promedio y precipitación total de 24,7°C y 1,845mm, respectivamente. La temperatura promedio y precipitación mensual, registradas durante el periodo de estudio se presentan en la Figura 1 (FAM, 2007). El suelo es franco arenoso con pH 4,9; 1,8% M.O.; y 14,8; 23,5; 37,0; 241,0 y 42,3mg kg<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Fe.

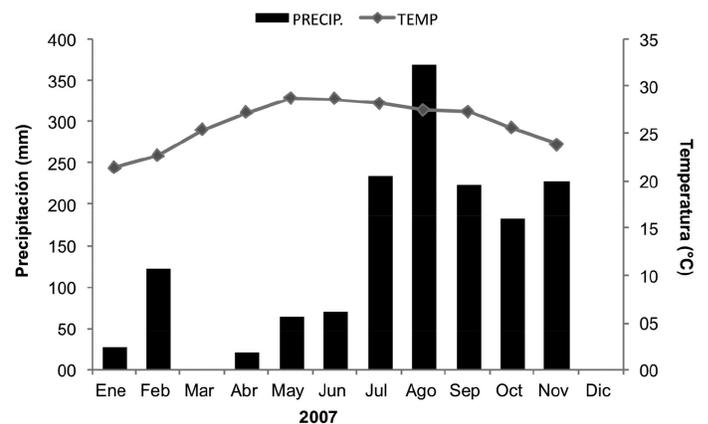


Figura 1. Temperatura media y precipitación mensual, durante el periodo de estudio. Loma Bonita, Oaxaca.

#### Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron siete edades de cosecha, a los 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días después de la antesis (DDA). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño

de bloques al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales fue de cuatro surcos de 4,8m de largo, es decir 3,2×4,8m, para un total de 15,36m<sup>2</sup> por parcela, con parcela útil de 1,6×3,2m (5,12m<sup>2</sup>).

## Establecimiento y manejo del cultivo

El pasto se sembró en noviembre de 2006, en surcos espaciados a 0,8m y 0,8m entre plantas, empleando material vegetativo (cepas conteniendo de 3 a 5 tallos) sembrado a una profundidad de 10cm. Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante un chapeo con machete y una aplicación del herbicida Glifosato, para eliminar la vegetación presente, principalmente la gramínea nativa *Paspalum notatum*. Cuando las plantas estuvieron establecidas, se realizó un corte de forraje en junio de 2007 para uniformizar su crecimiento. El corte de uniformidad para producción de semilla, se realizó en forma manual el 16/08/2007, a una altura de ~10cm sobre el suelo. Inmediatamente después se fertilizó con 100, 50 y 50kg·ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, en una sola aplicación, empleando como fuentes urea (46% N), superfosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O). Las malezas se controlaron con una aplicación del herbicida 2,4-D amina al mes del rebrote y posteriormente mediante chapeo a machete.

La cosecha manual de semilla se realizó en las fechas anteriormente señaladas. Se consideró como momento de antesis cuando 50% de las panículas presentes tenían, al menos, una espiguilla en floración; para ello, se seleccionaron al azar tres plantas dentro de cada parcela útil, las cuales se observaron cada tercer día. Se determinó que el momento de antesis ocurrió el 20 de noviembre. La cosecha de semilla se realizó utilizando la técnica tradicional para gramíneas tropicales (Ferguson, 1978), que consiste en cortar todas las inflorescencias presentes y posteriormente someterlas a un proceso de sudado natural. Se cosecharon todas las panículas de las plantas dentro de cada parcela útil. Para simular el proceso de sudado, las panículas cosechadas se colocaron en bolsas de manta, las cuales se

agruparon sobre el mismo terreno y se cubrieron con material vegetal que quedó después de haber cortado las panículas. El periodo de sudado fue de cuatro días. Posteriormente, se realizó la trilla, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se pesó, se colocó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio, durante ocho meses.

## Variables evaluadas

Se evaluó el rendimiento de semilla total (RST; kg·ha<sup>-1</sup>); el rendimiento de semilla pura (RSP; kg·ha<sup>-1</sup>); los componentes del rendimiento de semilla: número de panículas/m<sup>2</sup>, longitud de panículas (cm), número de espiguillas cosechadas por panícula y dehiscencia de espiguillas (%); la calidad física (porcentaje de semilla pura y peso en g de 1000 semillas puras) y la calidad fisiológica (porcentaje de germinación) de la semilla cosechada con cariósipide.

