

Métodos de escarificación y germinación en *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente*

Scarification and germination methods on *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent

Edgar Hernández Flores¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Bertín Maurilio Joaquín Torres², Alfonso Hernández Garay¹ y Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{3§}

¹Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Ganadería. Carretera México-Texcoco, km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México C. P. 56230. Tel. +52-595-9520200 Ext. 75051; Fax: +52-595-9520279. (edgar@colpos.mx; queroadrian@colpos.mx; hernan@colpos.mx). ²Universidad del Papaloapan Av. Ferrocarril s/n, CD. Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México C. P. 68400. Tel. (281) 8 72 92 30 Ext. 110. (bmaurilio@hotmail.com). ³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio Conocido SN, Francisco I. Madero, 42660 Tepatepec, Hgo. Tel: 01 738 724 1174. [§]Autor de correspondencia: fjhernandez@upfim.edu.mx.

Resumen

Se evaluaron siete métodos de escarificación para mejorar la germinación de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente en dos lotes de semilla, cosechados manualmente en otoño (septiembre; lote 1) e invierno (diciembre; lote 2), del mismo año, en terrenos de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca. Los tratamientos incluyeron: T1= control (espiguilla completa); T2=remoción de glumas, lemas y palea del cariósipide, T3= inmersión de cariósipides en ácido giberélico (AG₃), 300 ppm, por 5 minutos; T4= inmersión de cariósipides en AG₃, 400 ppm, por 5 min; T5= inmersión de espiguillas en ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado por 10 minutos; T6= inmersión de espiguilla en H₂SO₄ concentrado por 5 min + inmersión en AG₃ a 300 ppm, 5 min y T7= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ concentrado por 5 min + inmersión en AG₃, 400 ppm, por 5 min. Se utilizó un diseño de completamente al azar, con cuatro repeticiones de 100 semillas por tratamiento. Las variables de respuesta incluyeron germinación (%) a cuatro, cinco y seis meses post-cosecha (lote 1) y dos, tres, cuatro, cinco y seis meses poscosecha (lote 2). Se encontraron diferencias entre tratamientos ($p < 0.01$) para ambos lotes de semilla. La mayor germinación se obtuvo con en T4, T3 y T2. Todos los tratamientos de escarificación incrementaron el porcentaje de germinación

Abstract

Seven scarification methods were evaluated in order to improve the germination of the *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seed in two lots of seeds harvested by hand in fall (September; lot 1) and winter (December; lot 2) of the same year in plots at the Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca. The treatments included: T1= control (full spikelet); T2= removal of the glume, lemma and palea from the caryopsis; T3= immersion of the caryopsis in gibberellic acid (AG₃), 300 ppm, for 5 minutes; T4= immersion of the caryopsis in AG₃, 400 ppm, for 5 minutes; T5= immersion of spikelet in concentrated sulfuric acid (H₂SO₄) for 10 minutes; T6= immersion of spikelet in concentrated H₂SO₄ for 5 minutes + immersion in AG₃ at 300 ppm, 5 minutes; T7= immersion of spikelet in concentrated H₂SO₄ for 5 minutes + immersion in AG₃, 400 ppm, for 5 minutes. A completely random design was utilized with four repetitions of 100 seeds per treatment. The response variables included germination (%) at four, five, and six months after harvest (lot 1) and at two, three, four, five, and six months after harvest (lot 2). Differences between treatments ($p < 0.01$) were found for both lots of seeds. The greatest germination was obtained with T4, T3, and T2. All the scarification treatments increased the germination percentage of the Insurgent grass seed with regard to the control, and

* Recibido: septiembre de 2015
Aceptado: enero de 2016

de la semilla de pasto Insurgente respecto al control y los mejores incluyeron inmersión de la cariósida en solución de AG_3 a 300 y 400 ppm, durante 5 min, así como remoción de estructuras que envuelven a la cariósida. Mientras no se desarrolle equipo de liberación de la cariósida, la aplicación de AG_3 a concentraciones de 300 y 400 ppm, representa la mejor alternativa al uso de ácido sulfúrico.

Palabras clave: *Brachiaria brizantha*, dormancia, germinación, pasto insurgente, tratamientos de escarificación.

Introducción

Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf., es una planta perenne originaria de África tropical perteneciente a la familia Poaceae. En México, fue introducida como variedad Insurgente y, debido a su alto rendimiento de forraje de buena calidad y excelente aceptación por el ganado, es una de las especies forrajeras más utilizada por los ganaderos de áreas tropicales (Peralta, 1990); sin embargo, la baja disponibilidad y calidad de semilla, son factores limitantes de la expansión y renovación de las áreas cultivadas de esta especie forrajera; además de lo anterior, la presencia de latencia de la semilla (Humphreys y Riveros, 1986; García y Císero, 1992; Meschede *et al.*, 2004), es otro factor del poco éxito obtenido en el establecimiento de praderas de esta importante especie.

La latencia es el estado en el cual, las semillas a pesar de tener las condiciones normales del medio ambiente para su germinación, no lo hacen, debido a mecanismos físicos y fisiológicos de la misma (Copeland, 2001). Esta característica es el factor de mayor importancia que afecta la germinación de las semillas del género *Brachiaria* y, en consecuencia, limita el establecimiento adecuado de las praderas (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Las causas principales de la latencia en semillas de gramíneas incluyen la presencia de embriones inmaduros (Hopkinson *et al.*, 1998), impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua y gases, requerimientos especiales de temperatura y luz, presencia de inhibidores (en brácteas accesorias y embrión) y restricciones mecánicas del embrión para el crecimiento y desarrollo o exersión y extensión de la radícula en la germinación. Sin embargo, la latencia de la semilla se elimina de manera natural con un periodo de “capacitación” de ésta, mediante su almacenamiento entre tres a ocho meses (Enríquez y Quero, 2007), dependiendo de las condiciones climáticas del lugar donde se almacenan. Por tanto, si la semilla se utiliza para el

the best treatments included immersion of the caryopsis in AG_3 solution at 300 and 400 ppm, for 5 minutes, as well as the removal of structures from the caryopsis. As long as caryopsis liberation equipment is not developed, the application of AG_3 at concentrations of 300 and 400 ppm represents the best alternative to the use of sulfuric acid.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, dormancy, germination, insurgent grass, scarification treatments.

Introduction

Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf is a perennial plant native to tropical Africa belonging to the Poaceae family. In Mexico it was introduced as an Insurgent variety and due to its high performance as a good quality feed and excellent adaptation by livestock, it is one of the fodder species most used by ranches in tropical areas (Peralta, 1990). However, the low availability and quality of the seed are limiting factors to the expansion and renewal of cultivated areas of this fodder species. In addition, the presence of seed dormancy (Humphreys and Riveros, 1986; García and Císero, 1992; Meschede *et al.*, 2004) is another factor to the minimal success obtained in the establishment of meadows of this important species.

