



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS LOMA BONITA

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**EFFECTO DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN LA
GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE *Panicum maximum* CV.**

MOMBAZA

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

PRESENTA:

ADILENE ABAD BENÍTEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, AGOSTO DE 2012



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA “EFECTO DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE *Panicum maximum* CV. MOMBAZA”, PRESENTADA POR LA PASANTE C. ADILENE ABAD BENÍTEZ BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES
DIRECTOR

M.C. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ
ASESOR

M.C. CÉSAR JULIO MARTÍNEZ CASTRO
ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, AGOSTO DE 2012

DEDICATORIA

A mi madre: Irma Benítez Zamudio, por su amor, paciencia y por ser una madre ejemplar y sobre todo por ser mi más grande amiga.

A mis hermanos: Heriberto, Eduardo, Héctor, Juan, Laura e Ismael, por su cariño, apoyo, buenos consejos y porque son los mejores hermanos del mundo.

A mis amigos: Estela Castillo, Perla Morales, Cindy Hernández, Mayra Pacheco, Esteban Patricio, Ubaldo Aguilar, Evelio Martínez, Omar Olvera y Gary Zamudio, por su amistad y buenos consejos, por hacer especial cada día que pasamos juntos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por darme la vida y por permitirme culminar este proyecto, ya que sin su ayuda y bendiciones no lo hubiera logrado.

En especial a mi Director de tesis Dr. Bertín Maurilio Joaquín Torres por ser parte fundamental en la realización de esta tesis. Por su dedicación y confianza depositada en mi.

A mis asesores M.C. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez y M. C. César Julio Martínez Castro por su contribución y apoyo incondicional en la realización de esta tesis.

A mis revisores Dr. Sergio Ramírez Ordoñez y Dr. Jorge Alberto Ortiz Salazar por las aportaciones y colaboración para mejorar la calidad de la presente tesis.

ÍNDICE	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	<i>vii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>viii</i>
RESUMEN	<i>ix</i>
ABSTRACT	<i>xi</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivo particular	4
3. HIPÓTESIS	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Características botánicas y agronómicas del pasto <i>Panicum maximum</i>	6
4.2. Importancia de la producción de semillas de gramíneas forrajeras	8
4.3. Importancia de la calidad de las semillas en especies forrajeras	9
4.3.1. Calidad física	10
4.3.2. Calidad sanitaria	11
4.3.3. Calidad genética	12
4.3.4. Calidad fisiológica	13
4.3.4.1. Germinación	13
4.3.4.2. Viabilidad	15
4.4. Factores que afectan la calidad de la semilla	16
4.4.1. Edad de la semilla	16

4.4.2. Tamaño de la semilla	16
4.4.3. Método de secado de la semilla	17
4.4.4. Dormancia de la semilla	18
4.4.5. Condiciones de almacenamiento	20
4.5 Tratamientos de escarificación para romper dormancia en semillas	22
4.5.1. Escarificación mecánica	22
4.5.2. Escarificación química	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1. Localización del área experimental	25
5.2. Material genético	25
5.3. Tratamiento y diseño experimental	27
5.4. Desarrollo del experimento	27
5.5. Variables evaluadas	29
5.6. Análisis y modelo estadístico	29
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1. Efecto del periodo de almacenamiento en la germinación de la semilla	31
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
8. LITERATURA CITADA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Calidad física inicial de dos lotes de semillas de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	29
2	Germinación de semillas de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza, a diferentes meses de almacenamiento	32
3	Porcentaje de germinación de semillas <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza, dentro del mismo mes de almacenamiento ...	34
4	Porcentaje de viabilidad de las semillas del lote 1 y 2 a los seis, nueve y doce meses de almacenada la semilla	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Temperatura ambiental y humedad relativa durante el almacenamiento de la semilla <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	28
2	Porcentaje de germinación de las semillas de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza, a diferentes meses de almacenamiento	35

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del período de almacenamiento en la germinación de semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza. Se utilizaron dos lotes de semilla cosechados en noviembre de 2010 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca. Se evaluaron tres tratamientos: T1= Semillas del lote 1, T2= Semillas del lote 1 más humedecimiento del sustrato con solución de KNO_3 y T3= Semilla del lote 2. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones de 100 semillas por tratamiento. Se evaluó el porcentaje de germinación de la semilla mensualmente de los 0 hasta los 12 meses de almacenamiento al ambiente, mediante una prueba de germinación estándar. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), donde los valores mayores se obtuvieron con el T3 a los cinco y ocho meses de almacenamiento con promedios de 53.07 y 53.62 %, respectivamente. Para el T2, la máxima germinación (43.27 %) ocurrió a los cuatro meses de almacenamiento, valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido a los tres meses, con un valor de 26.81 %. Para el T1 la germinación mayor sucedió a los cuatro meses de almacenamiento con un promedio de 28.05 %, porcentaje que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos a los cinco y ocho meses, con 22.61 y 23.43 %, respectivamente. Durante todo el periodo de almacenamiento el T3 (lote 2) presentó los valores máximos de germinación. Se concluye que el porcentaje de germinación de las semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza, varía entre

lotes y con el periodo de almacenamiento, donde los valores máximos ocurren entre los cuatro y ocho meses de almacenamiento.

Palabras clave: *Panicum maximum*, Pasto Guinea, Almacenamiento, Germinación.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the storage period on seed germination in *Panicum maximum* cv. Mombaza. Two seed stock harvested in November 2010 at the University of Papaloapan's Experimental Station, located at Loma Bonita city, Oaxaca, México were used. Three treatments were evaluated: T1= Seed stock 1, T2= Seed stock 1 in substrate soaked with KNO₃ solution at 0.02 % concentration, and T3= Seed stock 2. Data was analyzed using a completely randomized design with five replications of 100 seeds per treatment. Germination percentage was evaluated for seed from 0 to 12 months of storage, using a standard germination test. Significant differences were found between treatments ($P < 0.05$), and the greater germination were 53.07 and 53.62 % for T3 to five and eighth months of storage, respectively. By the T2 greater germination (43.27 %) was found to four months of storage, similar ($P > 0.05$) to that obtained at three months, with a value of 26.81 %. By the T1, the greater value was obtained to four months of storage (28.05 %) a value similar ($P > 0.05$) to those found at five and eight months, with 22.61 and 23.43 % respectively. Throughout the storage period the T3 (stock 2) presented the greatest values of germination. It can be concluded that seed germination of *Panicum maximum* cv. Mombaza were different between seed stock and storage period, and the greater seed germination was obtained between four and eighth months of storage.

KEY WORDS: *Panicum maximum*, Guinea grass, Storage, Germination.

1. INTRODUCCIÓN

La especie (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombaza, es una gramínea perenne, con buenas características agronómicas y de alimentación para el ganado, ya que presenta altos rendimientos de materia seca, de buena calidad nutritiva y una excelente aceptación por el ganado; además, se adapta a suelos de baja fertilidad y es resistente a la sequía (Papalotla, 2001). Todas estas cualidades hacen que esta especie sea ampliamente recomendada para zonas tropicales. Sin embargo, su adopción ha sido lenta, debido a la poca disponibilidad de semilla, que generalmente es de baja calidad.

