

Bioensayos para la evaluación de metodologías y determinación de periodos precisos de osmoacondicionamiento en semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, bajo condiciones de laboratorio

Bioassays for the evaluation of methodologies and determination of precise periods of osmoconditioning in seeds of Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. common, under laboratory conditions

Derly Guillermo Rodríguez-Cantú^{*1}, Antonio Valdés-Oyervides², Federico Facio-Parra², Ramón F. García-Castillo³, Leopoldo Arce-González⁴

¹Estudiante de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. ²Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ³Departamento de Fitomejoramiento, ⁴Departamento de Nutrición Animal y ⁴Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México. Email: der_nl86@hotmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de desarrollar tecnologías para la eliminación de latencia y los efectos del osmoacondicionamiento en semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) var. común, y demostrar la factibilidad de su implementación en la eliminación de la latencia de las semillas que causan los flósculos constituidos por la lemma y palea. Los tratamientos aplicados para encontrar los periodos precisos para el osmoacondicionamiento fueron: polietilenglicol 8000, KNO₃ y KCl, a diferentes concentraciones para el potencial osmótico específico: -.5, -1 y -1.5 atm, hidroacondicionamiento y el control (ambos con agua destilada); la viabilidad de las semillas fue inicialmente probada después de evaluar tres diferentes metodologías. Para definir el momento preciso para detener la inmersión en cada tratamiento particular, se observó día y noche, con una videocámara, la emergencia de la radícula, para así determinar la homogeneidad de la germinación fisiológica; en este tratamiento perecieron 35% de las semillas por falta de oxigenación. El segundo acercamiento consistió en incrementar la presión del aire y permitir el movimiento libre en vasos de precipitados; la viabilidad no se perdió tan radicalmente, aunque no se logró la germinación fisiológica

ABSTRACT

This work took place at the seed analysis laboratory of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, México. The purpose of this study was to develop technologies for the elimination of dormancy and the effects of osmopriming on common Buffel-grass seeds (*Cenchrus ciliaris* L.). A methodology was developed based on a series of osmopriming seed treatments, with the purpose of demonstrating its practicability to eliminate seed dormancy caused by seed's florets, lemma and palea. Treatments were applied to find the precise periods of osmopriming: polyethylene glycol 8000, KNO₃ and KCl at different concentrations for the specific osmotic potential of solution [-.5, -1, -1.5, atm] hydropriming, and a control solution, (both with distilled water). Seed viability was first tested after trying three methodologies. To define the exact time to stop immersion in each treatment, radicle emergence was observed, day and night, using a video camera to determine the physiological germination homogeneity of seeds. Thirty-five percent of treated seeds died by lack of oxygen with this method. The second approach consisted in increasing air pressure and permitting free movement of seeds in beakers; viability did not decrease so radically, but there was still not uniform physiological germination. The third methodology applied, was based on ISTA's

uniforme. La tercera metodología aplicada, se basó en las recomendaciones del ISTA de precalentar a 40° C, antes de osmocondicionar, en la que la presión de aire se mantuvo estable y las semillas libres de movimiento, a la vez que la temperatura se mantuvo estable (25° C). En este experimento se determinó que la metodología "C" es la óptima para los tratamientos de OSMA con semillas de *Cenchrus ciliaris*, L., var. común, ya que se obtuvieron semillas con alta viabilidad después de someterlas a esta metodología. Según los resultados de este bioensayo, los tratamientos para los cuales se logró la G16 más rápidamente fueron: el T1, T5 y T10, mas no se asegura que sean los tratamientos más efectivos para realizar OSMA, pues para conocer eso sería preciso un estudio posterior en el que se evalúe la calidad fisiológica de las semillas tratadas mediante estos procesos. No obstante, el resultado de SG permite el planteamiento hipotético de que los tratamientos T1 y T3 puedan lograr excelentes resultados de germinación agronómica. Cabe mencionar que los resultados son de gran utilidad para esos estudios posteriores, gracias a que ahora se conocen los periodos precisos de OSMA para cada tratamiento, sin tener pérdidas por semillas germinadas.