Dormancy is the state in which the seeds, although having normal environmental conditions for their germination, do not germinate due to physical and physiological mechanisms (Copeland, 2001). This characteristic is the most important factor that affects the germination of seeds of the *Brachiaria* genus and, consequently, limits the adequate establishment of meadows (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). The main causes for dormancy in grass seeds include the presence of immature embryos (Hopkinson *et al.*, 1998), impermeability of the seed cover to water and gasses, special temperature and light requirements, the presence of inhibitors (in accessory bracts and embryos) and mechanical restrictions of the embryo on the growth and development or exertion and extension of the radicle during germination. Nevertheless, seed dormancy is eliminated in a natural manner during a “training” period, through its storage of three to eight months (Enríquez and Quero, 2007), depending on the climatic conditions of the storage place. Therefore, if the seed is used for the establishment of meadows immediately after harvest, it is possible that it will have low or null germination and, thus, lead to failure in the establishment of the meadow (Enríquez and Quero, 2007). However, this limiting factor of the seeds

establecimiento de praderas, inmediatamente después de la cosecha, es posible que tenga baja o nula germinación y, por tanto, se fracase en el establecimiento de la pradera (Enríquez y Quero, 2007). Sin embargo, esta limitante de las semillas, se puede mejorar de manera artificial mediante el empleo de métodos de escarificación previos a la siembra (García y Cícero, 1992; Camacho, 1994; Enríquez y Quero, 2006).

Entre los métodos para interrumpir la latencia en semillas se encuentran: pre-refrigeración, diferentes combinaciones de temperatura, solución de nitrato al 0.2%, ácido giberélico, prelavado, pre-secado, ácido sulfúrico, entre otros (Faria *et al.*, 1996). Temperatura elevada a 70 °C por 15 h ha resultado en reducción de la latencia en semilla de *B. brizantha* variedad Marandú, con mejoras en la germinación y sin deterioro de la viabilidad (Martins y da Silva, 2001); similarmente, en *Aeluropus lagopoides*, se ha demostrado que temperaturas medias alternas (20/30 °C), mejoran la germinación en esta especie de clima templado, por lo que la temperatura es un factor importante para este propósito (Gulzar y Kahn, 2001).

En *Brachiaria* híbrido variedad Mulato, almacenada en bodega y cuarto protegido en Tailandia (Hare *et al.*, 2008), indican que la germinación se eleva a 78% a los cuatro meses de almacenado en bodega y toda la semilla muere a los 20 meses; contrariamente a su almacenamiento en cuarto protegido y a temperatura ambiente fresca, alcanzando 80% de germinación a 14 meses de poscosecha y conservándose a estos niveles de germinación durante tres años. En Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) temperaturas alternas de 25 y 35 °C resultaron en mejor viabilidad, vigor y velocidad de germinación y germinación total (Machado *et al.*, 2013). La temperatura de germinación para *B. brizantha* ha sido reportada en 25 °C y con escotoperiodo ausente (Chiodini y Araujo, 2013).

El ácido sulfúrico es uno de los métodos químicos más recomendado para la ruptura de la latencia en semillas recalcitrantes de especies forrajeras tropicales. Varios estudios han mostrado la efectividad del ácido sulfúrico en mejorar la germinación de semillas de *B. brizantha* (Faria *et al.*, 1996; Martins y Da Silva, 2003; Usberti y Martins, 2007), ya que disuelve, agrieta y debilita las cubiertas de la espiguilla y, principalmente las de la palea coriácea fusionada al cariósido en Panicoideae, por tanto en el género *Brachiaria*, lo cual permite la entrada de agua e intercambio de gases necesarios para el proceso de germinación, con lo que se facilita la expansión del embrión y salida de radícula (Ramos, 1975; Zulay *et al.*, 1998). Sin embargo,

can be improved through artificial means with the use of scarification methods prior to cultivation (García and Cícero, 1992; Camacho, 1994; Enríquez and Quero, 2006).

Among the methods to interrupt seed dormancy are the following: pre-refrigeration, different temperature combinations, 0.2% nitrate solution, gibberellic acid, pre-washing, pre-drying, sulfuric acid, among others (Faria *et al.*, 1996). Temperatures raised to 70 °C for 15 hours have resulted in the reduction of seed dormancy in the *B. brizantha* Marandú variety, with improvements on germination and no viability deterioration (Martins and da Silva, 2001). Likewise in *Aeluropus lagopoides*, it has been shown that alternating average temperatures (20/30 °C) improves germination in this species of temperate climate; thus, temperature is an important factor for this purpose (Gulzar and Kahn, 2001).

When the *Brachiaria* hybrid Mulato variety is stored in a protected warehouse chamber in Thailand (Hare *et al.*, 2008), it has been indicated that germination rises to 78% at four months of warehouse storage and all the seeds die at 20 months, contrary to its storage in a protected chamber and at cool room temperature, reaching 80% germination at 14 months after harvest and maintaining these levels of germination for three years. In Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), alternate temperatures of 25 and 35 °C resulted in better viability, vigor, speed of germination and total germination (Machado *et al.*, 2013). The germination temperature for *B. brizantha* has been reported at 25 °C, with no photoperiod (Chiodini and Araujo, 2013).

Sulfuric acid is one of the most recommended chemical methods for the rupture of dormancy in recalcitrant seeds of tropical fodder species. Various studies have demonstrated the effectiveness of sulfuric acid in improving the germination of *B. brizantha* seeds (Faria *et al.*, 1996; Martins and Da Silva, 2003; Usberti and Martins, 2007), given that it dissolves, cracks, and weakens the coverings of the spikelets and mainly the leathery palea fused to the caryopsis in the Panicoideae subfamily of the *Brachiaria* genus, which allows for the entrance of water and the exchange of gasses necessary for the germination process, thus facilitating the expansion of the embryo and the exit of the radicle (Ramos, 1975; Zulay *et al.*, 1998). Nevertheless, in practice, the use of this treatment is scant with one of the reasons being that it has security risks involved during its handling and application.

Meschede *et al.* (2004) indicate that the removal of the glumes from the caryopsis presented the best germination results in three lots of *B. brizantha* cv. Marandú seeds, with an average of

en la práctica, el uso de este tratamiento es escaso y una de las razones es que presenta riesgos de seguridad durante su manejo y aplicación.