La principal causa de la baja calidad de la semilla es la presencia de dormancia, la cual es un estado en el que 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 semilla (Copeland y McDonald, 1992). La dormancia tiene un origen evolutivo y genético, la cual consiste en asegurar la supervivencia de la mayor proporción posible de las semillas caídas al suelo y de las plántulas nacidas de ellas. Se han señalado como principales causas de dormancia en las semillas la presencia de estados o concentraciones desfavorables de temperatura, humedad, oxígeno, luz, inhibidores químicos, sustancias hormonales y compuestos oxidantes (Besnier, 1988). Asimismo, Hopkinson *et al.* (1998) señalan que las causas principales de la dormancia en semillas de gramíneas son la

presencia de embriones inmaduros, impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua y gases, requerimientos especiales de temperatura y luz, presencia de inhibidores y restricciones mecánicas del embrión para el crecimiento y desarrollo o exersión y extensión de la radícula durante la germinación. También se ha determinado que las condiciones ambientales en las que madura la semilla influyen aún más en la dormancia, originada en las cubiertas (Besnier, 1988), debido a que éstas estructuras pueden contener sustancias que inhiben la germinación o impiden que los inhibidores presentes en el embrión desaparezcan por difusión al exterior. La dormancia constituye un mecanismo de adaptación de las gramíneas en estado natural, sin embargo, representa un inconveniente en las especies productivas ya que si las semillas se utilizan para la siembra inmediatamente después de la cosecha, es posible que tengan baja o nula germinación. La mayoría de los tipos de dormancia que tienen su origen en las cubiertas de la semilla se pueden superar mediante procedimientos sencillos, como es la escarificación mecánica y química. La primera consiste en quebrar las semillas y la segunda en aplicar sustancias químicas (Besnier, 1988). Asimismo, se ha señalado que la dormancia de las semillas en gramíneas tropicales se elimina de manera natural con el almacenamiento durante tres a ocho meses, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar donde se almacenan (Enríquez y Quero, 2006).

De acuerdo con Remy *et al.* (1983), en el pasto Guinea la germinación máxima de las semillas ocurre entre los cuatro y los doce meses de

almacenamiento, dejando de germinar a los 22 meses de ser almacenadas. Por tanto, las semillas de pasto Guinea requieren de un período de almacenamiento después de su recolección para aumentar su germinación y lograr un buen establecimiento de la pradera.

En México existe poca información sobre el periodo óptimo de almacenamiento de las semillas del pasto Guinea para obtener la máxima germinación y con ello lograr el éxito en el establecimiento de las praderas. Por tanto, el presente estudio se realizó con la finalidad de estudiar el efecto del periodo de almacenamiento en la germinación de las semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento de la germinación de las semillas del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cv. Mombaza durante el almacenamiento.

2.2. Objetivo particular

Determinar el tiempo óptimo de almacenamiento para obtener la máxima germinación de las semillas del pasto Guinea (*Panicum maximum*) cv. Mombaza.

3. HIPÓTESIS

La germinación de las semillas del pasto Guinea se incrementa conforme aumenta su tiempo de almacenamiento hasta llegar a un punto máximo, después del cual disminuye por la pérdida de viabilidad.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Características botánicas y agronómicas del pasto *Panicum maximum*

La especie *Panicum maximum* Jacq., comúnmente conocido como pasto Guinea, Privilegio y Zacatón, entre otros, es originario de África Tropical, con extensión a los subtrópicos de Sudáfrica. Es una planta perenne, de tipo amacollado, que mide de 0.5 a 4.5 m de altura, con tallos erectos, pero pueden ser también ascendentes, glabros o vellosos, de fuertes a delgados y con 3 a 15 nudos. Las hojas son lineales a lineales-lanceoladas, de 15 a 100 cm de largo y hasta 35 mm de ancho. La inflorescencia es una panícula abierta, mide de 15 a 60 cm de largo y más de 25 cm de ancho, con muchas ramificaciones y las más bajas se encuentran en verticilo diferente. Las espiguillas miden de 3 a 4 mm de largo, son de color verde o púrpura, glabras o algunas veces vellosas. El pasto Guinea es una planta apomíctica facultativa y seudogámica, con alrededor de 2 a 3 % de reproducción sexual, la cual se efectúa por polinización cruzada o autopolinización. La semilla es una cariósida y, dependiendo de la variedad, difiere en tamaño. En variedades con espiguillas grandes, 1,000 de éstas pesan 1.40 g (700,000 semillas /kg). La floración en el pasto Guinea dura aproximadamente 35 días y esto afecta la cosecha y rendimiento de semilla. Otros factores que también afectan el

rendimiento de semilla son el daño causado por las aves y la pobre formación de semilla (Bogdan, 1997).

La gluma inferior mide de un cuarto a un tercio del tamaño de la espiguilla, es amplia y abraza la base de la espiguilla; la gluma superior es tan larga como la espiguilla. El flósculo inferior es masculino o vacío y depende de la variedad y el superior mide más de 3 mm de largo, tiene una lema y una palea finamente rugosas en la parte transversal. El grano es de forma elíptica y mide alrededor de 2 mm de largo (Bogdan, 1997).

El pasto Guinea se adapta a todos los climas cálidos, en áreas tropicales y subtropicales, libres de heladas. Crece desde el nivel del mar hasta los 1,800 m de altura, raramente en altitudes superiores. Algunas variedades pueden cultivarse en áreas tropicales semiáridas y en lugares con precipitaciones de 650 a 800 mm, pero la mayoría se desarrollan mejor en lugares húmedos, con más de 1,000 mm de lluvia anual. Se establece, principalmente, en suelos de textura media y buen drenaje y no tolera los suelos arcillosos. Su establecimiento puede ser por semilla o en forma vegetativa, por medio de cortes del macollo. Por lo general, la cantidad de semilla para siembra es de 4 a 10 kg por ha, dependiendo de la calidad de la semilla, la cual con frecuencia es baja. La mejor época de siembra es durante junio a julio y su establecimiento se logra después de 4 a 6 meses. Se puede sembrar al voleo o en surcos. Para producción de semilla es preferible sembrar en surcos, ya que facilita la recolección de semilla el

control de malezas y las prácticas culturales. La baja germinación de la semilla cosechada mejora con el almacenamiento y las semillas recién cosechadas no deben sembrarse. Los rendimientos de forraje y calidad del mismo, están considerados entre los más altos, en relación a otras gramíneas tropicales. Se han logrado producciones de forraje hasta de 35 ton ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca (Bogdan, 1997).

4.2. Importancia de la producción de semillas de gramíneas forrajeras

En México Jaramillo (1994), resalta que existen alrededor de 71 millones de ha, en las cuales por las condiciones de suelo y clima, solo crecen pastos y arbustos. Dichas áreas no pueden destinarse a la producción de cultivos agrícolas, por lo que la única alternativa para incorporarlas a la producción agrícola, es como pastoreo, a través del establecimiento de especies forrajeras.

En el trópico de México, a partir de 1989 se iniciaron siembras de praderas a gran escala, mediante el uso de semilla botánica, lo que ocasionó un aumento en la demanda de semilla recurriéndose a la importación de grandes volúmenes, dado que la industria semillera en nuestro país es incipiente (Quiroz *et al.*, 2010). Estos mismos autores señalan que en México existe poca información sobre la producción de semillas forrajeras, principalmente de gramíneas debido a la dependencia de las importaciones que en su momento se han realizado. En nuestro país aún se desconocen muchos aspectos de manejo y tecnificación para la producción de semillas forrajeras; sin embargo, existen avances en este

proceso, por lo que en un futuro cercano, se podrán superar los rendimientos actuales al determinar las regiones con mayor potencial de producción, así como las prácticas adecuadas de manejo del proceso productivo, situación necesaria para implementar una industria semillera nacional y evitar la dependencia de las importaciones.

4.3. Importancia de la calidad de las semillas en especies forrajeras

La calidad de la semilla representa un factor indiscutible en el establecimiento de praderas. Existen diversos factores que determinan la calidad de la semilla. Estos son: la contaminación en el campo con el polen de variedades afines, las condiciones bióticas durante la precosecha, la forma de cosecha, el secado de las semillas, la forma de efectuar el acondicionamiento, las condiciones del almacenamiento, la edad de la semilla, la uniformidad del lote de las semillas y la selección del suelo para la siembra (Delouche, 1971).

Benítez (1975) señala que la calidad de la semilla se determina por la pureza física, germinación y latencia. Mientras que Osechas (2007) indica que la calidad en semillas de gramíneas se refiere al grado de pureza de una muestra y a la viabilidad de las mismas. La pureza indica la cantidad de semilla pura que hay en una muestra (una semilla pura es una espiguilla con cariósido). La viabilidad muestra si la semilla está viva. Éste mismo autor señala que la calidad de las semillas en plantas forrajeras tropicales está

sujeta a numerosas variables que pueden afectar desde el porcentaje de germinación hasta la presencia de enfermedades producidas por hongos y bacterias.