Palabras clave: latencia, osmocondicionamiento, semilla.

recommendations to pre-heat at 40° C before osmopriming. Stable air pressure, free movement of seeds, and constant temperature (25° C) were also applied. It was determined that the last methodology was the optimal for implementation in osmopriming treatments with seeds of common *Cenchrus ciliaris*, L., yielding seeds with higher viability. According to the results of this bioassay, treatments achieving G16 in less time were T1, T5 and T10, though, this does not guarantee OSMA's most effective treatment. A further study should be needed, where the physiological quality of treated seeds by these treatments is evaluated. However, the result from SG, allows the hypothetical approach that T1 and T3 can achieve excellent results of agronomic germination. It is noteworthy that the results from this work are useful for these subsequent studies because they yield the precise periods of osmopriming for each treatment, without losing sprout seeds.

Keywords: dormancy, osmopriming, seed.

INTRODUCCIÓN

El estado de dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. En particular, en las semillas de gramíneas forrajeras se utiliza la palabra latencia, que proviene del latín *latensis* y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo, para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar.

La latencia se establece durante la formación de la semilla y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe su germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para su desarrollo (Varela y Arana, 2011).

Los mismos autores también señalan que es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia: el absoluto, en el cual la germinación no se produce en ninguna condición, el intermedio, en el que las semillas pueden germinar en condiciones ambientales estrechas (por ejemplo, cuando se incuban a cierta temperatura) y el extremo,

donde no hay latencia y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales.

También destacan que la intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales: la temperatura, la humedad y el gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación. Para vencer la latencia se han utilizado una gran cantidad de tratamientos, tales como: inmersión en ácido sulfúrico, inmersión en agua caliente y en temperaturas alternas, y en almacenamiento, entre otros.

En la semilla de los zacates se tiene poca información de este fenómeno, por lo que se consideró pertinente realizar el presente trabajo de investigación, para así evaluar diferentes metodologías para el osmocondicionamiento de semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común; para realizar esta investigación, previamente se llevaron a cabo una serie de bioensayos de calidad de semillas, con el propósito de encontrar la metodología con mayor efectividad para detectar la viabilidad de las semillas, a la vez que para encontrar los periodos precisos para el osmocondicionamiento con tres productos químicos: nitrato de potasio (KNO₃), cloruro de potasio (KCl) y polietilén glicol (PEG-8000), a diferentes potenciales osmóticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada a 25° 22' LN y 10° 00' de LO, con una altitud de 1,742 msnm, durante los años 2014-2015.

En este trabajo se trató de encontrar la metodología que menos interfiriera con la viabilidad de las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común, de cosecha reciente, osmoacondicionadas; es decir, que durante el proceso de osmoacondicionamiento, éstas no se perdieran por ahogamiento u otro problema asociado con el particular diseño de la metodología; para tal efecto se utilizaron soluciones salinas (KNO_3 y KCl) y Polyethylene glycol 8000, a diferentes potenciales osmóticos (-.5, -1, -1.5, -2.5, -5, -7.5 atm) y de hidroacondicionamiento.

Para llevar a cabo este trabajo se desarrollaron tres metodologías tendientes a definir el momento preciso para detener la inmersión en cada tratamiento.

Metodología "A"

Con esta metodología se intentó, a la vez que obtener la más alta viabilidad de las semillas, tener el control sobre su emergencia homogénea, para lo cual se montó el experimento con un *software* controlado por una computadora para observar la emergencia de la radícula de las semillas en tiempo real durante la noche, de manera que se tuviera el dato del momento exacto del desarrollo de este tejido y así conocer los periodos precisos para el osmoacondicionamiento.