Meschede *et al.* (2004), indican que la remoción de glumas del cariósido presentó los mejores resultados de germinación en tres lotes de semillas de *B. brizantha* cv. Marandú, con un promedio de 60.3%. En este sentido se ha indicado que la presencia de lema y palea coriácea unida al cariósido e inhibidores, son causa de latencia de las semillas del género *Brachiaria*, lo cual dificulta su germinación (Quero *et al.*, 2007). Sustancias hormonales como ácido giberélico, se han recomendado para mejorar la germinación de semillas de gramíneas forrajeras tropicales y templadas; sin embargo, se requiere de información que permita su uso y de aplicación práctica, para la utilización en el mejoramiento de la germinación de semillas forrajeras, para el establecimiento de praderas, en nuestro país. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diversos tratamientos estimuladores de la germinación de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (IREGEP) del Colegio de Posgraduados, *Campus* Montecillo. Se utilizaron dos lotes de semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, cosechados manualmente el 28 de septiembre (otoño; lote 1) y 21 de diciembre (invierno; lote 2) del año 2007, en la misma pradera, en el campo Experimental de la Universidad del Papaloapan ubicada en Loma Bonita, Oaxaca.

La cosecha de semilla se realizó en forma manual, utilizando la técnica tradicional para gramíneas tropicales (INIFAP, 1989); la cual, consiste en cortar las inflorescencias presentes y, posteriormente, someterlas a un proceso de sudado natural, el cual incrementa la madurez de semillas con buen desarrollo del embrión y alto contenido de humedad y facilita, al acelerar su desecación en la planta, el desprendimiento de las mismas. Para simular el proceso de sudado, las inflorescencias cosechadas se colocaron sobre un plástico en la pradera de *B. brizantha* y se cubrieron con el material vegetal remanente, después de haber cortado las inflorescencias. El periodo de sudado fue de cuatro días. Posteriormente, se realizó un proceso de sacudida de inflorescencias, limpieza y secado a la sombra de la semilla, en forma natural. La semilla obtenida

60.3%. In this regard, it has been noted that the presence of leathery lemma and palea tied to the caryopses and inhibitors are the causes of seed dormancy of those belonging to the *Brachiaria* genus, hindering germination (Quero *et al.*, 2007). Hormonal substances such as gibberellic acid have been recommended in order to improve the germination of seeds of tropical and temperate fodder grasses; however, information that would allow for its practical application is required for its use in the improvement of the germination of fodder seeds, and for the establishment of meadows in Mexico. The objective of this study was to evaluate the effect of various treatments that stimulate the germination of the *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seed.

Materials and methods

The study was developed in the Seed Analysis Laboratory of the Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (IREGEP) of the Postgraduate College, *Campus* Montecillo. Two lots of *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seeds were used, harvested by hand on September 28 (fall; lot 1) and December 21 (winter; lot 2), 2007, from the same meadow in the Experimental Field of the Universidad del Papaloapan located in Loma Bonita, Oaxaca.

Seed harvesting was done by hand using the traditional technique for tropical grasses (INIFAP, 1989), which consists in cutting the inflorescences and, subsequently, subjecting them to a natural drying process; this increases the maturity of the seeds with a proper development of the embryo. The high humidity content and the accelerated desiccation of the plant facilitate the detachment of the seeds. In order to simulate the drying process, the harvested inflorescences were placed on plastic in the *B. brizantha* meadow and were covered with the remaining plant material after having cut the inflorescences. The drying period lasted four days. Subsequently, a dusting process of the inflorescences was carried out, cleaning and drying the seeds in the shade in a natural manner. The seeds obtained were placed in a kraft paper bag and stored in laboratory environmental conditions (darkness at a constant temperature of 18 °C) in Montecillo, Texcoco, Estado de México.

At the start of the study, the physical and physiological qualities of both lots of seeds were determined in terms of: physical purity; weight per 1 000 seeds; and viability, using the tetrazolium test (Table 1). Seven manual and chemical

se envasó en bolsa de papel de estraza y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio (obscuridad a 18 °C constantes), en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Al inicio del estudio, se determinó la calidad física y fisiológica de ambos lotes de semilla, en términos de: pureza física; peso de 1 000 semillas; y viabilidad, mediante prueba de tetrazolio (Cuadro 1). Se evaluaron siete tratamientos de escarificación manual y química, con ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 98% de concentración y ácido giberélico AG₃; (Cuadro 2). Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones de 100 semillas por tratamiento. Posterior a la aplicación de los tratamientos de escarificación, se evaluó el porcentaje de germinación de semillas de cuatro, cinco y seis meses de cosechada (lote 1) y dos, tres, cuatro, cinco y seis meses poscosecha (lote 2), mediante prueba de germinación estándar. Las semillas se colocaron en cajas “sandwicheras” 14 x 14 x 5.5 cm, con tapa, provistas de papel absorbente y colocadas dentro de cámara germinadora a temperatura de 25 ± 1 °C; 8 y 16 horas luz: oscuridad, respectivamente y humedad relativa de 100%, durante 21 días (ISTA, 2005). Las semillas y material utilizado en la prueba de germinación, se desinfectó con cloro al 5%, durante 5 min y, posteriormente, se enjuago con agua destilada (Meschede *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Tratamientos de escarificación evaluados en semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente.

Table 2. Scarification treatments evaluated on *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seeds.

Tratamiento	Descripción
T1	Espiguillas con brácteas accesorias, sin escarificación y promoción de la germinación.
T2	Remoción de brácteas (gluma, lema y palea) que envuelven al cariósido.
T3	Inmersión de cariósidos en AG ₃ a 300 ppm de concentración, durante 5 min.
T4	Inmersión de cariósidos en AG ₃ a a 400 ppm de concentración, durante 5 min.
T5	Inmersión de espiguillas en H ₂ SO ₄ concentrado (98%), durante 10 min.
T6	Inmersión de espiguillas en H ₂ SO ₄ (98%) durante 5 min + inmersión en AG ₃ a 300 ppm de concentración, durante 5 min.
T7	Inmersión de espiguillas en H ₂ SO ₄ (98%) durante 5 min + inmersión en AG ₃ a 400 ppm de concentración, durante 5 min.

En tratamientos basados en ácido sulfúrico, después del periodo de inmersión de las semillas, éstas se lavaron en agua corriente, durante 5 min, con la finalidad de retirar residuos de ácido sulfúrico (García y Cícero, 1992). El conteo de plántulas se inició a partir del día ocho después de la siembra y culminó el día 20, después de haber realizado la siembra respectiva; es decir, un periodo de 12 días para la expresión del potencial de germinación, para todos los tratamientos.

scarification treatments were evaluated, with sulfuric acid (H₂SO₄) at a concentration of 98% and gibberellic acid AG₃ (Table 2). A completely random design was utilized, with four repetitions of 100 seeds per treatment. Following the application of the scarification treatments, the germination percentage was evaluated for four, five, and six months after harvest (lot 1) and for two, three, four, five, and six months after harvest (lot 2), using the standard germination test.