La calidad de las semillas comprende varios componentes tales como calidad física, fisiológica, genética y sanitaria.

4.3.1. Calidad física. La pureza física es una característica que refleja la composición física de un lote de semillas. Este análisis permite determinar la cantidad de semilla pura, semillas de otras especies y materiales inertes, generalmente presentes en una muestra (Papalotla, 2002a). El mismo autor señala que en las semillas de plantas forrajeras las impurezas más comunes son las semillas vacías o vanas. Asimismo, Boonman (1979) menciona que el rendimiento de semilla de pastos se debe expresar en semilla pura y no como semilla cruda o bruta ya que un alto rendimiento de semilla bruta puede resultar en un rendimiento bajo de semilla pura debido al bajo porcentaje de pureza.

De acuerdo con Remy *et al.* (1983), para alcanzar un buen establecimiento en campo, es determinante que la semilla para siembra presente el más alto nivel de pureza y de germinación. El análisis de pureza se realiza para determinar los distintos componentes que constituyen una determinada muestra de semilla y, por consiguiente refleja la composición física de un lote de semilla. Para ello, se separa la muestra en los siguientes componentes:

Semillas puras: son aquellas que pertenecen al cultivar de la especie indicada por el expedidor de la muestra o determinada por el análisis del laboratorio como predominantes y que tienen la capacidad de dar origen a una plántula normal.

Semilla de otras plantas cultivadas: son semillas de plantas cultivadas que no pertenecen al cultivar de la especie de interés.

Semilla de plantas nocivas (malezas): son semillas de hierbas perjudiciales al cultivo principal.

Materia inerte: en este componente se consideran partes de semillas, semillas sin tegumentos en leguminosas, espiguillas vacías o estériles, lema, paleas, etc., en gramíneas, así como piedras y tierra.

La pureza física refleja el grado de limpieza del cultivo, y eficiencia del procesamiento (Carambula, 1984; ISTA, 2005). De acuerdo al ISTA (2005), para determinar la pureza física de una muestra de semilla de pasto Guinea se deben pesar 2 g de semilla de la muestra y separarla en sus diferentes componentes: semilla pura, semilla de otras plantas cultivadas, semillas de plantas nocivas y material inerte.

4.3.2. Calidad sanitaria. Este tipo de calidad se define por la presencia o ausencia de plagas y enfermedades en la semilla. Se ha indicado que la semilla es un medio de diseminación muy efectivo para determinados patógenos y su transmisión a la plántula puede provocar problemas

agronómicos serios; de ahí que, la utilización de semilla de buena calidad sanitaria proveniente de variedades resistentes o tolerantes, constituye el método más económico y eficiente para su combate. La utilización de terrenos nuevos o libres de plagas y enfermedades, la zonificación, épocas de siembra adecuadas, la eliminación de plantas enfermas, el control fitosanitario y el mismo tratamiento de la semilla, constituyen prácticas recomendables para la producción de semilla de buena calidad sanitaria (Remy *et al.*, 1983). Asimismo, Quiroz y Carrillo (2004) señalan que las semillas pueden ser un medio ideal para el transporte de patógenos de origen viral, bacterial o fungoso e inclusive de nematodos, que afectan la germinación, y consecuentemente, la emergencia y población de plantas, o bien, causar problemas patológicos en los cultivos una vez establecidos. Igualmente, pueden diseminar enfermedades en determinadas regiones donde estaban ausentes.

4.3.3. Calidad genética. El valor genético de una semilla está determinado por su productividad, adaptabilidad, resistencia y calidad. Por tanto, el valor genético está determinado por el genotipo de una variedad que define la resistencia o tolerancia a plagas, adaptación a ambientes específicos, potencial de rendimiento, hábito de crecimiento, ciclo vegetativo, y calidad industrial, entre otras. Se ha indicado que una semilla de buena calidad por sí misma no garantiza un comportamiento satisfactorio en el campo, si no tiene a su vez el componente genético adecuado para responder ante determinada condición (Quiróz y Carrillo, 2004).

4.3.4. Calidad fisiológica La capacidad de germinación y el vigor son los principales atributos involucrados dentro del componente calidad fisiológica de las semillas. La germinación, es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y se desarrollan a partir del embrión aquellas estructuras esenciales, para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables. El concepto de vigor en semillas es el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo (Quiróz y Carrillo, 2004). Estos mismos autores señalan que la semilla presenta su nivel más alto de germinación y vigor cuando alcanza la madurez fisiológica. En este estado, la semilla tiene el máximo peso seco y el embrión ha completado su desarrollo. A partir de este momento, se inicia el proceso de deterioro de la semilla en forma continua e irreversible, hasta perder su capacidad germinativa.

La calidad fisiológica depende de múltiples factores, tales como el retraso en la cosecha si las condiciones no son favorables, deficiencias en el desarrollo del cultivo, retraso en el secado de la semilla, daño mecánico durante la recolección, trilla y procesamiento y almacenamiento bajo condiciones desfavorables (Quiróz y Carrillo, 2004).

4.3.4.1. Germinación. La germinación es la reanudación de las actividades de crecimiento del embrión, suspendidas o disminuidas al momento de alcanzar la semilla su madurez fisiológica (Peretti, 1994).

Para Moreno (1984), la germinación es la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. Copeland y McDonald (1992), definen a la germinación como la reactivación de los procesos fisiológicos del embrión, mediante una serie de reacciones metabólicas que sufren las semillas después de la imbibición.

Para que se inicie la germinación, la semilla tiene que absorber agua e hincharse, proceso conocido como imbibición. Después de la imbibición, la vaina de la radícula conocida como coleorriza, rompe la cubierta de la semilla, lema y otras estructuras. La coleorriza desarrolla numerosos pelos absorbentes que aceleran la absorción de agua. Posteriormente, la radícula o raíces primarias rompen la vaina. Para el segundo o tercer día después de iniciada la germinación aparece el coleóptilo que es la primera estructura que protegerá a la primera hoja verdadera (Bogdan, 1997). La presencia de lema y palea duras que envuelven al cariósipide de algunas gramíneas forrajeras tropicales impide la absorción de agua ocasionando una lenta germinación (Jiménez, 1990). Esta característica es el factor más importante que afecta la germinación de las semillas de especies forrajeras tropicales.

Prueba de germinación. La prueba de germinación estándar se utiliza para medir la calidad fisiológica de las semillas. Esta prueba se

efectúa en laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura, luz, humedad y tiempo; condiciones que son favorables para que las semillas expresen su más alto poder de germinación. Se utilizan 400 semillas de la fracción de semilla pura, seleccionadas al azar en repeticiones de 100, 50 ó 25 semillas. Para *Panicum maximum* las semillas se colocan en cajas Petri, provistas de papel absorbente y colocadas dentro de una cámara germinadora, con un rango de temperaturas alternas de 15-35 ó 20-30 °C, realizando el primer conteo a los 10 días y el último a los 28 días. Al inicio de la prueba se humedece el sustrato con una solución de KNO₃ al 0.02% (ISTA, 2005). En la prueba de germinación se deben contabilizar las plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras, semillas latentes y semillas muertas. La germinación se expresa en porcentaje y número de semillas que producirán plántulas normales (Papalotla, 2002b).

4.3.4.2. Viabilidad. Una semilla viable es aquella que presenta vivos los tejidos necesarios para dar una plántula normal (Duffus y Slaughter, 1985).