Para esta metodología se usaron recipientes metálicos de 500 mL y cajas Petri de 100 mm, perforadas con orificios de 2 mm alrededor de la caja para permitir el flujo de oxígeno al interior del recipiente, en el cual se encontraba sumergida una manguera de 8 mm de diámetro, por un orificio de la misma medida sobre una parte lateral de la caja Petri. Para oxigenar las semillas se utilizó un sistema de aireación similar al propuesto por Welbaum *et al.* (1998), en el que se utilizó una bomba tipo "pecera", manguera de 8 mm de diámetro y microtubos conectados uno a cada frasco. La inyección de aire fue controlada por medio de válvulas de plástico para el control de flujo de aire, para lo cual, durante el experimento, se manejó la presión mínima (10° de apertura de la válvula, aproximadamente). La profundidad de la caja Petri fue de 3 cm dentro del recipiente de 10 cm, de manera que el agua destilada sólo cubría ligeramente a las semillas. Las semillas se colocaron en una cinta adherente por las dos

caras, con el ápice de las brácteas apuntando en una sola dirección, dispuestas en cuatro divisiones de forma circular y en dos filas, lo que completó 25 semillas por división.

Metodología "B"

Para esta metodología las semillas se dejaron en libre movimiento dentro de frascos de vidrio de 500 mL, con tapa perforada con dos orificios de 8 mm de diámetro: uno para la entrada de la manguera y el otro para la salida del aire inyectado. Se utilizó el mismo mecanismo de oxigenación que en la metodología "A", sólo que en ésta se tuvo una apertura total de las válvulas de control de aire. Durante su aplicación se intentó tener control de la emergencia homogénea total de las radículas, para lo cual se realizó cada ocho horas un monitoreo visual constante.

Metodología "C"

En esta metodología el protocolo de implementación fue muy similar al de la prueba de germinación estándar en laboratorio para semillas de especies de gramíneas, excepto que aquí las semillas estaban casi sumergidas en la solución durante todo el tiempo de exposición. Las semillas se dejaron libres y se depositaron en una caja Petri grande, con papel filtro para preservar por más tiempo la solución, y la presión de aire fue natural y estable, y sólo contaron con el oxígeno en el microambiente de la caja Petri. En esta metodología se siguieron las recomendaciones del International Rules for Seed Testing Association (ISTA) (1996), por lo que se precalentaron las semillas a 40° C durante cuatro horas antes de osmoacondicionar. También se aplicó el mantenimiento estable de la temperatura de 25° C dentro de una cámara de incubación. Al igual que para la metodología "B", se monitorearon cada ocho horas las semillas para encontrar una germinación fisiológica homogénea.

Bioensayos

Para determinar la metodología con mayor valor experimental respecto al osmoacondicionamiento de semillas de zacate Buffel, se realizaron los siguientes bioensayos: viabilidad de semillas, periodos precisos para el osmoacondicionamiento (PPOSMA), tiempo óptimo de precalentamiento de semillas y la prueba de germinación estándar del control.

Para cada bioensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significancia de

$P \leq 0.05\%$, con cuatro repeticiones por tratamiento. La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1999).

Viabilidad de semillas. Como primera etapa del estudio, se realizó una comparación entre tres diferentes metodologías para descartar las que más afectan la viabilidad de las semillas, y al final seleccionar en el bioensayo (PPOSMA) a la que menos efecto negativo tuvo sobre la calidad fisiológica de las semillas. Con este propósito, 100 semillas se sometieron para prueba de viabilidad y 30 más (en el caso de tener semillas germinadas antes de tiempo) a la aplicación del precondicionamiento hídrico, donde el agua está libremente disponible para las semillas (Taylor *et al.*, 1998). Las semillas fueron evaluadas por su calidad fisiológica, por la prueba topográfica basada en la AOSA (1993), con 2,3,5-trifenil tetrazolium, después de 25 días de exposición al hidrocondicionamiento, y se tomaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada metodología para obtener semillas viables y no viables.

Periodos precisos para el osmocondicionamiento. Una vez encontrada la metodología más efectiva en viabilidad de semillas, se obtuvo el tiempo preciso para osmocondicionar bajo el esquema de la metodología que resultó con mayor valor experimental.