El RST se estimó con base en los kg de semilla cosechados en la parcela útil (5,12m<sup>2</sup>); mientras que el RSP, se estimó con base en los kg de semilla total cosechados en la parcela útil y el porcentaje de semilla pura. El número de panículas/m<sup>2</sup> al momento de la cosecha se determinó en tres macollos previamente seleccionados al azar dentro de cada parcela útil, y la estimación se realizó con base en la densidad de plantas/m<sup>2</sup>. Para determinar la longitud de panícula, número de semillas cosechadas por panícula y porcentaje de dehiscencia, se cosecharon 10 panículas por parcela útil, tomadas al azar en los tres macollos previamente seleccionados. La longitud de panícula se midió a partir del punto de inserción de la primera ramificación, hasta el extremo superior de la panícula. El número de espiguillas cosechadas por panícula se estimó como el número de espiguillas presentes por panícula al momento de ser cosechadas. El porcentaje de dehiscencia se calculó multiplicando el número de semillas desprendidas por 100 dividido entre el número

de semillas totales por panícula (espiguillas cosechadas + espiguillas desprendidas). El número de semillas desprendidas se estimó al contar los callos de abscisión que dejaron éstas en cada panícula (Chadhokar y Humphreys, 1973). En la cuantificación del número de espiguillas cosechadas por panícula se consideraron tanto espiguillas con cariósipide como vacías. El porcentaje de semilla pura se calculó por el método internacional, utilizando una muestra de 10g de semilla por parcela, separando ésta en sus componentes: semilla pura y material inerte. El peso de 1000 semillas se estimó como el promedio de ocho repeticiones de 100 semillas puras multiplicado por 10 (ISTA, 2005). La germinación de la semilla llena cosechada se realizó a los ocho meses después de almacenadas al ambiente, ya que se ha reportado que después de este tiempo de almacenamiento es cuando las semillas de esta especie rompen la latencia física ó fisiológica, presentando máxima germinación (Matías, 1985). Previo a la prueba de germinación, las semillas con reservas y embrión se escarificaron con ácido sulfúrico 95% durante 10min y lavaron con agua corriente. Para la obtención del porcentaje de germinación se utilizaron, por tratamiento, cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Las semillas se colocaron sobre papel absorbente, en cajas de plástico tipo 'sandwichera',

dentro de una cámara germinadora a 30 ±1°C (ISTA, 2005).

## Análisis estadístico

Los datos obtenidos en todas las variables se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencias entre tratamientos, con base en el diseño estadístico de bloques completos al azar. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de DMS. El análisis se realizó con el paquete estadístico SAS (SAS, 1997). Los porcentajes de germinación fueron transformados a arco seno √%. Adicionalmente, se determinó los coeficientes de correlación entre la producción de semilla y los componentes del rendimiento.

## Resultados y discusión

### Rendimiento de semilla

El rendimiento de semilla total (RST) varió (P<0,001) entre las diferentes fechas de cosecha, obteniéndose los valores más altos (145,9 y 149,2kg·ha<sup>-1</sup>) a 20 y 24 días después de antesis (DDA), respectivamente. Un comportamiento similar al anterior (P=0,05) se observó en el rendimiento de semilla pura (RSP), donde los valores mayores (37,2 y 38,4kg·ha<sup>-1</sup>) ocurrieron a 20 y 24 DDA (Tabla I). Se encontraron diferencias significativas entre fechas de cosecha (P<0,05) para número de panículas/m<sup>2</sup>, donde los mayo-

TABLA I  
RENDIMIENTO DE SEMILLA TOTAL Y SEMILLA PURA DE *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU, CON DIFERENTES FECHAS DE COSECHA

Fecha de cosecha (DDA)	Rendimiento de semilla total (kg·ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de semilla pura (kg·ha <sup>-1</sup> )
4	87,2 d	23,9 b
8	92,5 d	30,7 ab
12	98,2 cd	32,1 ab
16	115,1 bc	34,1 ab
20	145,9 a	37,2 a
24	149,2 a	38,4 a
28	133,1 ab	30,9 ab
EEM	229,7	52,1
	****	*

Letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa (P<0,05). DDA: días después de antesis, EEM: error estándar de la media.

\* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; \*\*\*\* P<0,0001; ns: no significativo.

res valores (102 y 104 panículas) también se obtuvieron a 20 y 24 DDA. La fecha de cosecha tuvo efecto significativo ( $P=0,05$ ) en la longitud de panículas, con un valor máximo (15,9cm) a 4 DDA. Se observaron diferencias significativas ( $P<0,01$ ) entre fechas de cosecha para el número de semillas cosechadas por panícula, donde el valor mayor (79 semillas) se obtuvo en la cosecha realizada a 4 DDA. Conforme avanzó la fecha de cosecha, hubo una disminución del número de espiguillas cosechadas por panícula, hasta llegar a 60 espiguillas a 28 DDA. Asimismo, a medida que avanzó la fecha de cosecha de 4 a 28 DDA, se incrementó ( $P<0,001$ ) el porcentaje de dehiscencia de 6,2 a 28,6%. La calidad física de la semilla, representada por el peso de 1000 semillas, no fue afectada ( $P>0,05$ ) por la fecha de cosecha. Sin embargo, el efecto fue significativo ( $P=0,05$ ) para el porcentaje de pureza física, donde el valor máximo (28,1%) se obtuvo a 20 DDA. La calidad fisiológica de la semilla cosechada, medida por el porcentaje de germinación, fue diferente entre fechas de cosecha ( $P=0,05$ ), donde el valor mayor (27,1%) se obtuvo a 4 DDA (Tabla II).

Los resultados encontrados en este estudio indican que la fecha de cosecha tiene efecto en el rendimiento de semilla de pasto Insurgente cv. Marandú y que los máximos rendimientos de semilla total y pura (149,2 y 38,4kg·ha<sup>-1</sup>) obtenidos a 24 DDA fueron mayores en 71,1 y 60,7%, respectivamente, con respecto al rendimiento obtenido a 4 DDA. Al respecto, González *et al.* (1987), Castro *et al.* (1994), Matías (1994), González (2001) y Vieito *et al.* (2001) encontraron un efecto similar de la fecha de cosecha sobre la producción de semilla de gramíneas forrajeras tropicales. Sin embargo, informaron de diferentes fechas de cosecha, en comparación con las del presente estudio. Por ejemplo, para *B. decumbens* cv. Basilisk (González *et al.*, 1987) y *B. brizantha* cv. CIAT-16448 (González, 2001) se encontró

que la mejor fecha de cosecha fue entre 21 y 28 días posteriores al inicio de la floración masiva, mientras que para *B. humidicola* (Vieito *et al.*, 2001) y *B. decumbens* cv. Basilisk (Castro, 1994) fue entre 24 y 30 días posteriores al inicio de la emergencia de inflorescencias. Asimismo, para *B. brizantha* cv. Marandú, la mejor fecha de cosecha fue a 35 días posteriores al inicio de la floración masiva (Matías, 1994). Esta inconsistencia de resultados puede deberse a la especie, cultivar y condiciones ambientales del área de estudio (Ferguson, 1978), o bien a los métodos de siembra, edad de la pradera y prácticas agronómicas utilizadas. Además, no existe un criterio homogéneo entre investigadores acerca del inicio de la floración, ya que mientras que unos lo consideran como el inicio del espigamiento, cuando han emergido entre 5 y 10 panículas/m<sup>2</sup> (Booman, 1978) otros lo hacen cuando existe el 75% de panículas en antesis (González *et al.*, 1988). Por tanto, botánicamente, es importante estandarizar el momento de antesis (día cero). El día 0 corresponde a la liberación del polen, dado que se encuentra regulado genética y ambientalmente y ocurre en sincronía en diversas especies, como respuesta al fotoperiodo y prácticas de manejo de la pradera, entre los principales factores.

En el presente estudio se observó que los rendimientos de semilla total y semilla pura fueron mayores a medida que avanzó la fecha de cosecha y se encontró que los máximos rendimientos de semilla total y pura (149,2 y 38,4kg·ha<sup>-1</sup>) ocurrieron a 24 DDA. Estos rendimientos son similares a los obtenidos por Carvajal y Lara (2003), quienes para esta misma especie y cultivar reportaron rendimientos de semilla total y pura de 135 y 32kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos mismos autores reportaron que los bajos porcentajes de semilla pura en pastos tropicales se deben a la alta proporción de material inerte (espiguillas sin carióspside). Además, la pureza física de la semilla de gramíneas forrajeras es variable (Ferguson, 1978). Por ejemplo, el pasto Insurgente tuvo 25% de pureza en la semilla cosechada en noviembre, que disminuyó a 3,5% en la cosecha de diciembre (Rivas *et al.*, 2000), debido al fuerte estrés por sequía previo a ésta última (Rivas *et al.*, 2000; Joaquín *et al.*, 2010). En el presente estudio se encontró que el rendimiento máximo de semilla pura (38,4kg·ha<sup>-1</sup>) representó el 26% del rendimiento total de semilla.