Cuadro 1. Caracterización inicial de dos lotes de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, utilizados en la evaluación de tratamientos de escarificación, para romper latencia.

Table 1. Initial characterization of the lots of *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seeds utilized in the evaluation of scarification treatments in order to break dormancy.

Lote de semilla ¹	Semilla pura (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Viabilidad (%)
Otoño (lote 1)	7.7	6.7	87
Invierno (lote 2)	17.4	7.4	95

¹Lote 1 cosechado en septiembre 28 (otoño) y lote 2 en diciembre 21 (invierno) de 2007, misma pradera, en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca.

The seeds were placed in 14 x 14 x 5.5 cm “sandwich” boxes with lids, fitted with absorbent paper and placed inside a germinating chamber at a temperature of 25 ± 1 °C, 8 and 16 light:darkness hours, respectively, and 100% relative humidity for a duration of 21 days (ISTA, 2005). The seeds and the material used in the germination test were disinfected with 5% chlorine for 5 minutes and, subsequently, were washed with distilled water (Meschede *et al.*, 2004).

Los datos obtenidos, se sometieron a Análisis de Varianza para detectar diferencias entre tratamientos. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 (SAS, 1998). Todos los valores se transformaron previamente a arco seno (%) / 100, para normalizar su distribución y, posteriormente, transformados al valor original, para su discusión.

Resultados y discusión

Los porcentajes de germinación de la semilla obtenidos en los diferentes tratamientos de escarificación para el Lote 1, con 4, 5 y 6 meses de almacenamiento, mostraron diferencias ($p < 0.05$; Cuadro 3). Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.01$) a cuatro meses de almacenamiento, el mayor valor de germinación (58%) se obtuvo con el tratamiento de inmersión de cariósides en AG_3 a concentración de 400 ppm, durante 5 minutos (T4), valor similar ($p > 0.05$) a los obtenidos con los tratamientos T3 y T2 (55 y 52%, respectivamente), pero diferente y superior ($p > 0.05$) al tratamiento T1 (control), el cual presentó un valor de germinación de 11.5%. Un comportamiento similar al anterior, se observó a 5 y 6 meses de almacenamiento, donde los valores más altos se obtuvieron con los tratamientos T4, T3 y T2.

El tiempo de almacenamiento (considerado como tiempo de capacitación normal de la semilla de gramíneas tropicales) tuvo efecto positivo sobre la germinación. La semilla con seis meses de almacenamiento mostró la mayor germinación, independientemente del tratamiento de escarificación, los mayores valores (80 y 76%) se registraron a seis meses de almacenamiento, con los tratamientos T4 y T3, respectivamente. Es notorio que el uso de ácido sulfúrico concentrado no superó la utilización de AG_3 y, el hecho de que el cariósido sin tratamiento mostrara la menor germinación indica la ausencia de este estímulo en el embrión, lo que puede interpretarse como latencia impuesta por la condición del embrión en esta especie: presencia de inhibidores y falta de promotores adecuados por inmadurez, para lograr la germinación.

Los porcentajes de germinación de la semilla obtenidos en los diferentes tratamientos de escarificación para el lote 2 con dos, tres, cuatro, cinco y seis meses de almacenamiento mostraron diferencias significativas entre tratamientos $p > 0.01$; (Cuadro 4). A dos meses de almacenamiento, el mayor valor de germinación (55.6%) se observó con el

After the immersion period of the seeds in a sulfuric acid based treatment, the seeds were washed in running water for 5 minutes in order to remove any sulfuric acid residues (García and Cícero, 1992). The sapling count began on the eighth day after planting and ended on the 20th day after planting, i.e. a period of 12 days for potential germination for all treatments. The data obtained was submitted to an analysis of variance in order to detect any differences between treatments. The comparison of treatment means was carried out using the Tukey test with a level of significance of 0.05 (SAS, 1998). All the values were transformed prior to the arc sine (%) / 100 in order to normalize distribution and, subsequently, transformed to their original value for discussion.

Results and discussion

The seed germination percentages obtained from the different scarification treatments for lot 1 with four, five, and six months of storage presented differences ($p < 0.05$; Table 3). Significant differences were observed between treatments ($p > 0.01$) at four months of storage, with the largest germination value (58%) being obtained with the immersion treatment of the caryopses in AG_3 at a concentration of 400 ppm, for 5 minutes (T4). A similar value ($p > 0.05$) to those was obtained with treatments T3 and T2 (55 and 52%, respectively), but different and superior ($p > 0.05$) to treatment T1 (control), which presented a germination value of 11.5%. A similar behavior to the aforementioned was observed at five and six months of storage, where the highest values were obtained with treatments T4, T3, and T2.

The storage period (considered the normal preparation time for tropical grass seeds) had a positive effect on germination. The seed with six months of storage showed the greatest germination, independent of the scarification treatment; the highest values (80 and 76%) were registered at six months of storage with treatments T4 and T3, respectively. It is important to note that the use of concentrated sulfuric acid did not surpass the usage of AG_3 . Also, the fact that the caryopsis without treatment showed the least germination indicates the absence of this stimuli in the embryo, which can be interpreted as dormancy imposed by the embryo's condition in this species: presence of inhibitors and lack of adequate promoters due to immaturity in order to reach germination.

tratamiento T4, valor que fue similar ($p > 0.05$) a los obtenidos con los tratamientos T3 y T2 (51 y 46%, respectivamente), pero diferente y superior ($p > 0.05$) a los demás tratamientos, principalmente con respecto al control; el cual presentó un valor de germinación de 3%. Un comportamiento similar al anterior, se observó a tres, cuatro, cinco y seis meses de almacenamiento, donde los valores más altos de germinación se obtuvieron con los tratamientos T4, T3 y T2; esto es, la respuesta a los promotores de la germinación no se ve afectada por la edad post-cosecha de la semilla. Al igual que en el lote 1 (lote de otoño), se observó un incremento en el porcentaje de germinación, independientemente del tratamiento de escarificación, conforme se incrementa el tiempo de almacenamiento de la semilla. Los valores más altos (92.5, 92.4 y 86.4%) se registraron a los 6 meses poscosecha, con los tratamientos T4, T3 y T2, respectivamente.

Los resultados encontrados en este estudio indican que todos los tratamientos de escarificación evaluados, independientemente del lote, incrementaron el porcentaje de germinación de las semillas de pasto Insurgente, en comparación con el control y, los mejores tratamientos de escarificación fueron la combinación de remoción manual de las estructuras (brácteas accesorias –gluma, lemas y palea) que envuelven al cariósido y la posterior inmersión del cariósido en solución de ácido giberélico a una concentración de 300 y 400 ppm, durante 5 minutos.