Una de las características del osmocondicionamiento de semillas es que la disponibilidad de agua se mantiene en un nivel subóptimo, de tal forma que el proceso germinativo se inicia, pero se detiene en alguna etapa. Una germinación completa, definida como brotamiento radicular, nunca ocurre (Campos-Álvarez *et al.*, 2002). El tiempo correcto para OSMA se basó en los resultados de una primera prueba con todos los tratamientos bajo la metodología elegida, hasta que el tejido de la radícula de las semillas fue homogéneamente visible, lo que se registró en una tabla con el número de días para lograr germinación fisiológica homogénea de 16% (G16), y el número de semillas germinadas (SG).

Para tomar decisiones en cuanto al tiempo necesario para detener el osmocondicionamiento de las semillas para cada tratamiento, se tomó en consideración el tiempo que transcurrió para que se lograra una germinación fisiológica homogénea.

Prueba de germinación estándar del control.

Para esta prueba se tomaron 100 semillas de zacate Buffel recién cosechadas y se dividieron en cuatro re-

peticiones de 25 semillas. Se realizó una comparación de medias entre los factores: semillas con flósculos y semillas sin flósculos. El protocolo de evaluación constó de la suma del conteo de las plántulas normales, a los 14 y 25 días después de la siembra. El resultado de esta prueba se utilizó como base para calcular la germinación fisiológica homogénea en el bioensayo: periodos precisos para el osmocondicionamiento a partir de la capacidad germinativa de las semillas con sus flósculos presentes.

Tiempo óptimo de precalentamiento de semillas.

La intención del bioensayo fue para acelerar el proceso de germinación de las semillas al reducir el nivel de dormancia que imponen la lemma y la palea, así como el lixiviado de sustancias inhibitoras y ceras del tejido celular de las cubiertas florales en general. Para esto, el protocolo de este bioensayo se basó en el del principio general del envejecimiento acelerado para semillas, donde se encuentran a exposición a temperaturas y humedad altas (Barros y Filho, 2003). Siguiendo la recomendación del ISTA para semillas de *Cenchrus ciliaris* L. con flósculos, de precalentar antes de someter a prueba estándar de germinación. Se trataron 100 semillas por 2, 4 y 6 horas de exposición a baño maría, bajo 40 grados centígrados de temperatura, 100% de humedad relativa (sumergidas en H₂O destilada), en vasos de precipitados de 500 mL, con el fin de encontrar el mejor tratamiento respecto a las horas de exposición de las semillas bajo la temperatura mencionada. Después de tratadas las semillas, se sometieron 25 de cada tratamiento a la metodología "C", y se evaluó según el tratamiento que primero lograra la germinación fisiológica homogénea.

Para obtener los potenciales osmóticos del agente osmótico polietilenglicol 8000, las soluciones se prepararon de acuerdo con la ecuación propuesta por Michel (1983), y se realizaron de la siguiente manera:

$$[\text{PEG}] = [4 - (5.16 \Psi T - 560 \Psi + 16) / (2)] / [2.58 T - 280]$$

donde:

T = Temperatura de preparación de la solución en °C

Ψ = Potencial osmótico requerido en bares

[PEG] = Kilogramos de PEG por litro de agua destilada.

La siguiente ecuación, propuesta por Wiggans y Gardner (1959), fue empleada para obtener los po-

tenciales osmóticos de los agentes, nitrato de potasio y cloruro de potasio.

$$G = (P V m) / (RT)$$

donde:

G = Gramos de soluto a utilizar

P = Presión osmótica deseada

V = Volumen en litros

M = Peso molecular del químico usado

R = 0.0825 atm

T = °K

Para cada bioensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significancia de $P \leq 0.05\%$, con cuatro repeticiones por tratamiento. La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la prueba de germinación estándar del control, las semillas de zacate Buffel tomadas para el ensayo demostraron tener los niveles más bajos de germinación, pues el hecho de ser semillas de cosecha reciente influyó sobre este comportamiento, ya que se obtuvo 16.5% de germinación (Cuadro 1); no obstante, el mismo lote demostró tener una capacidad de germinación superior después de remover los flósculos, lo que demostró el nivel de severidad de latencia que imponen la lemma y la palea.