Prueba de viabilidad. La viabilidad de las semillas puede ser determinada a través de la prueba topográfica de tetrazolio. Esta prueba bioquímica se usa para realizar una rápida valoración de la viabilidad de la semilla. Si los tejidos de una semilla se tiñen adecuadamente, significa que la semilla es viable y posee el potencial para producir una plántula normal. La prueba topográfica de tetrazolio se basa en el principio de respiración de la semilla; las semillas viables al momento de respirar liberan enzimas

deshidrogenasas, que al contacto con la sal de tetrazolio que es incolora, el tejido toma una coloración rojo carmín. Por tanto, las semillas con coloración rojo carmín son semillas viables y las semillas incoloras corresponden a semillas no viables (Moreno, 1984).

4.4. Factores que afectan la calidad de la semilla

4.4.1. Edad de la semilla. La calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que éstas permanecen almacenadas. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995). Carvajal y Lara del Río (2003), al estudiar el efecto del tiempo de almacenamiento en la germinación de las semillas en diferentes cultivares de *Panicum maximum*, encontraron valores de 5, 13 y 58 % de germinación a los 0, 3.5 y 6.5 meses de almacenamiento en el cultivar Mombaza y 14, 19 y 14 % para el cultivar común. Para las semillas de pasto *Andropogon gayanus* se reportan 13, 46 y 75 % de germinación, durante los mismos meses de almacenamiento.

4.4.2. Tamaño de la semilla. Perry (1980), observó que semillas de mayor tamaño produjeron raíces más grandes, plantas más vigorosas, mejor germinación y emergencia, en comparación con las semillas pequeñas. Resultados similares encontró Corral (1985), al observar

diferencias significativas entre genotipos por tamaño de semilla. Los estudios determinaron una tendencia hacia un menor porcentaje de germinación conforme la semilla es más pequeña. Por lo que, la expresión de la calidad fisiológica de las semillas de diversas especies depende fundamentalmente de su tamaño. Al respecto, se ha observado que el desarrollo inicial de la plántula está gobernado por la cantidad de reservas, tamaño del embrión, cantidad de proteína y eficiencia de los sistemas enzimáticos que le confieren mayor velocidad de crecimiento (Chan y Moreno, 1992). Estos mismos autores, en semillas de sorgo, encontraron un 76 % de germinación en semillas grandes; y 58 % en semillas pequeñas.

4.4.3. Método de secado de la semilla. Durante el secado las semillas de pastos deben disminuir su contenido de humedad menor al 15 % para que se conserven bien y mantengan su calidad durante un periodo largo de almacenamiento. Además, el régimen correcto de secado acelera la maduración de las semillas inmaduras después de su recolección y aumenta su germinación, de ahí que se ha indicado que las semillas de pastos deben almacenarse con una humedad del 8 al 10 % (Remy *et al.*, 1983). De acuerdo a estos autores, los métodos de secado más comunes son:

Secado al natural. La utilización de este método es posible cuando la temperatura ambiental es alta y la humedad relativa del aire es baja. El secado natural es benéfico para acelerar y terminar la maduración de las

semillas con madurez incompleta. Para el proceso de secado, la semilla recolectada en el campo, se transporta al sitio de secado, donde se coloca en capas de 10 a 15 cm de grosor, bajo un cobertizo para protegerla del sol directo, o bien, en un piso de cemento sin protección del sol, durante 2 o 3 días.

Secado con atmósfera controlada. El secado se aplica por convección, utilizando un agente de transmisión de calor a la masa de aire. Se divide en aire natural y aire caliente. El aire natural consiste en la extracción de humedad de la semilla, mediante la circulación forzada de aire a temperatura natural, mediante el uso de ventiladores. Mientras que con aire caliente, la semilla es expuesta a corrientes de aire caliente, mediante distintos sistemas que permiten regular en forma eficiente, diferentes temperaturas e intensidades de flujo del aire (ventiladores y calefactores).

Secado por absorción. Consiste en mezclar las semillas húmedas con otros granos secos de humedad menor al 10 %. La mezcla hecha en una relación 1:2 ó 1:3 se esparce en una capa de 20 a 25 cm de grosor sobre una superficie plana, durante varios días. Después de secarse, las semillas de ambas categorías se separan.

4.4.4. Dormancia de la semilla. La dormancia o 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 internos en la semilla (Copeland y McDonald, 1992). Por otro

lado, Carambula (1984), señaló que la dormancia constituye un estado que presentan las semillas, en el cual no germinan mientras sus embriones no sufran una serie de cambios fisiológicos y químicos previos. Entre los métodos para eliminar la dormancia en semillas pueden citarse los siguientes: la pre-refrigeración, diferentes combinaciones de temperatura, solución de nitrato de potasio al 0.02 %, ácido giberélico, prelavado y presecado, ácido sulfúrico, entre otros (Faria *et al.*, 1996).

Las causas de dormancia en gramíneas son múltiples y variadas. Las principales causas son la impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua y gases, inmadurez del embrión, requerimientos especiales de temperatura y luz, presencia de inhibidores y restricciones mecánicas del embrión para el crecimiento y desarrollo o exersión y extensión de la radícula en la germinación (Enríquez y Quero, 2006).

Existen sustancias inhibidoras que se encuentran en la cubierta de la semilla, tales como el ácido abscísico, cumarina y auxinas, las cuales ocasionan la dormancia (Besnier, 1988).

En algunas gramíneas, las estructuras de la espiguilla que están unidas al cariósido pueden contener inhibidores de la germinación (Bogdan, 1997). Por tanto, el buen establecimiento de praderas depende de la presencia o ausencia de dormancia en las semillas.

Se ha indicado que la mayoría de las semillas del género *Panicum* presentan dormancia absoluta al momento de ser cosechadas. Asimismo, se

ha señalado que las condiciones de almacenamiento de la semilla influyen en la duración del estado de dormancia, y según la especie, puede durar desde unos meses hasta más de 1 año (Flores *et al.*, 1998). Al respecto, Bogdan (1997) reportó que la mejor germinación en algunas gramíneas tropicales ocurre entre los 6 y 12 meses después de efectuarse la cosecha.

En las gramíneas forrajeras tropicales que presentan dormancia en sus semillas se incluyen a las especies de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria dictyoneura* y *Andropogon gayanus*. Por tanto, si la semilla de estas especies, se utiliza para la siembra de praderas inmediatamente después de la cosecha, es posible que se tenga baja o nula germinación y con ello, se fracase en el establecimiento de la pradera (Enríquez y Quero, 2006).

4.4.5. Condiciones de almacenamiento. Existe escasa información sobre el comportamiento de las semillas de gramíneas forrajeras tropicales, durante su almacenamiento. Por lo general, es común almacenar las semillas bajo condiciones de almacenamiento natural. En estas condiciones, algunas especies forrajeras tropicales pueden mantener la viabilidad de sus semillas durante largo tiempo, mientras que otras especies sufren un deterioro rápido de sus semillas, por tanto, requieren condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (Remy *et al.*, 1983).

Las condiciones de almacenamiento para mantener la viabilidad de las semillas, son aquellas que reducen la respiración y otros procesos

metabólicos sin dañar el embrión. Contrariamente, la viabilidad de las semillas se ve afectada, principalmente, por el contenido de humedad de la semilla, las altas temperaturas y humedad relativa durante el almacenamiento. Al respecto, se ha señalado que la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa del ambiente son los factores más importantes que afectan el mantenimiento de la calidad de la semilla. En general, la viabilidad y el vigor de la semilla se reducen cuando la temperatura y el contenido de humedad de la semilla se incrementan (Cordero y Oliveros, 1983).

Las semillas almacenadas en condiciones naturales pierden con facilidad su calidad. Por ello, la calidad durante un almacenamiento prolongado sólo se garantiza en instalaciones especiales, bajo un régimen determinado, con humedad y temperatura controlada (Remy *et al.*, 1983). Además, la humedad relativa ambiental y el contenido de humedad de la semilla alcanzan diferentes equilibrios durante el período de almacenamiento y, por consiguiente, a mayor contenido de humedad, los procesos de deterioro se pueden incrementar (Cordero y Oliveros, 1983). Por tanto, los ambientes que favorecen un mayor tiempo de almacenamiento son aquellos que mantienen baja la humedad relativa, ya que permiten que las semillas alcancen un equilibrio higroscópico, con un contenido menor de humedad; contenidos bajos de humedad determinan una actividad metabólica menor y, un mayor potencial de almacenamiento (Palma *et al.*, 2000).