#### Componentes del rendimiento y calidad de semilla

Los resultados obtenidos en los componentes del rendi-

miento y calidad de semilla se muestran en la Tabla II. Se encontró que el número de panículas/m<sup>2</sup> fue mayor a medida que avanzó la fecha de cosecha, con valores de 49 panículas/m<sup>2</sup> en la cosecha a 4 DDA hasta 104 panículas a 24 DDA ( $P<0,05$ ). Contrariamente a estos resultados, otros autores no encontraron efecto de la fecha de cosecha en el número de panículas por unidad de superficie para *B. brizantha* cv. Marandú (Matías, 1994), *B. brizantha* cv. CIAT-16448 (González, 2001) y *B. humidicola* (Vieito *et al.*, 2001), ya que el sistema reproductivo se establece antes de la exención de las inflorescencias (White, 1990). No obstante, se ha indicado que en pastos tropicales, la emergencia de inflorescencias se incrementa rápidamente durante un periodo específico, alcanza un máximo y luego disminuye (Humphreys y Riveros, 1986). En este estudio, el componente número de panículas/m<sup>2</sup> también pudo influir en el incremento del rendimiento de semilla, ya que dicho componente tuvo un comportamiento similar al RST y RSP, lo que confirma lo señalado por Febles *et al.* (1982), quienes indicaron que el número total de panículas está directamente relacionado con el rendimiento de semilla. Por tanto, en el presente estudio, el mayor rendimiento de semilla, obtenido al cosechar a 24

TABLA II  
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO, CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU, CON DIFERENTES FECHAS DE COSECHA

Fecha de cosecha (DDA)	NP (N°/m <sup>2</sup> )	LP (cm)	ECP (N°)	PD (%)	PP (%)	PMS (g)	PG (%)
4	49 c	15,9 a	79 a	6,2 c	15,9 b	6,43 a	27,1 a
8	59 bc	15,5 ab	76 ab	7,0 c	21,0 ab	6,35 a	25,0 a
12	89 ab	14,6 ab	75 ab	7,2 c	23,5 ab	6,41 a	26,5 a
16	93 ab	14,8 ab	73 ab	8,2 c	25,9 ab	6,38 a	24,0 a
20	102 a	14,3 b	66 bc	17,6 b	28,1 a	6,56 a	14,0 b
24	104 a	15,4 ab	61 c	27,6 a	27,4 a	6,17 a	20,7 ab
28	94 ab	15,2 ab	60 c	28,6 a	21,7 ab	6,34 a	18,5 ab
EEM	617,7	0,9	49,0	34,0	53,8	0,2	0,0
	*		**	****		ns	*

NP: número de panículas, LP: longitud de panícula, ECP: espiguillas cosechadas por panícula, PD: porcentaje de dehiscencia, PP: porcentaje de pureza, PMS: peso de 1000 semillas, PG: porcentaje de germinación. Letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa ( $P<0,05$ ). DDA: días después de antesis; EEM: error estándar de la media.

\*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$ ; \*\*\*\*  $P<0,0001$ ; ns: no significativo

DDA, se debió a la presencia de un mayor número de panículas maduras por unidad de superficie, en comparación con las primeras cosechas, donde la mayor cantidad de panículas se encontraban inmaduras.

La longitud de panícula fue afectada por la fecha de cosecha ( $P>0,05$ ); sin embargo, se ha indicado que este parámetro queda determinado desde la antesis (White, 1990). Además, la longitud de la inflorescencia depende del tamaño inicial del ápice reproductivo, suministro de metabolitos y competencia del ápice con otros sitios en desarrollo dentro de la planta (Humphreys y Riveros, 1986). Al respecto, se ha señalado que las primeras inflorescencias que se forman contribuyen más al rendimiento, ya que son de mayor tamaño, contienen mayor número de espiguillas y mayor cantidad de semillas puras, en comparación con las que emergen tardíamente (Humphreys y Riveros, 1986). Por otro lado, Vieito *et al.* (2001) encontraron efecto de la fecha de cosecha en la longitud de panícula de *B. humidicola*, aunque ellos encontraron que la mayor longitud ocurrió a 28 DDA. La discrepancia de los presentes resultados con aquellos de la literatura con respecto a longitud de panícula puede estar originada por el diferente manejo agronómico aplicado, así como a condiciones climáticas distintas, o a una combinación de ambos factores.