El incremento del porcentaje de germinación de las semillas al remover sus estructuras se debió a que se permitió la entrada de agua e intercambio de gases, lo que facilitó la expansión del embrión y la consecuente ejerción de la radícula (Zulay *et al.*, 1998; Mérola y Díaz, 2012). En el caso de la posterior inmersión de las cariósidos en solución de ácido giberélico, ésta promueve la penetración de éste hacia el embrión, a través de la testa agrietada al embrión, promoviendo su crecimiento y, en consecuencia, mayor germinación.

Resultados similares fueron reportados por otros investigadores (Meschede *et al.*, 2004), quienes al evaluar tratamientos para romper latencia en tres lotes de semilla de *B. brizantha* cv. Marandú, encontraron que la remoción de glumas fue el tratamiento que presentó los mayores valores de germinación, con 60%. Esta misma repuesta fue reportada por otros autores (Vieira *et al.*, 1998), quienes al evaluar diferentes tratamientos de escarificación en cariósidos de *B. brizantha* cv. Insurgente, encontraron que los tratamientos evaluados siempre fueron superiores al control.

Cuadro 3. Evaluación de tratamientos de escarificación sobre el porcentaje de germinación de semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, a diferentes meses de almacenamiento (lote 1; cosecha de otoño).

Table 3. Evaluation of the scarification treatments on the germination percentage of *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seeds at different months of storage (lot 1; fall harvest).

Tratamientos ¹	Meses de almacenamiento		
	4	5	6
T1	11.5 ^d	21.9 ^c	22.8 ^d
T2	52.0 ^{ab}	63.1 ^{bc}	65.1 ^{bc}
T3	55.0 ^{ab}	71.1 ^{ab}	76.3 ^{ab}
T4	58.1 ^a	77.3 ^a	80.4 ^a
T5	26.7 ^c	46.0 ^d	57.0 ^c
T6	35.0 ^c	54.0 ^{cd}	60.1 ^c
T7	40.9 ^{bc}	58.1 ^{bcd}	61.1 ^{bc}

¹T1= control; T2= remoción de glumas, lema y palea del cariósido; T3= inmersión de cariósidos en AG₃ (300 ppm) por 5 min; T4= inmersión de cariósidos en AG₃ (400 ppm) por 5 min; T5= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 10 min; T6= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 5 min + inmersión en AG₃ (300 ppm) por 5 min; y, T7= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 5 min + inmersión en AG₃ (400 ppm) por 5 min. Literales diferentes por columna, indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

The seed germination percentages obtained from the different scarification treatments for lot 2 with two, three, four, five, and six months of storage showed significant differences between treatments $p > 0.01$ (Table 4). At two months of storage, the greatest germination value (55.6%) was observed with treatment T4, a value similar ($p > 0.05$) to those obtained with treatments T3 and T2 (51 and 46%, respectively), but different and superior ($p > 0.05$) to the other treatments, mainly with regard to the control which presented a germination value of 3%. A similar behavior to the aforementioned was observed at three, four, five, and six months of storage, where the highest germination values were obtained with treatments T4, T3, and T2; the answer to the germination promoters is not affected by the post-harvest age of the seed. As with lot 1 (fall lot), an increase was observed in the germination percentage, independent to the scarification process, as the seed's storage time was increased. The highest values (92.5, 92.4, and 86.4%) were registered at six months after harvest with treatments T4, T3 and T2, respectively.

The results found in this study indicate that all the evaluated scarification treatments, independent of the lot, increased the germination percentage of the Insurgent grass seeds in

En esta misma especie, otros autores (Faria *et al.*, 1996; Martins y Da Silva, 2003; Usberti y Martins, 2007), han reportado que la inmersión de las semillas en ácido sulfúrico, durante 5 a 15 minutos, mejora la germinación en más de 30% en comparación con el testigo. Por otra parte, se utilizaron semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, sometidas a inmersión durante 4 min en H₂SO₄ diluido al 50% encontrando 34% de germinación, siendo el tratamiento de mejor respuesta comparado contra otros siete tratamientos (Martínez *et al.*, 2013). El incremento en la germinación fue debido al hecho de que el ácido disolvió parte de la palea y lema de la espiguilla, causo grietas y debilitó dichas cubiertas de la espiguilla, lo cual permitió la entrada de agua e intercambio de gases, facilitando la expansión del embrión y salida de la radícula (Ramos, 1975; Sulay *et al.*, 1998). Se ha indicado que, en semillas del género *Brachiaria*, la presencia de lema y palea coriácea unida al cariósido dificulta la germinación (Quero *et al.*, 2007), ya que impide la absorción de agua ocasionando fallas en ésta que resultan en recalitrancia de la semilla (Jiménez, 1990).

Se observó, en ambos lotes de semilla, que las diferencias en porcentajes de germinación obtenidos con los diferentes tratamientos de escarificación, en comparación con el control, fueron más amplias a dos (lote 1) y cuatro (lote 2) meses de almacenamiento de la semilla, lo que indica una clara efectividad de los tratamientos de escarificación evaluados para incrementar la germinación de las semillas recién cosechadas de *B. brizantha* cv. Insurgente y, similarmente, una respuesta diferente entre semilla cosechada en otoño y la cosechada en invierno.

La efectividad de los tratamientos de escarificación fue menor a medida que se aumentó el periodo de almacenamiento de semilla. Lo anterior, ha sido reportado para *B. humidicola*, donde la escarificación con ácido sulfúrico concentrado tuvo mayor efecto durante los primeros nueve meses de almacenamiento de la semilla (Costa *et al.*, 2011). Por ejemplo; en el lote 1, con el mejor tratamiento de escarificación (inmersión de cariósidos en solución de ácido giberélico a una concentración de 400 ppm) de cuatro a cinco meses de almacenamiento, se obtuvo un incremento de la germinación de 33%; mientras que, de cinco a seis meses de almacenamiento, el aumento fue tan solo de 4%. Un comportamiento similar al anterior se observó para el Lote 2, donde en el periodo de dos a tres meses de almacenamiento, el incremento de germinación fue de 179%; mientras que, de cinco a los seis meses de almacenamiento, el aumento fue de tan solo el 1%. Lo anterior confirma el proceso de

comparison with the control, with the best scarification treatments being the combination of manual removal of the structures (accessory bracts - glume, lemma and palea) that encase the caryopsis and the subsequent immersion of the caryopsis in gibberellic acid solution with a concentration of 300 and 400 ppm, for 5 minutes.