Según Ferguson (1995), citado por Salinas (2001), el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción de la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas. De acuerdo con el análisis estadístico y comparación de medias para la prueba topográfica de sal de tetrazolio (Figura 1), se encontró que la metodología "C" fue la óptima para este estudio, pues mantuvo niveles aceptables de viabilidad en las semillas. Las metodologías "A" y "B" tuvieron niveles no aceptables de viabilidad en las semillas tratadas con preacondicionamiento hídrico, por lo cual se descartaron durante la primera etapa del estudio. El problema principal de la pérdida de viabilidad de semillas se debió a la poca disponibilidad de oxígeno para las semillas mientras se encuentran sumergidas en su totalidad en el agua. La capa protectora de las cariósides permi-

te un muy limitado intercambio de gases (oxígeno y CO_2) por la presencia de latencia exógena, lo que provoca que se deterioren las semillas fisiológicamente, al estar sumergidas por periodos de tiempo muy prolongados.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre las metodologías: para la metodología "C" (Cuadro 2), los resultados de semillas viables demostraron ser numéricamente muy similares a los de las semillas sin flósculos en prueba de germinación estándar para el control (Cuadro 1); esto indicó

Cuadro 1. Comparación de medias para la prueba de germinación estándar de semillas de zacate Buffel.

Tratamiento	% de germ.
Semillas con flósculos	16.5 "B"
Semillas sin flósculos	96 "A"
Media	56.25
DMS	1.2235

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

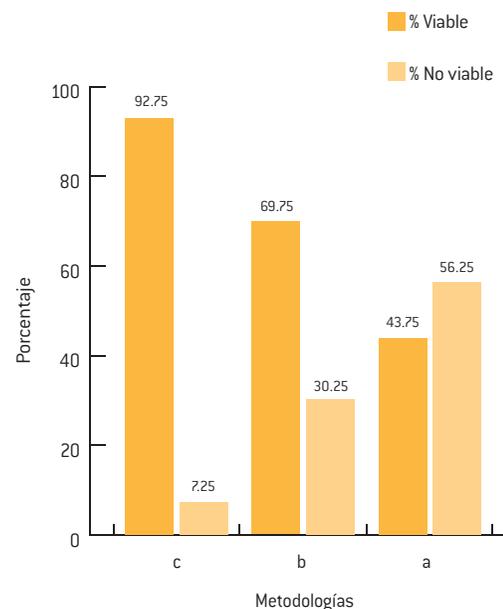


Figura 1. Comparación de medias para la prueba topográfica con sal de tetrazolio.

que las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) var. común, no cuentan con latencia de tipo endógena, pues existió solamente una diferencia de 3.25% entre los resultados, al comparar un ensayo con otro. Al saber que en la prueba de viabilidad se determina el porcentaje de semillas metabólicamente activas, y que en la de germinación estándar no germinan aquellas que metabólicamente están activas cuando presentan un problema de latencia, se pudo señalar que para conocer la viabilidad de semillas zacate Buffel, es confiable realizar una prueba de germinación estándar de las semillas sin flósculos.

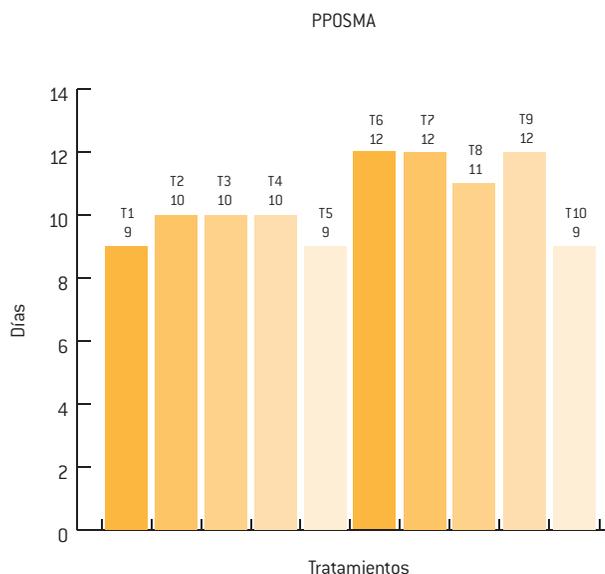
Cuadro 2. Comparación de medias para la prueba topográfica con sal de tetrazolio.