La disminución del número de espiguillas cosechadas por panícula se debió a que conforme avanzó la fecha de cosecha, hubo mayor dehiscencia. Resultados similares fueron informados por González (2001) quien encontró que *B. brizantha* cv. CIAT-16448, presentó el mayor número de espiguillas por inflorescencias 14 días después del inicio de la floración. La mayor cantidad de espiguillas obtenida en las primeras cosechas, no se reflejó en un mayor rendimiento de semilla, lo que indica que cosechar anticipadamente a fin de evitar pérdidas considerables de semillas es contraproducente, ya que la cosecha

temprana produce una mayoría de espiguillas inmaduras; por el contrario, si la cosecha se retrasa ocurren pérdidas importantes, debido a la dehiscencia de semillas (Crowder y Chheda, 1982). Las primeras espiguillas que se desprenden de las inflorescencias presentan una mayor proporción de semillas vacías (Hopkinson y English, 1982). No obstante, en este estudio las mejores cosechas fueron a los 20 y 24 DDA, cuando la dehiscencia de semillas osciló entre 18 y 28%. Al respecto se ha señalado que los máximos rendimientos de semilla en gramíneas tropicales se logran cuando la dehiscencia de semillas es de 30% (Boonman, 1978). Por ello, se puede afirmar que en el presente estudio, la fecha de cosecha fue determinante para alcanzar altos rendimientos de semilla en *B. brizantha* cv. Marandu.

La calidad física de la semilla en términos del peso de 1000 semillas, no fue afectada por la fecha de cosecha ( $P>0,05$ ). Esto difiere con lo informado por Vieito *et al.* (2001) para *B. humidicola*, quienes encontraron que el mayor peso de 1000 semillas ocurrió a 21 DDA. Humphreys y Riveros (1980) mencionan que el peso individual de las semillas alcanza un máximo hasta antes de la fecha óptima de cosecha; en el caso de *B. brizantha* el peso máximo de las semillas se logra 11 DDA, aunque este periodo puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y prácticas de manejo.

La pureza física de la semilla cosechada fue mayor a medida que avanzó la fecha de cosecha (Tabla II). Se observó que los valores 28,1 y 27,4% obtenidos a 20 y 24 DDA, respectivamente, correspondieron a los rendimientos máximos de semilla pura (37,2 y 38,4kg-ha<sup>-1</sup>). Esta misma respuesta fue observada en este mismo cultivar, donde el mayor porcentaje de pureza ocurrió 35 días posteriores al inicio de la floración (Matías, 1994). Asimismo, en *B. brizantha* cv. CIAT-16448 el mayor porcentaje de semilla pura se obtuvo 21 días posteriores al inicio de la floración

(González, 2001), mientras que para *B. decumbens* cv. Basilisk, éste ocurrió 28 días después del inicio de la floración (González *et al.*, 1987). Por tanto, estos resultados indican que al cosechar tempranamente, el rendimiento de semilla puede disminuir por la presencia de espiguillas sin carióspside. Sin embargo, cosechar más allá de 24 DDA tiene serias consecuencias, pues la dehiscencia de semillas maduras reduce considerablemente el rendimiento.

Los valores relacionados con la germinación indican que la fecha de cosecha afectó la calidad fisiológica de la semilla ( $P<0,05$ ). Se observó que en las primeras cosechas se presentaron los porcentajes más altos de germinación, donde el valor máximo (27,1%) ocurrió en la cosecha a 4 DDA (Tabla II). Estos resultados difieren de los reportados por Matías (1994) para esta misma especie y cultivar, quien encontró un aumento de la germinación conforme se retrasó la fecha de cosecha, siendo el valor más alto a 28 DDA. En *B. decumbens* cv. Basilisk, el mayor porcentaje de germinación se presentó a 21 y 28 días después del inicio de la floración (González *et al.*, 1987). La discrepancia de resultados en la germinación de las semillas por efecto de la fecha de cosecha puede deberse a varios factores, tales como especies forrajeras, momento de cosecha, periodo de almacenamiento, condiciones climáticas ocurridas durante el proceso de producción y metodología utilizada en su determinación.