4.5. Tratamientos de escarificación para romper dormancia en semillas

Las semillas de plantas forrajeras, tanto gramíneas como leguminosas, sobre todo del área tropical presentan baja germinación. Esta característica es un factor que limita el buen establecimiento de las praderas. Sin embargo, esta limitante de las semillas se puede mejorar mediante el empleo de tratamientos de escarificación previos a la siembra. Los tratamientos de escarificación que se utilizan para romper la dormancia de las semillas se clasifican en físicos y químicos. A continuación se describen los métodos más conocidos y utilizados según Remy *et al.* (1983).

4.5.1. Escarificación mecánica. Consiste en raspar, quebrar, o perforar las cubiertas de la semilla, ya sea en forma manual o mecánica. En forma manual, la escarificación se realiza en pequeños lotes de semillas con la ayuda de lijas, tenazas, martillos o agujas. Aunque este método es sencillo y efectivo e implica pocos riesgos, las semillas pueden quedar expuestas al ataque de patógenos. En forma mecánica, en lotes pequeños de semillas se utilizan escarificadores de mano o eléctricos de poca capacidad, frotando entre dos pedazos de papel de lija, golpeando sobre una superficie sólida, pinchando los tegumentos de semillas o cortando una parte de la cubierta. Mientras que en lotes grandes de semilla se utilizan maquinas especiales.

El efecto positivo de la escarificación mecánica consiste en el incremento notable de la germinación. Por ejemplo, las semillas de *Panicum*

coloratum después de ser escarificadas aumentaron su germinación en un rango de 50 a 70 % (Remy *et al.*, 1983).

4.5.2. Escarificación química. En este método de escarificación se utilizan diversas sustancias químicas, las cuales coadyuvan a incrementar los porcentajes de germinación. Principalmente se utilizan sustancias cáusticas, como el ácido sulfúrico y sustancias hormonales como el ácido giberélico. Cuando se utiliza ácido sulfúrico, las semillas se sumergen en el ácido en recipientes resistentes y la duración de la inmersión depende de la especie vegetal. Posteriormente, se drena el ácido y las semillas se lavan en agua corriente. El uso del ácido sulfúrico es uno de los métodos químicos más utilizado en semillas de especies forrajeras tropicales, ya que disuelve, agrieta y debilita las cubiertas de la espiguilla, lo cual permite la entrada de agua e intercambio de gases, facilita la expansión del embrión y la salida de la radícula (Ramos, 1975). Asimismo, se ha señalado que en semillas de gramíneas el ácido sulfúrico disuelve las glumas, lema y palea del cariósido y debilita la estructura de los tegumentos permitiendo el intercambio de agua y oxígeno necesarios para el proceso de germinación. Sin embargo, es un método muy riesgoso, por las quemaduras que puede ocasionar durante su aplicación (Zulay *et al.*, 1998). Después de ser expuestas al ácido sulfúrico durante 20 minutos las semillas de *Panicum coloratum*, mostraron la mayor germinación con un valor de 48 %, mientras que la inmersión por 12 y 30 minutos presentaron germinaciones de 18 y 40 %, respectivamente (Remy *et al.*, 1983).

Por otro lado, Gonzáles y Torriente (1984), al evaluar el efecto del Nitrato de Potasio sobre la eliminación de dormancia en semillas de *Panicum maximum* cultivares Makueni, Gatton, Trichoglume y Likoni encontraron un incremento de la germinación en 15 %, en comparación con el testigo.

Los tratamientos hormonales generalmente consisten en la utilización de sustancias como las giberelinas, citoninas, benziladenina y etileno. La concentración de dichas hormonas es en partes por millón (ppm) y la cantidad de solución aplicada depende de la especie de planta, estado de las cubiertas, método de aplicación, duración del tratamiento, temperatura y combinación de hormonas (Besnier, 1988). Entre las limitantes del uso de las sustancias hormonales, están el alto costo y dificultad para adquirirlas; además, es necesario romper las cubiertas de las semillas para facilitar su penetración al embrión.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del área experimental

El estudio se realizó en el laboratorio Químico-Biológico de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca, México.

5.2. Material genético

Se utilizaron dos lotes de semilla de la gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaza, cosechados el 5 (lote 1) y 10 (lote 2) de noviembre del 2010, en la misma pradera, ubicada en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, ubicado al 18° 06´ Latitud Norte y 95 ° 53´ Longitud Oeste, a una altura de 30 msnm. El clima del lugar es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, la temperatura y precipitación anual promedio son de 25 °C y 1,845 mm, respectivamente (García, 2004). La temperatura anual promedio y precipitación total, durante 2010, fueron 24 °C y 1,906.1 mm, respectivamente (FAM, 2012). El suelo es de textura franco arenoso, con pH de 4.9, 1.8 % de MO, 14.8, 23.5, 37.0, 241.0 y 42.3 mg kg⁻¹ de N, P, K, Ca y Fe, respectivamente. La pradera se sembró en agosto de 2010, empleando material vegetativo (cepas conteniendo de 3 a 5 tallos). Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante un chapeo con machete y una aplicación del herbicida Faena (Glifosato) para eliminar la vegetación original presente. El corte de uniformidad para producción de semilla, se realizó en forma manual el 1 de octubre de 2010, a una altura aproximada de 10 cm. Inmediatamente después del corte, se fertilizó con 100, 50 y 50 kg ha⁻¹ N, P₂O₅

y K_2O , respectivamente, en una sola aplicación. Como fuentes de fertilizante se utilizó urea (46 % P_2O_5) y cloruro de potasio (60 % K_2O). Las malezas se controlaron con una aplicación del herbicida 2, 4-D amina al mes del rebrote y posteriormente mediante chapeos manuales con machete.

La cosecha de semilla se realizó a los 20 días después de la antesis en forma manual, utilizando la técnica tradicional para gramíneas tropicales (Ferguson, 1978), que consiste en cortar todas las inflorescencias presentes y posteriormente, aplicarles un proceso de sudado natural; el cual incrementa la madurez de las semillas y facilita el desprendimiento de las mismas. Para simular el proceso de sudado, las inflorescencias cosechadas se colocaron sobre un plástico en el mismo terreno y se cubrieron con material vegetal remanente que quedó después de cortar las inflorescencias, el periodo de sudado fue de 5 días. Cabe mencionar que en el lote 1 las inflorescencias se cubrieron con poco material remanente, lo que ocasionó que el proceso de sudado fuera deficiente, en comparación al lote 2. Posteriormente, se realizó la sacudida de las inflorescencias, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se envasó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio en la Universidad del Papaloapan. La temperatura y humedad relativa que se registraron durante el almacenamiento de la semilla se indican en la Figura 1.

5.3. Tratamientos y diseño experimental

Se estudió el comportamiento de dos lotes de semillas del pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza. Se evaluaron tres tratamientos: T1: semillas del lote 1, T2: semillas del lote 1 más humedecimiento del sustrato con KNO_3 al 0.02 % y T3: semillas del lote 2. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones de 100 semillas por tratamiento (ISTA, 2005). El tratamiento T2 se incluyó con la finalidad de corroborar lo indicado por las normas de la ISTA, donde se recomienda, en las pruebas de germinación de semillas de gramíneas tropicales, el humedecimiento del sustrato con solución de KNO_3 al 0.02 %.

Se evaluó mensualmente el porcentaje de germinación de la semilla, desde la cosecha (mes cero) hasta los doce meses de almacenamiento, bajo condiciones ambientales de laboratorio, mediante una prueba de germinación estándar.