Metodología	% Viable	% No viable
C	92.75 "A"	7.25 "C"
B	69.75 "B"	30.25 "B"
A	43.75 "C"	56.25 "A"
Media	68.75	31.25
DMS	5.6706	5.6706

Respecto al precalentamiento, las semillas con flósculos (T2): 40°C/4hrs/100HR/H₂O, resultaron ser el mejor tratamiento en este bioensayo, ya que a diez días de tratarse en los tres diferentes tiempos de precalentamiento, lograron obtener el primer valor de G16.

Como se muestra en la Figura 2, los periodos para el osmoacondicionamiento: T6, T7 y T9, resultaron ser superiores en G16 (Cuadro 3), estadísticamente diferentes a los demás.

Los potenciales osmóticos -2.5, -5 y -7.5 atm durante esta prueba indicaron ser altamente tóxicos para las semillas, ya que tuvieron un mayor efecto de pérdida de semillas (nunca logrando la germinación fisiológica homogénea) con los agentes osmóticos KNO₃ y KCL, en comparación al PEG. Parera y Cantliffe (1994) comentaron que el polietilenglicol tiene ventajas sobre las sales inorgánicas por ser una sustancia inerte sin efectos tóxicos en el embrión, debido a que el tamaño de la molécula del PEG-8000 no le permite entrar en la semilla; Da Silva *et al.* (2007),



T1: KNO₃/-0.5atm; T2: KNO₃/-1atm; T3: KNO₃/-1.5atm; T4: KCl/-0.5atm; T5: KCl/-1atm; T6: KCl/-1.5atm; T7: PEG/-0.5atm; T8: PEG/-1atm; T9: PEG/-1.5atm; T10: HYDROP/0atm

Figura 2. Periodos precisos de osmoacondicionamiento.

citados por Ruiz-Ramírez (2012), reportaron que la germinación de semillas de cebada disminuyó a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de las membranas. En esta investigación, los resultados de germinación fisiológica demostraron ser insuficientes para considerar al PEG como un tratamiento viable con los potenciales osmóticos ya mencionados. Por lo anterior, en la segunda etapa de estudios se descartaron los tratamientos con los tres agentes osmóticos para los potenciales osmóticos -2.5, -5 y -7.5 atm.

Los tratamientos en los que se logró la G16 más rápidamente, fueron el T1, T5 y T10, ya que tuvieron el mayor número de semillas germinadas (SG) (Cuadro 3), mas no se asegura que sean los tratamientos más efectivos para realizar OSMA, pues para tener esa certeza, es preciso un estudio posterior en el que se evalúe la calidad fisiológica de las semillas tratadas mediante estos tratamientos; no obstante, el resultado de SG permite el planteamiento hipotético de que los tratamientos T1, T3 y T10 puedan lograr excelentes resultados de germinación agronómica. Cabe mencionar que los tratamientos T6, T7 y T9, los cuales fueron los más retardados, mostraron un valor intermedio de semillas totales germinadas.

Cuadro 3. Resultados del bioensayo periodos precisos para el osmoacondicionamiento "PPOSMA".