Los mayores rendimientos de semilla obtenidos en la fecha de cosecha a 24 DDA se atribuyeron, principalmente, a un incremento en el número de panículas/m<sup>2</sup>, número de espiguillas cosechadas por panícula, mayor porcentaje de semilla pura y al menor porcentaje de dehiscencia, ya que estos parámetros fueron los que presentaron el mayor grado de asociación con el RST y RSP (Tabla III). Al respecto se ha indicado que el número de panículas por unidad de superficie, peso de las semillas, número de espiguillas por panícula y retención de semillas son los parámetros que están directamente relacionados con el rendimiento de semilla (Loch, 1980; Crowder y Chheda, 1982; Hopkinson y English, 1982; Humphreys y Riveros, 1986).

### Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que la fecha de cosecha tuvo efecto en el rendimiento de semilla total y semilla pura de pasto Insurgente cv. Marandu. El rendimiento máximo de semilla se obtuvo a los 20 y 24 DDA, cuando el porcentaje de dehiscencia de las semillas osciló entre 17,6 y 27,6%. La calidad física y fisiológica de la semilla, en términos de porcentaje de semilla pura y germinación, respectivamente, fue afectada por la fecha de cosecha, donde la mayor pureza se obtuvo a 20 y 24 DDA, mientras que los valores más altos de germinación ocurrieron en las cosechas realizadas a 4 y 16 DDA. Por tanto, para producir semilla de

TABLA III  
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (R)  
ENTRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA Y  
LOS COMPONENTES DE DICHO RENDIMIENTO  
EN *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

Componentes del rendimiento	Semilla total (kg-ha <sup>-1</sup> )	Semilla pura (kg-ha <sup>-1</sup> )
Número de panículas	-0,2765 ns	0,0617 ***
Longitud de panícula	0,4252 *	-0,1562 ns
Espiguillas cosechadas por panícula	0,4484 **	-0,5923 ***
Peso de 1000 semillas	-0,2281 ns	0,0672 ns
Porcentaje de semilla pura	0,0261 ns	0,3746 *
Porcentaje de dehiscencia	-0,3178 ns	0,6287 ***

\*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$ ; ns: no significativo.

*Brachiaria brizantha* cv. Marandu se recomienda cosechar entre 20 y 24 días después de la antesis; sin embargo, se sugiere continuar con el estudio en éste y otros cultivares, con la finalidad de determinar con mayor precisión la mejor fecha de cosecha a utilizar.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Papaloapan y al Laboratorio del Programa de Semillas del Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado en la realización de ésta investigación.