Cuadro 4. Evaluación de tratamientos de escarificación sobre el porcentaje de germinación de semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, a diferentes meses de almacenamiento (lote 2; cosecha de invierno).

Table 4. Evaluation of the scarification treatments on the germination percentage of *Brachiaria brizantha* cv. Insurgent seeds at different months of storage (lot 2; winter harvest).

Tratamiento ¹	Meses de almacenamiento				
	2	3	4	5	6
T1	3.0 ^c	17.6 ^c	22.9 ^d	27.0 ^d	33.9 ^c
T2	46.0 ^{abc}	73.3 ^a	77.2 ^{ab}	84.4 ^{abc}	86.4 ^{ab}
T3	51.0 ^{ab}	75.2 ^a	82.3 ^a	87.6 ^{ab}	92.4 ^{ab}
T4	55.6 ^a	80.4 ^a	89.7 ^a	91.2 ^a	92.5 ^a
T5	19.9 ^d	28.9 ^{bc}	52.0 ^c	70.1 ^c	75.3 ^b
T6	30.9 ^{cd}	30.9 ^{bc}	57.1 ^c	75.3 ^{bc}	76.2 ^b
T7	35.9 ^{bcd}	40.9 ^b	62.2 ^{bc}	82.2 ^{abc}	81.7 ^{ab}

¹T1= control; T2= remoción de glumas, lema y palea del cariósido; T3= inmersión de cariósidos en AG₃ (300 ppm) por 5 min; T4= inmersión de cariósidos en AG₃ (400 ppm) por 5 min; T5= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 10 min; T6= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 5 min + inmersión en AG₃ (300 ppm) por 5 min; y, T7= inmersión de espiguillas en H₂SO₄ por 5 min + inmersión en AG₃ (400 ppm) por 5 min. Literales diferentes por columna, indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

The increase in the seed germination percentage by removing its structures is due to it allowing the entrance of water and the exchange of gasses, which facilitates the expansion of the embryo and the resulting exertion of the radicle (Zualy *et al.*, 1998; Mérola and Díaz, 2012). In the case of the subsequent immersion of the caryopsis in gibberellic acid solution, its penetration towards the embryo is promoted through the cracked head towards the embryo, advancing its growth, resulting in higher germination.

Similar results were reported by other researchers (Meschede *et al.*, 2004) who, when evaluating treatments to break dormancy in three lots of *B. brizantha* cv. Marandú seeds, found that the removal of glumes was the treatment with the greatest germination values, at 60%. This same answer was reported by other authors (Vieira *et al.*, 1998)

maduración del embrión y la menor necesidad de estímulos externos como el ácido giberélico y/o tratamientos agresivos de ácido sulfúrico más allá de la apertura del intercambio de gases y el debilitamiento de estructuras para la ejerción de radícula y plúmula. Por otra parte, los bajos porcentajes de germinación (11.5 y 3%) obtenidos con el tratamiento control a cuatro meses de almacenamiento (lote 1) y dos meses de almacenamiento (lote 2) respectivamente, corroboran los altos niveles de latencia de semilla en esta especie forrajera, misma que es impuesta por el embrión.

Se ha indicado que la semilla de *B. brizantha* presenta elevada latencia (Humphreys y Riveros, 1986; García y Cícero, 1992; Enríquez y Quero, 2006, Ascorra y Lara, 2003), la cual se elimina en forma natural durante el almacenamiento de dos a ocho meses; o bien, de manera artificial, mediante aplicación de tratamientos de escarificación mecánica y química (Enríquez y Quero, 2006). Azcorra y Lara (2003), al evaluar el efecto del tiempo del almacenamiento en la germinación de la semillas de *B. brizantha* encontraron valores de germinación de 2, 3 y 48% a 0, 3.5 y 6.5 meses de almacenamiento, respectivamente.

La baja germinación de las semillas en los primeros meses, después de ser cosechadas, se debe a que ésta bloqueada por las estructuras vigorosas que cubren el cariósido (palea y lemas); similarmente, por la condición de presencia de inhibidores y/o falta de respuesta a condiciones de germinación y a estimuladores de ésta por parte del embrión inmaduro o con exceso de inhibidores. Vieira *et al.* (1998), indicaron que la latencia no es solo por las estructuras duras de las semillas, si no que existe otro mecanismo de latencia atribuido a la presencia de sustancias inhibitoras de la germinación presente en el embrión, o bien, por la ausencia de sustancias promotoras del crecimiento, lo que implica que, para que las semillas germinen, es necesario eliminar los componentes inhibidores presentes por medio de la separación manual de las cubiertas o mediante el uso de sustancias químicas como ácido sulfúrico y sustancias promotoras del crecimiento como el ácido giberélico.

El presente estudio también reveló una mejor germinación en el lote 1 (otoño) comparado con el lote 2 (invierno). En el Lote 1, las semillas sin tratamiento de escarificación a cuatro meses de almacenamiento presentaron una germinación de 11.5%; mientras que, para el lote 2, en el mismo periodo de almacenamiento, el porcentaje de germinación fue de 22.9%. Lo anterior, es respuesta al ambiente de maduración de la semilla en la planta madre y dos aspectos son notoriamente

who, when evaluating different scarification treatments on caryopses of *B. brizantha* cv. Insurgent, found that the evaluated treatments were always superior to the control.

In this same species, other authors (Faria *et al.*, 1996; Martins and Da Silva, 2003; Usberti and Martins, 2007) have reported that the immersion of the seeds in sulfuric acid, for 5 to 15 minutes, improves germination by more than 30% in comparison with the control. On the other hand, *Brachiaria brizantha* cv. Marandú seeds were used, subjected to immersion in H₂SO₄ diluted to 50% for 4 minutes, finding a germination of 34%, with this treatment providing the best response in comparison to seven other treatments (Martinez *et al.*, 2013). The increase in germination was due to the fact that the acid dissolved part of the palea and lemma of the spikelet, causing cracks and weakening the coverings of the spikelet, which permitted water to enter and the exchange of gasses to occur, facilitating the expansion of the embryo and the exit of the radicle (Ramos, 1975; Sulay *et al.*, 1998). It has been noted that in seeds belonging to the *Brachiaria* genus, the presence of leathery lemma and palea tied to the caryopsis hampers germination (Quero *et al.*, 2007), given that it hinders water absorption causing failures that result in the recalcitrance of the seed (Jiménez, 1990).

It was observed in both lots of seeds that the differences in germination percentages obtained with the various scarification treatments in comparison with the control were broader at two (lot 1) and four (lot 2) months of storage of the seed, which indicates a decisive effectiveness of the scarification treatments evaluated in incrementing the germination of the recently harvested *B. brizantha* cv. Insurgent seeds and, similarly, a different response between seeds harvested in fall and those harvested in winter.