5.4. Desarrollo del experimento

Al inicio del estudio se determinó la calidad física de ambos lotes de semilla en términos de pureza física y peso de mil semillas (Cuadro 1). Posteriormente se realizaron pruebas de germinación mensualmente. En dichas pruebas se utilizaron semillas puras, las cuales se colocaron en cajas Petri de 9.5 x 1.5 cm, con tapa, provistas de papel absorbente y colocadas sobre una mesa dentro del laboratorio a una temperatura ambiente de 30 °C y luz constante, durante 28 días. Las semillas y material utilizados en la prueba de

germinación, se desinfectaron con cloro al 5 %, durante cinco minutos y posteriormente, se enjuagaron con agua destilada.

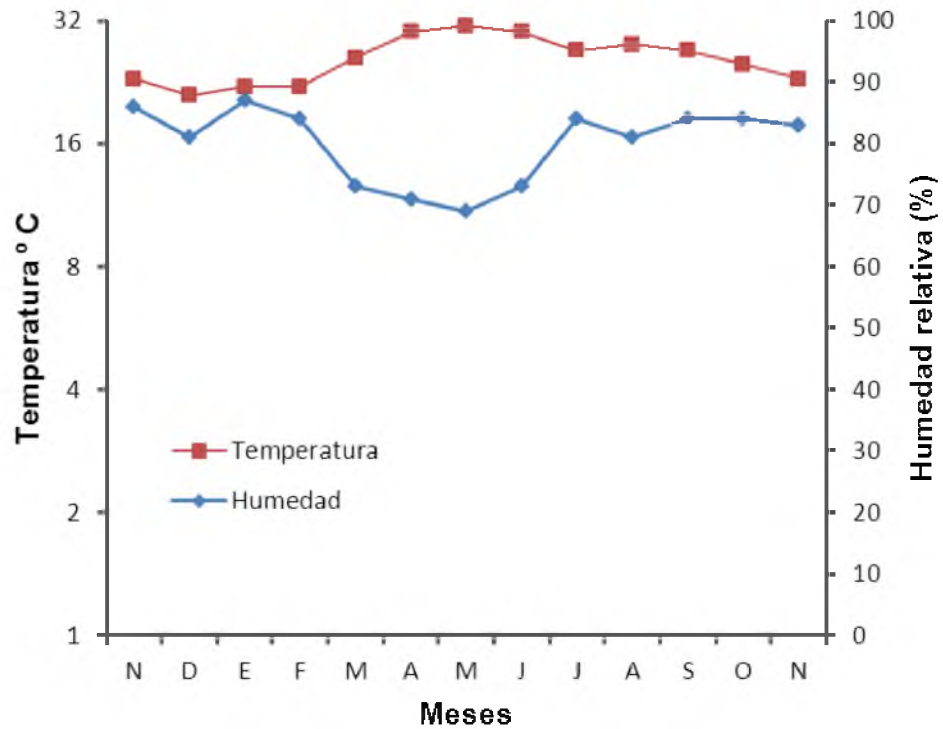


Figura 1. Temperatura ambiental y humedad relativa, durante el almacenamiento de la semilla *Panicum maximum* cv. Mombaza.

Cuadro 1. Calidad física inicial de dos lotes de semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza.

Fuente de semillas	Semilla pura (%)	Peso de 1000 semillas (g)
Lote 1	92.0	1.07
Lote 2	76.0	0.97

5.5. Variables evaluadas

Se evaluó el porcentaje de germinación. Para ello, se realizaron tres conteos a los 10, 18, y 28 días. En cada conteo se cuantificó el número de plántulas normales, anormales y muertas de acuerdo a la metodología de la ISTA (2005). El porcentaje de germinación se estimó a partir de las plántulas normales. Se consideró una plántula normal aquella que contaba con todas sus estructuras y las plántulas anormales fueron aquellas que carecían de radícula, parte aérea o presentaron alguna deformación.

5.6. Análisis y modelo estadístico

Los datos obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencias entre tratamientos, con base en el diseño experimental completamente al azar. La comparación de medias de tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 (SAS, 2003). Todos los valores se transformaron previamente a arco seno $\sqrt{\%/100}$ para

normalizar su distribución y posteriormente fueron retransformados para su discusión. El modelo estadístico se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1 (T1), 2 (T2), 3 (T3) \quad j = 1, 2, 3, 4, 5$$

Y_{ij} = Variable respuesta en el tratamiento i y repetición j

μ = Media general

t_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error aleatorio

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efecto del periodo de almacenamiento en la germinación de la semilla

El Cuadro 2, muestra los porcentajes de germinación de los tres tratamientos, a diferentes meses de almacenamiento. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), donde los valores mayores se obtuvieron con el tratamiento T3 a los cinco y ocho meses de almacenamiento con promedios de 53.07 y 53.62 %, respectivamente. Para el tratamiento T2, el valor mayor de germinación (43.27 %) ocurrió a los cuatro meses de almacenamiento, valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido a los tres meses, con un valor de 26.81 %. Para el tratamiento T1 la germinación mayor se obtuvo a los cuatro meses de almacenamiento con un promedio de 28.05 %, valor que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos a los cinco y ocho meses, con valores de 22.61 y 23.43 %, respectivamente. Se observó que la germinación en los tres tratamientos, fue baja durante los primeros tres meses de almacenamiento y, se mantuvo alta de los cuatro a los ocho meses, mientras que de los nueve meses de almacenamiento en adelante disminuyó considerablemente.

Cuadro 2. Germinación de semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza, a diferentes meses de almacenamiento.

Meses de Almacenamiento (Meses)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
0	0.78 f	1.36 e	3.13 f
1	0.93 f	1.18 e	5.54 e
2	4.2 def	7.58 cde	22.74 d
3	7.95 cde	26.81 ab	28.53 cd
4	28.05 a	43.27 a	48.19 ab
5	22.61 ab	17.38 bcd	53.07 a
6	11.08 bcde	4.33 e	45.58 abc
7	12.12 bcd	7.97 cde	39.93 abc
8	23.43 ab	17.95 bc	53.62 a
9	10.17 bcde	2.44 e	29.37 cd
10	16.04 abc	6.30 de	32.98 bcd
11	7.75 cde	5.29 e	13.74 e
12	2.96 ef	1.39 e	10.18 e

T1= Semillas del lote 1; T2= Semillas del lote 1 más humedecimiento del sustrato con KNO₃; T3= Semillas del lote 2.

a, b, c, d, e, f = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia significativa (P<0.05).

El Cuadro 3, muestra los porcentajes de germinación de la semilla de los tres tratamientos, dentro del mismo mes de almacenamiento. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.01$). Se observó que los lotes de semilla presentaron valores bajos de germinación, durante el primer mes de almacenamiento, con un promedio de 2.6 %. Posteriormente, el porcentaje de germinación se incrementó, obteniéndose el máximo valor a los cuatro meses, con un promedio de 39.8 %. Los valores máximos de germinación se mantuvieron hasta el octavo mes, después del cual presentaron una disminución con un promedio de 4.8 % para el mes doce. También se observó que el tratamiento T2 (semillas del lote 1 más humedecimiento del sustrato con solución de KNO_3) fue mejor que el tratamiento 1, únicamente durante los primeros cuatro meses de almacenamiento, posteriormente las semillas tratadas con KNO_3 tuvieron una baja germinación, en comparación con los demás tratamientos (Figura 2). Durante todo el periodo de almacenamiento el tratamiento 3 (lote 2) presentó los valores máximos de germinación.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza, dentro del mismo mes de almacenamiento.