Tratamientos	G16 (días)	SG
T1: KNO ₃ /-0.5atm	10	8.5
T2: KNO ₃ /-1atm	11	5.25
T3: KNO ₃ /-1.5atm	11	11
T4: KCl/-0.5atm	11	4.75
T5: KCl/-1atm	10	4.75
T6: KCl/-1.5atm	13	5.25
T7: PEG/-0.5atm	13	4
T8: PEG/-1atm	12	4
T9: PEG/-1.5atm	13	5
T10: HYDROP/0atm	10	8.5

G16: días para lograr la germinación homogénea igual o superior al 16%; **SG:** número de semillas germinadas fisiológicamente, de manera homogénea.

CONCLUSIONES

Durante la evaluación de las tres metodologías, se desarrolló una altamente viable para el osmoacondicionamiento de semillas; de igual forma, se obtuvo información importante para la aplicación de periodos precisos para el osmoacondicionamiento de semillas en los tratamientos con los agentes osmóticos: polietilenglicol 8000, KNO₃ y KCl a diferentes concentraciones, para los potenciales osmóticos específicos: -0.5, -1 y -1.5 atm; tal información tiene gran relevancia para la ecología de eliminación de latencia exógena de las semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común.

La metodología "C" resultó ser la de mayor factibilidad en su implementación, al lograr mantener niveles aceptables de viabilidad de las semillas tratadas hasta en 92.75%; a la vez, que en ella se determinó que la viabilidad de las semillas de zacate Buffel var. común puede cuantificarse por medio de una prueba de germinación estándar al utilizar semillas desnudas (sin glumas,

ni flósculos). Para efectos del precalentamiento de semillas, se encontró que éstas tienen un mejor efecto cuando se someten a 40° C de temperatura, 100% de humedad relativa, durante cuatro horas de exposición. Por último, se obtuvieron los periodos precisos para el osmoacondicionamiento, de los cuales los tratamientos T6: KCl/-1.5 atm, T7: PEG/-0.5 atm y T9: PEG/-1.5atm fueron los más lentos para lograr la germinación fisiológica homogénea (16%), ya que tuvieron un número de semillas germinadas totales inferior al de los tratamientos T1: KNO₃/-0.5atm, T5: KCl/-1atm y T10: HYDROP/0atm, en los cuales se obtuvo la germinación fisiológica homogénea en menor tiempo desde su iniciación, lo que indica que tales tratamientos son efectivos para romper la latencia exógena de semillas de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) var. común.

LITERATURA CITADA

- AOSA. 1993. Handbook on Tetrazolium Testing. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing, U.S.A.
- BARROS, T. S. and Filho, J. M. 2003. Accelerated aging of melon seeds. *Scientia Agrícola*. 60(1):77-82.
- CAMPOS, F., Cruz, F., Torres, A. Sánchez, A., Colmenero J., Smith, C., Covarrubias, A., y Vázquez, J. 2002. Expresión de genes codificantes para proteína, abundantes en embriogénesis tardía (lea), durante el osmoacondicionamiento de semillas de maíz y frijol. *Agrociencia*, volumen 36, número 4, 461-470.
- INTERNATIONAL Rules for Seed Testing Association (ISTA). 1996. Adaptada para el 24avo. Internacional Seed Testing Congreso. Denmark (1996). (101-107), 335 p.
- MICHEL B., E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol*. 72:66-70.
- PARERA A., C. and Cantliffe D., J. 1994. Presowing priming. *Horticultural Reviews* 16:109-141.
- RUIZ-RAMÍREZ, S., Valdés-Oyervides, A., Facio-Parra, F., y Arce-González, L. (2012). Efecto de diferentes niveles de salinidad en la germinación y vigor de semillas de cinco gramíneas forrajeras. *Agraria* 9(1): 7-13.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS Institute). 1999. The SAS system for windows version eight. Cary, NC, USA.
- TAYLOR, A.G., Allen, P.S., Bennet, M.A., Bradford, K.J., Burris, J.S., Misra, M.K. 1998. Seed enhancements. *Seed Sci. Res.* 8:245-256.
- WIGGANS S., C. and Gardner P., F. 1959. Effectiveness of various solutions for simulating drought conditions as measured by germination and seedling growth. *Agron. J.* 51:315-3.