The effectiveness of the scarification treatments was less as the storage period of the seed increased. The aforementioned has been reported for *B. humidicola*, where scarification with concentrated sulfuric acid had a major effect during the first nine months of storage of the seed (Costa *et al.*, 2011). For example in lot 1, with the best scarification treatment (immersion of the caryopsis in gibberellic acid solution at a concentration of 400 ppm) at four to five months of storage, a 33% germination increase was obtained; whereas at five to six months of storage, there was only a 4% increase. A similar behavior to the aforementioned was observed for lot 2, where during the period of two to three months of

diferentes en estas épocas: temperaturas nocturnas decrecientes y escotoperiodos mayores, los cuales son difíciles de documentar sin estrategias adecuadas para su discernimiento.

Asimismo, para el lote 1 (cosecha de otoño), con el mejor tratamiento de escarificación (inmersión del cariósido en solución de ácido giberélico a 400 ppm de concentración) y a cuatro meses de almacenamiento, se obtuvo una germinación de 58%; mientras que para el lote 2 (cosecha de Invierno), a cuatro meses de almacenamiento se observó una germinación de 90%. Este resultado se atribuye a la mejor calidad física y fisiológica de las semillas del lote 2, como respuesta a las condiciones ambientales de fertilización, desarrollo y maduración en la planta madre. En este sentido, se ha indicado que la baja germinación de las semillas recién cosechadas se debe a la presencia de embriones que no se han desarrollado completamente (Hopkinson *et al.*, 1998; Enríquez y Quero, 2006).

Otro factor implicado puede ser la velocidad del desarrollo del callo de abscisión que se encuentra por debajo de las glumas (Enríquez *et al.*, 2005), el cual puede ser más lento a menor temperatura; lo anterior, permitiría la mejor nutrición del embrión por fotosíntesis de la planta madre, durante su desarrollo, dado que la calosa (carbohidrato que forma una barrera entre la planta madre y la semilla en desarrollo) que reduce la comunicación entre la semilla y la planta madre, provoca la caída de la semilla y ésta se formaría con mayor lentitud a menor temperatura y en respuesta a las horas luz. La mejor nutrición por un periodo mayor puede resultar en embriones mejor desarrollados, resultando en semillas con embriones más resistentes al ambiente y responsivos a condiciones o promotores de la germinación, mejor relación embrión: endospermo, entre otros aspectos.

Conclusiones

Los tratamientos de escarificación mejoraron la germinación de la semilla del pasto Insurgente, respecto a la espiguilla completa. Los mayores valores de germinación se obtuvieron con la eliminación de brácteas florales (gluma, lema y palea) con inmersión de las cariósidos en solución de ácido giberélico a concentración de 300 y 400 ppm, durante 5 min. La eliminación de brácteas accesorias de la cariósido y el efecto del ácido giberélico mejoran la germinación en *Brachiaria brizantha*. La semilla de mejor calidad germinativa fue la

storage, germination increased 179%; whereas at five to six months of storage, there was only a 1% increase. This confirms the maturity process of the embryo and lesser need for external stimuli such as gibberellic acid and/or aggressive sulfuric acid treatments beyond opening the exchange of gasses and the weakening of the structures for the exertion of the radicle and plumule. On the other hand, the low germination percentages (11.5 and 3%) obtained with the control treatment at four months (lot 1) and two months (lot 2) of storage, respectively, corroborate the high seed dormancy levels in this fodder species, same that is imposed by the embryo.

It has been noted that the *B. brizantha* seed shows high dormancy (Humphreys and Riveros, 1986; García and Cícero, 1992; Enríquez and Quero, 2006; Ascorra and Lara, 2003), which is eliminated in a natural manner during a storage period of two to eight months; or rather, in an artificial manner, through the application of mechanical and chemical scarification treatments (Enríquez and Quero, 2006). When evaluating the effect of the time of storage on the germination of *B. brizantha* seeds, Ascorra and Lara (2003) found germination values of 2, 3, and 48% at 0, 3.5, and 6.5 months of storage, respectively.

The low seed germination during the first months after having been harvested is due to it being locked by the vigorous structures that cover the caryopsis (palea and lemma); similarly, due to the presence of inhibitors and/or the lack of response under germination conditions and stimulants of this on the part of the immature embryo or with an excess of inhibitors. Vieira *et al.* (1998) indicated that dormancy is not only due to the hard structures of the seed, but rather there is also another dormancy mechanism attributed to the presence of substances that inhibit germination within the embryo, or rather, due to the absence of growth promoting substances, which implies that in order for them to germinate, it is necessary to eliminate the inhibiting components through the manual separation of the covers or through the use of chemical substances such as sulfuric acid and growth promoting substances such as gibberellic acid.

This study also revealed better germination in lot 1 (fall) compared with lot 2 (winter). In lot 1, the seeds without scarification treatment at four months of storage showed a germination of 11.55%, whereas for lot 2 with the same storage period, the seeds showed a germination of 22.9%. The aforementioned is in response to the

cosechada en invierno; por tanto, el manejo de inducción floral puede programarse para que la maduración de la misma ocurra durante la segunda quincena de diciembre. Se sugiere continuar con este estudio, con la finalidad de determinar con mayor precisión el mejor método de promoción de la germinación en semillas del género *Brachiaria*.

Agradecimientos

A la Universidad del Papaloapan por la aportación de la semilla utilizada en el presente estudio y al personal del Laboratorio de Semillas del Instituto Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Posgraduados, por el apoyo brindado.

Literatura citada

- Azcorra, C. J. and Lara M. del R. 2003. Production and quality of seed of the Insurgent grass, Guinea and Llanero. *Livestock Research for Rural Development*. 15(2):1-8.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Editorial Trillas. Primera Ed. México, DF. 172 p.
- Chiodini, B. M. y Araujo, C. T. da C. S. (2013). Efeito da temperatura na germinacao de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú (Hochst. ex A. Rich.) Stapf (Poaceae). *Revista Varia Siciencia Agrárias (Brasil)*. 3(2):105-113.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. 4th Ed. Springer. 467 p.
- Costa, C. J.; Branco, R. de A.; da Costa, H. D. V. B. 2011. Tratamientos para a superacao de dormencia em sementes de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schwick. *Pesq. Agrop. Trop. Voiania*. 41(4):519-524.
- Enríquez, Q. J. F.; Quero, A. R. C. y Hernández, A. G. 2005. Rendimiento de semilla e índice de llenado de grano en diversos ecotipos de tres especies del género *Brachiaria*. *Téc. Pecu Méx.* 43 (2):259-273.
- Enríquez, Q. J. F. y Quero, A. R. C. (2006). Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. Libro Técnico Núm. 11. 109 p.
- Faria, J.; García, A. L. y González, B. 1996. Efecto de métodos químicos de escarificación sobre la germinación de seis gramíneas forrajeras tropicales. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 13(1):387-393.
- García, J. y Cicero, S. M. 1992. Superado de dormencia em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Scientia Agricola Piracicaba-SP*. 49(1):9-13.
- Gulzar, S. and Khan, M. A. 2001. Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagopoides*. *Annals of Botany*. 87:319-324.
- Hare, M. D.; Tatsapong, P. y Phengphet, S. 2008. Effect of storage duration, storage room and bag type on seed germination of brachiaria hybrid cv. Mulato. *Trop. Grassls*. 42:224-228.

ripening environment of the seed in the parent plant. Two aspects are notably different at these stages: decreasing night temperatures and greater photoperiods, which are difficult to document without adequate strategies for their discernment.