Tratamientos	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Porcentaje de germinación mensual													
T1	0.78 a	0.93 a	4.20 b	7.95 b	28.05 b	22.61 b	11.08 b	12.12 b	23.43 b	10.17 b	16.04 b	7.75 a	2.96 ab
T2	1.36 a	1.18 a	7.58 b	26.81 a	43.27 ab	17.38 b	4.33 b	7.97 b	17.95 b	2.44 b	6.30 b	5.29 a	1.39 b
T3	3.13 a	5.54 a	22.74 a	28.53 a	48.19 a	53.07 a	45.58 a	39.93 a	53.62 a	29.37 a	32.98 a	13.74 a	10.18 a
Promedio	1.76	2.6	11.5	21.0	39.8	31.0	20.3	20.0	31.6	13.9	18.4	8.9	4.8

T1= Semilla del lote 1, T2= Semilla del lote 1 (humedecimiento del sustrato con solución de KNO₃), T3= Semilla del lote 2.

a, b= Literales diferentes en cada columna, indican diferencia significativa (P<0.01).

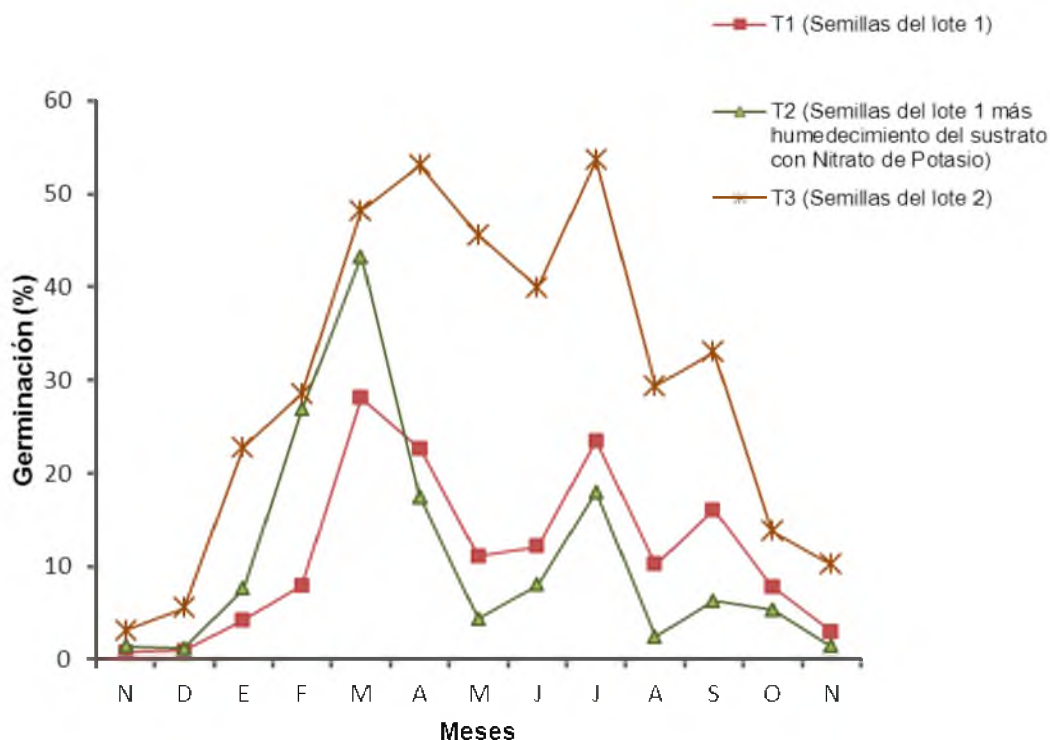


Figura 2. Porcentaje de germinación de las semillas *Panicum maximum* cv. Mombaza, a diferentes meses de almacenamiento.

Los resultados encontrados en este estudio indican que las semillas de *Panicum maximum* presentan la mayor germinación de los 4 a los 8 meses de almacenamiento bajo condiciones naturales, ya que durante este periodo se elimina la dormancia y se completa la maduración de las semillas inmaduras presentando su máxima germinación (Brzostowsky y Owen, 1966; González y Mendoza, 1994). Se ha indicado que las semillas germinan después de los cuatro meses (Remy *et al.*, 1983), ya que durante este periodo disminuyen o desaparecen por completo las altas concentraciones de sustancias inhibitorias

de la germinación tales como el ácido abscísico, fenoles, cumarina y auxinas (Duffus y Slaughter, 1985).

La baja germinación de las semillas recién cosechadas se debe a la presencia de embriones inmaduros. La dormancia también es causada por la impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua y gases, requerimientos especiales de temperatura y luz, restricciones mecánicas del embrión para el crecimiento y desarrollo o exersión y extensión de la radícula en la germinación (Hopkinson *et al.*, 1998).

En este estudio se pudo observar que después de ocho meses de almacenamiento las semillas de *P. maximum* disminuyen su germinación, posiblemente a la pérdida de su viabilidad y muerte de las semillas. De acuerdo con Remy *et al.* (1983) la causa posible de ello es la degeneración de las proteínas y la cromatina en el núcleo celular. También se observó que la viabilidad de las semillas del lote 1 a los seis, nueve y doce meses de almacenamiento fue de 87.9, 63.7 y 19.0 %, respectivamente, mientras que para el lote 2 a los mismos meses de almacenamiento fue de 62.2, 68.3 y 30 %, respectivamente (Cuadro 4). Al respecto, se ha señalado que la calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales que se presentan durante el almacenamiento y el tiempo en que éstas permanecen almacenadas (Ferguson, 1995). Este mismo autor señala que el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la

germinación o producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas.

En *P. maximum* cv. Tanzania Joaquín *et al.* (2010) al evaluar el efecto de la fitohormona cidef- 4 en el rendimiento y calidad de la semilla, señalaron que las semillas de esta especie presentan dormancia, por ello deben mantenerse en almacenamiento en condiciones naturales por un periodo de seis meses, periodo en el cual se considera se rompe la dormancia y se obtiene la máxima germinación.

Cuadro 4. Porcentaje de viabilidad de las semillas del lote 1 y 2 a los seis, nueve y doce meses de almacenada la semilla.

Meses	Lote 1	Lote 2
	(%)	(%)
Mayo	87.9	62.2
Agosto	63.7	68.3
Noviembre	19.0	30.0

La mayor germinación de la semilla del lote 2 se atribuyó al mejor sudado al que fueron sometidas las inflorescencias durante la cosecha, en comparación al lote 1, donde se observó que el proceso de sudado fue deficiente, se ha indicado que el sudado es un trillado biológico de las inflorescencias, y permite que algunas de las cariósides que no están totalmente maduras al momento de la cosecha maduren durante este proceso, donde las condiciones de alta

temperatura y humedad relativa aceleran los procesos fisiológicos y, por tanto, los procesos de maduración y abscisión de las espiguillas (Quiroz *et al.*, 2010).

Las semillas tratadas con KNO_3 tal como lo recomienda la ISTA (2005) tuvieron mayor germinación durante los primeros cuatro meses de almacenamiento, lo que indica que el KNO_3 solo es factible utilizarlo como tratamiento para incrementar la germinación en semillas recién cosechadas. Al respecto, González y Torriente (1984), al evaluar el efecto del KNO_3 sobre la eliminación de dormancia en semillas de *P. maximum* cultivares Makueni, Gatton, Trichoglume y Likoni encontraron un incremento de la germinación del 15 %, en comparación con el testigo. En el presente estudio hasta el cuarto mes las semillas tratadas con KNO_3 tuvieron un incremento de la germinación del 54.26 %, en comparación con las no tratadas, posteriormente los valores de germinación fueron inferiores a los obtenidos con las semillas no tratadas.