#### REFERENCIAS

- Boonman JG (1978) Producción de semillas de pastos tropicales en África, con referencia especial en Kenya. En Tergas LE, Sánchez PA (Eds.) *Producción de Pastos en Suelos Ácidos de los Trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 385-402.
- Carambula M (1981) Producción de semillas de plantas forrajeras. 1ª ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 518 pp.
- Carvajal Azcorra J, Lara del Río M (2003) Producción y calidad de semillas de los pastos *Insurgente*, Guinea y Llanero. *Livest. Res. Rural Devel.* 15. Art. N° 16.
- Carvalho NM, Nakagawa J (1988) *Semillas: Ciencia, Tecnología y Producción*. 1ª ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 406 pp.
- Castro de DR, Das GM, Carvalho VG, Moreira de CML (1994) Influência de métodos e épocas de colheita sobre a produção e qualidade de sementes de *Brachiaria decumbens* cv. "Basilisk". *Rev. Bras. Sem.* 16: 6-11.
- Castro CRT, Carvalho WL, Reis FP (1994) Influência do tratamento com ácido sulfúrico na germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. *Ceres* 41: 451-458.
- Chadhokar PA, Humphreys LR (1973) Influence of time and level of urea application on seed production of *Paspalum plicatum* at Mt Cotton, South-eastern Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 13: 275-283.
- Copeland LO (1976) *Principles of Seed Science and Technology*. Burgess. Mineapolis, MN, EEUU. 369 pp.
- Crowder LV, Chheda HR (1982) *Tropical Grassland Husbandry*. 1ª ed. Longman. Londres, RU. 500 pp.
- Febles G, Ruiz ET, Padilla C, Pérez J, Aguilar M, Guizado I (1997) Efecto de la densidad de plantas y la nutrición mineral en la producción de semillas de hierba de guinea var. Común (*Panicum maximum* Jacq). *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 31: 137-148.
- Ferguson JE (1978) Sistemas de producción de semillas para especies de pastos en América Tropical. En Tergas LE, Sánchez PA (Eds.) *Producción de Pastos en Suelos Ácidos de los Trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 413-424.
- Filgueiras TS (1981) Seed vigor and productivity. *Pesq. Agrop. Bras.* 16: 851-854.
- Fuerza Aérea Mexicana (2007) *Estadística Meteorológica Mensual*. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- Gerdes L, Werner JC, Colozza MT, Duarte de CD, Aparecida SE (2000) Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 947-954.
- González Y (2001) Momento óptimo de cosecha de las semillas de *Brachiaria brizantha* cv. CIAT-16448. *Pastos Forrajes* 24: 27-33.
- González Y, Mendoza F (1996) Determinación del momento óptimo de cosecha de las semillas de *Cenchrus ciliaris* híbrido CIH-2. *Pastos Forrajes* 19: 59-64.
- González Y, Pérez A, Matías C (1988) Problemática de la producción de semillas en los pastos tropicales. Segunda parte. *Pastos Forrajes* 11: 105-127.
- González Y, Pérez A, Pérez R (1987) Determinación del momento óptimo de cosecha en *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. *Pastos Forrajes* 10: 212-218.
- Hopkinson JM, English BH (1982) Spikelet population dynamics in seed crops of *Panicum maximum* "Gatton". *Seed Sci. Technol.* 10: 379-403.
- Humphreys LR, Riveros F (1986) *Tropical Pasture Seed Production*. Plant Production and Protection Paper 8. UN Food and Agriculture Organization. Roma, Italia. 203 pp.
- ISTA (2005) *International Rules of Seed Testing*. Seed Science and Technology Suppl. 33. International Seed Testing Association. Baseersdorf, Suiza.
- Joaquín TBM, Moreno CMA, Martínez HPA, Hernández GA, Gómez VA, Pérez AJA (2006) Efecto de la fitohormona esteroide cidef-4 en el rendimiento y calidad de semilla. *Téc. Pec. Méx.* 44: 193-201.
- Joaquín TBM, Moreno CMA, Joaquín CS, Hernández GA, Pérez PJ, Gómez VA (2010) Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania usando la fitohormona esteroide cidef-4. *Rev. Mex. Cs. Pec. I.* 237-249.
- León RC de (1986) Centro de capacitación y desarrollo de tecnología de semillas. *Cebú* 12: 30-39.
- Loch DS (1980) Selection of environment and cropping system for tropical grass seed production. *Trop. Grassl.* 14: 159-168.
- Matías C, Bilbao B (1985) Influencia del almacenamiento en la germinación de las semillas de algunos pastos tropicales. II. Almacenados al ambiente. *Pastos Forrajes* 8: 53-63.
- Matías C (1994) Determinación del momento óptimo de cosecha en semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Pastos Forrajes* 17: 123-129.
- Mullen RE (2003) *Crop Science, Principles and Practice*. 4ª ed. Iowa State University. Ames, IO, EEUU. 352 pp.
- Pérez A, Matías C, González Y, Alonso O (1997) Tecnologías para la producción de semillas de gramíneas y leguminosas tropicales. *Pastos Forrajes* 20: 21-44.
- Rivas PF, Ortega RL, Castillo JH (2000) *Establecimiento del Pasto Insurgente en Suelo Litosol*. XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria "Sonora 2000". Hermosillo, México. 61 pp.
- SAS (1997) *SAS User's Guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU.
- Stritzler NP, Petrucci JH, González H, Castro M, Ruiz M (2005) Determinación de fecha óptima de cosecha de *Eragrostis superba* cv. Palar. *XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. Tampico, México. pp. 421-423.
- Vieito E, Cordovi E, González PJ, Funes F, Fernández JL, Fonseca E (2001) Fertilización nitrogenada y momento de cosecha de semilla en *Brachiaria humidicola* Stapf. *Pastos Forrajes* 24: 229-234.
- Vilela AR (1983) Épocas de colheita, producao e qualidade de sementes de capim gordura. *Rev. Bras. Sem.* 5(2): 9-22.
- White JGH (1990) Herbage seed production. En Langer RHH (Ed.) *Pastures; their Ecology and Management*. Oxford University Press. pp. 370-408.
- Yuseika O, Machado R, Del Pozo PP (2006) Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos Forrajes* 29: 5-29.