Likewise for lot 1 (fall harvest) with the best scarification treatment (immersion of the caryopsis in gibberellic acid solution at a concentration of 400 ppm) and at four months of storage, a 58% germination was obtained; whereas for lot 2 (winter harvest) at four months of storage, a 90% germination was observed. This result is attributed to the better physical and physiological qualities of the seeds in lot 2, as a response to the fertilizing, development, and ripening environmental conditions on the parent plant. In this regard, it has been noted that the low germination of the recently harvested seeds is due to the presence of embryos that have not yet fully developed (Hopkinson *et al.*, 1998; Enríquez and Quero, 2006).

Another implicated factor can be the rate of development of the callus from abscission that is under the glumes (Enríquez *et al.*, 2005), which can be slower at a lower temperature. The aforementioned would allow better nutrition of the embryo by photosynthates of the parent plant, during its development, given that the callose (carbohydrate that forms a barrier between the parent plant and the in-development seed) reduces the communication between the seed and the parent plant, provokes the fall of the seed and is formed more slowly at a lower temperature and in response to the hours of light. The best nutrition for a greater period of time can result in better developed embryos, which in turn result in seeds with embryos more resistant to the environment and responsive to conditions or germination promoters, improving the embryo:endosperm relation, among other aspects.

Conclusions

The scarification treatments improve the germination of the Insurgent grass seed with regard to the full spikelet. The highest germination values were obtained with the elimination of floral bracts (glume, lemma and palea) through the immersion of the caryopsis in gibberellic acid solution at a concentration of 300 and 400 ppm for 5 minutes. The removal of the accessory bracts from the caryopsis and

- Hopkinson, M. J.; De Souza, F. H.; Diulgheroff, S.; Ortiz, A. y Sánchez, M. 1998 Fisiología reproductiva, producción de semilla y calidad de la semilla en el género *Brachiaria*. In: Miles, J. W.; Mass, B. L. and Valle, C. do (eds.) *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT-EMBRAPA. 136-155 pp.
- Humphreys, L. R. and Riveros, F. 1986. Tropical pasture seed production. FAO, Plant Production and Protection. Paper 8. Rome, Italy. 132 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2015 International Rules for Seed Testing. Switzerland.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria). 1989. Resultados de evaluación de pastos tropicales en México. Programa de Forrajes, Zona Sur. Iguala, Gro. 54 p.
- Jiménez, M. A. 1990. Semillas forrajeras para siembra. Universidad Autónoma Chapingo (Ed.). Primera Ed. Chapingo, México. 62 p.
- Machado, S. R.; Angelotti, F.; Votolini, T. V. and Dantas, B. F. 2013. Geminacao de sementes de campim-buffel em diferentes temperaturas. *Pangeia Científica (Brasil)* 1(1):11-16.
- Martínez, S. J.; Villegas, Y. A.; Enríquez, V. J. R.; Carrillo, R. J. C. y Vázquez, D. M. A. 2013. Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6:1263-1272.
- Martins, L. and Da Silva, W. R. 2001. Comportamento da dormencia em sementes de braquiária submetidas a tratamentos térmicos e químicos. *Pesq. Agrop. Bras.* 36(7):997-1003.
- Martins, L.; Da Silva, W. R. 2003. Efeitos imediatos e latentes de tratamentos térmico e químico em sementes de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú. *Bragantia, Campinas*. 62(1):81-88.
- Mérola, R. y Díaz, S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Facultad de Ciencias Agrarias. Trabajo Postgrado. Montevideo, Uruguay. 2012. 42 p.
- Meschede, D. K.; Sales, C. J. G.; Braccini, D. L. A.; Scapim, C. A. y Schuab, R. S. 2004. Tratamentos para superacao da dormencia das sementes de *Capim braquiaria* cultivar Marandú. *Revista Brasileira de Sementes*. 26(2):76-81.
- Peralta, M. A. 1990. Pasto insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf., para incrementar la producción de carne y leche en el trópico de México. INIFAP-CIRPAS. Oaxaca, México. 1990. Folleto Técnico No.1. 21 p.

the effect of the gibberellic acid improve germination on *Brachiaria brizantha*. The seed with the best germination quality was harvested in winter; therefore, the handling of floral induction could program them so that they ripen during the second fortnight of December. It is recommended that this study is continued in order to determine with greater precision the best method to promote germination in seeds belonging to the *Brachiaria* genus.

End of the English version



- Quero, C. A. R.; Enríquez, J. F. Q. y Miranda, L. J. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia* 32(8):566-571.
- Quero-Carrillo, A. R.; Miranda-Jiménez, L.; Hernández-Guzmán, F. J. y Rubio, F. A. A. 2014. Mejora del Establecimiento de Praderas. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p.
- Ramos, N. 1975. Factores que influyen en la germinación del pasto *Brachiaria documbens* (Stapf). Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario (UN-ICA). Tesis Ms. Sc. Bogotá, Colombia. 128 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 1998. SAS Institute. Users Guide (Version 6.12). Cary NC, USA. SAS Inst. Inc.
- Usberti, R. and Martins, L. 2007. Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. *Revista Brasileira de Sementes*. 29(2):143-47.
- Vieira, H. D.; Da Silva, F. R. and Barros, S. R. 1998. Superacao da dormencia de sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex a. Rich) Stapf cv Marandú submetidas ao nitrato de potasio, hipoclorito de sodio, tiourea e etanol. *Revista Brasileira de Sementes*. 20(2):44-47.
- Zulay, F. V.; Montes, J. y Manzano, M. 1998. Efecto de almacenamiento y tratamiento con ácido sulfúrico en semillas de *Brachiaria dictyoneura*. *Zootecnia Tropical*. 16(2):277-286.