El mayor valor de germinación (53.62 %) obtenido con el T3 a los 8 meses de almacenamiento se considera bajo, en comparación al reportado por Joaquín *et al.* (2001), quienes para esta misma especie pero cultivar Tanzania reportan, a 7 meses de almacenamiento una germinación del 74.3 %. También en *P. maximum* cv. Tanzania, Joaquín *et al.* (2009), a 7 meses de almacenamiento, bajo condiciones naturales reportan una germinación del 83.6 %. Asimismo, en *P. maximum* cv. Tanzania, Joaquín *et al.* (2010) encontraron una germinación promedio del 75 % a 6 meses de almacenada la semilla, en condiciones naturales. En un estudio similar pero en *P. maximum* cv. CIH-3,

González y Mendoza (1994) encontraron una germinación promedio del 69 %, a 6 meses de almacenamiento, en condiciones naturales. La diferencia de estos resultados posiblemente se debe a los diferentes procesos en que se desarrolló el cultivo tales como fertilización, momento de cosecha, condiciones climáticas, condiciones durante el almacenamiento de la semilla y metodología utilizada en la prueba de germinación.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y a las condiciones en que se desarrolló este estudio, se concluye que la máxima germinación de las semillas de *Panicum maximum* cv. Mombaza ocurre de los 4 a 8 meses de almacenamiento, bajo condiciones naturales, lo cual indica que la dormancia se elimina después de los cuatro meses de ser cosechada. El porcentaje de germinación de las semillas varía entre lotes, posiblemente debido a las condiciones de manejo del cultivo y proceso de sudado.

Para el buen éxito del establecimiento de las praderas de *P. maximum* cv. Mombaza, se recomienda utilizar la semilla después de los cuatro meses y hasta los 8 meses de almacenada bajo condiciones naturales.

Se sugiere continuar con este estudio, en ésta y en otras especies de gramíneas forrajeras tropicales, para determinar con mayor exactitud el efecto del almacenamiento en la germinación de las semillas.

8. LITERATURA CITADA

- Benítez, R. 1975. Pruebas de pureza y viabilidad de un grupo de especies forrajeras. Universidad Agropecuaria de Queensland, Australia. pp. 93-105.
- Besnier, R. F. 1988. Semillas: Biología y Tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 627 p.
- Bogdan, V. A. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. Primera edición en español. AGT editor. México, D.F. 411 p.
- Boonman, J. G. 1979. Producción de pastos tropicales en África, con referencia especial a Kenia. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 385-402.
- Brzostowsky, A. W. y Owen, M. A. P. 1966. Production and germination capacity of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) seed. Tropical Agriculture. 43(1):1-10.
- Carvajal, A. J. y Lara del Río, M. 2003. Producción y calidad de semillas de los Pastos Insurgente, Guinea y Llanero; Livestock Research for Rural Development (15) 2. Retrieved June 13, 112, from http://www.lrrd.org/lrrd_15/2/carv152.htm.

- Carambula, M. 1984. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 513 p.
- Chan, N., M. E. y Moreno, J. M. 1992. Influencia del tamaño de la semilla sobre la calidad fisiológica de la simiente de sorgo. *En: Avances de investigación 1991*. Colegio de Postgraduados. pp. 6.
- Copeland, L. O. y McDonald, M. B. 1992. Principles of seed science and technology. Second edition. Burgerss Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. USA. 50 p.
- Cordero, M. J. y Oliveros, M. 1983. Efecto de varias condiciones de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *Andropogon gayanus*. *Agronomía Tropical*. 33(6):177-189.
- Corral, D. B. 1985. Selección en sorgo para vigor de plántula y tolerancia al frío en la etapa de germinación. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Delouche, J. C. 1971. Determinants of seed quality. Seed technology laboratory. Missisipi State University. USA. pp. 53-68.
- Duffus, C. y Slaughter, C. 1985. Las semillas y sus usos. Primera edición en español. AGT editor. México, DF. 188 p.

- Enríquez, Q. J. F. y Quero, C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP, CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico Núm. 11. Veracruz, México. 109 p.
- Faria, J., García, A. L. y Gonzáles, B. 1996. Efecto de métodos químicos de escarificación sobre la germinación de seis gramíneas forrajeras tropicales. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 13:387-393.
- Ferguson, J. E. 1978. Sistemas de producción de semillas para especies de pastos América Latina Tropical. En: Tergas L. E, Sánchez P. A editores. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 413-424.
- Ferguson, J. B 1995. An introduction to seed vigor testing. In H.A. Van der Venter (ed.) Proc. International Seed Testing Association (ISTA) Pre-Congr. Seminar on Seed Pathology, Copenhagen, Denmark. 6 June 1995. Int. Seed Testing Assoc., Bassersdorf, Switzerland.
- FAM (Fuerza Aérea Mexicana). 2012. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.

- Flores, Z. V., Montes, J. y Manzano, M. 1998. Efecto del almacenamiento y tratamiento con ácido sulfúrico en semillas de *Brachiaria dictyoneura*. Zootecnia Tropical. 16(2):277-286.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª ed. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 90 p.
- García, J. y Cícero, S. M. 1992. Superao de dormencia em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Scientia Agrícola Piracicaba – SP. 49(1):9-13.
- González, Y. y Torriente, O. 1984. Efecto del KNO_3 en la ruptura de la dormancia de semillas de Guinea cv. Likoni. II, almacenada en frío. Pastos y Forrajes. 7 (3):355-367.
- González, Y. y Mendoza, F. 1994. Comportamiento de la germinación y la viabilidad en semillas de *Panicum maximum* CIH-3 durante el almacenamiento. Pastos y Forrajes. 17(2):131-135.
- 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*. En: Miles, J. W., Mass, B. L. y Do Valle, B. C. (eds.). *Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT-EMBRAPA, Num. 295. pp. 136-155.

- ISTA. 2005. International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Switzerland. 288 p.
- Jaramillo, V.V. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). SARH, Subsecretaría de Ganadería. 48 p.
- Jiménez, M. A. 1990. Semillas forrajeras para siembra. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 34-35.
- Joaquín, T. B. M., Moreno, Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. G. J., García, S. d. G. y Trejo, L. C. 2001. Efecto del nitrógeno y fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Técnica Pecuaria en México*. 39(3):245-254.
- Joaquín, T. B. M., Joaquín, C. S., Hernández, G. A. y Pérez, P. J. 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Técnica Pecuaria en México*. 47(1):69-78.
- Joaquín, T. B. M., Moreno, C. M. A., Joaquín, C. S., Hernández, G. A., Pérez, P. J. y Gómez, V. A. 2010. Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Tanzania usando la fitohormona esteroideal cidef-4. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3):237-249.

- Moreno, E. M. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 380 p.
- Osechas, D. 2007. Producción y comercialización de semillas forrajeras en Venezuela y América latina. *Mundo Pecuario*. 3(1):27-33.
- Palma, R. M. P., López, H. A. y Molina, M. J. C. 2000. Condiciones de almacenamiento y germinación de semillas de *Cenchrus ciliaris* L. y *Andropogon gayanus* Kunth. *Agrociencia*. 34(01):41-48.
- Papalotla, 2001. Manual de actualización técnica. Asesoría Papalotla. Semillas Papalotla, S. A de C. V.
- Papalotla, 2002a. Selección de variedades. Asesoría Papalotla. Semillas Papalotla, S. A de C. V.
- Papalotla, 2002b. Manual de actualización técnica. Asesoría Papalotla. Semillas Papalotla, S. A de C. V.
- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 273 p.
- Perry, D. A. 1980. The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: Hebblethwaite, P. D. (ed). *Seed production*. Butterworths, London. pp. 585-591.
- Quiroz, E. F. J., Carrillo, Q. R. A. y Cedano, H. F. 2010. Multiplicación de semilla de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en México. En: II

- Simposio Internacional de Forrajes Tropicales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp. 130-147.
- Quiroz, W. O. y Carrillo, A. O. 2004. La importancia del insumo semilla de buena calidad. Oficina Nacional de Semillas. Costa Rica. 7 p.
- Ramos, N. 1975. Factores que influyen en la germinación del pasto *Brachiaria decumbens* stapf. Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario (UN – ICA). Tesis Ms. Sc. Bogotá, Colombia, 128 p.
- Remy, V. A., Corbea, L. A., Hernández, M., Dudar, Y. y Pérez, A. 1983. Agrotecnia de pastos y forrajes. Ministerio de Educación Superior. La Habana Cuba. 267 p.
- Statistical Analysis System SAS. SAS language: Release 8.2 for Windows. Cary, USA: SAS Inst. Inc. 2003.
- 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.