

## Germinación y Desarrollo de Plántulas de Tres Híbridos de Maíz bajo Soluciones Osmóticas. VI. Comparación entre cinco soluciones osmóticas

J. Méndez Natera, F. Ybarra Pérez, J. Merazo Pinto  
Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica  
Universidad de Oriente  
Avenida Universidad, Campus Los Guaritos, 6201, Maturín, estado Monagas, Venezuela  
E-mail: jmendezn@cantv.net

### Resumen

*El objetivo fue comparar el efecto de cinco soluciones osmóticas (SO) sobre los porcentajes de reducción (PR) con el control (100%) en tres cultivares de maíz y cinco potenciales osmóticos (PO) (0, -3, -6, -9 y -12 bares). Los menores PR de los cultivares fueron: Cargill-633, Himeca-2003 y Pioneer-3031, las diferencias fueron más marcadas en manitol y glucosa, ellos podrían ser utilizados más eficientemente para la selección de genotipos de maíz resistentes al estrés hídrico. Los PO afectaron negativamente a los caracteres promediados sobre los cultivares. Los PR en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fueron mayores que los de glucosa y manitol en todos los PO, excepto a -12bares, indicando un comportamiento diferencia. Los PR estuvieron en el orden PEG-400 > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > NaCl > glucosa > manitol.*

**Palabras Claves:** maíz, *Zea mays*, tolerancia a la sequía, tolerancia a la salinidad, potenciales osmóticos.

### Abstract

*The objective was to compare the effect of five osmotic solutions (OS) on reduction percentages (RP) with control (100%) in three corn cultivars and five osmotic potentials (OP) (0, -3, -6, -9 and -12 bars). Cultivars ranked RP were smaller in Cargill-633, Himeca-2003 and Pioneer-3031, differences were more marked in mannitol and glucose, they could be used in more efficient way for corn genotype screening to water stress. OP affected negatively the characters averaged on cultivars. RP in NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> were bigger than those of glucose and mannitol in all OP excepting at -12bars, indicating a different performance of OS according to OP used. RP were in the order of PEG 400 > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > NaCl > mannitol > glucose.*

**Keywords:** corn, *Zea mays*, drought tolerance, salinity tolerance, osmotic potentials.

### 1. Introducción

La utilización de metodologías encaminadas a buscar resistencia y/o tolerancia a condiciones adversas de los suelos (sequía, salinidad, acidez, etc.) en los programas de mejoramiento deben ser fáciles y rápidas de ejecutar y desde el punto de vista económico deben ser baratas, todo esto bajo la premisa de que esas metodologías son confiables y precisas. Para evaluar la resistencia al estrés hídrico o sequía se han propuesto numerosas técnicas entre las más utilizadas por el poco espacio que ocupan y la facilidad de ejecución aunado a bajos costos está el empleo de soluciones osmóticas que disminuyen el potencial de agua, estas ventajas permiten evaluar una gran cantidad de genotipos en poco espacio y en un menor tiempo.

Sin embargo, Stout *et al.* [1] señalaron que la clasificación de cultivares de sorgo basada en la capacidad de germinación en un solo agente osmótico

fue generalmente la misma en otras soluciones osmóticas, pero cualquier cultivar germinó de manera disímil en diferentes osmóticos del mismo potencial de soluto. Esto sugiere que deben evaluarse varias soluciones osmóticas para determinar el efecto de éstas sobre la tolerancia a la sequía y/o a la salinidad. Según Almansouri *et al.* [2] la determinación del potencial de germinación de las semillas en condiciones salinas pudiera parecer como un parámetro simple y útil para el cribado de genotipos resistentes a la salinidad e indicó que las semillas y las plántulas jóvenes son confrontadas frecuentemente con salinidades más altas que plantas vigorosas en crecimiento porque la germinación ocurre usualmente en la superficie de los suelos la cual acumula sales solubles como un resultado de la evaporación y el ascenso del agua por capilaridad.

Muchos estudios han comparado las respuestas de las plantas a diferentes soluciones osmóticas de manera

de compararlas y determinar cuál sería la mejor para propósitos de selección de cultivares resistentes o tolerantes a la sequía. Sosa *et al* [3] evaluaron la germinación de las semillas de *Prosopis strombulifera* bajo niveles en ascenso de la salinidad mediante el uso de las sales más abundantes en el centro de Argentina (KCl, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) en soluciones iso osmóticas monosalinas o bisalinas o en soluciones de manitol y polietilenglicol (PEG) y encontraron que el porcentaje de germinación disminuyó a medida que aumentó la salinidad. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en soluciones monosalinas, con potenciales osmóticos de -1,2 MPa y menores, fue más inhibitorio que el Cl<sup>-</sup> en las concentraciones iso-osmóticas. Esta toxicidad del SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> se alivió en las mezclas de sales y fue más notable en concentraciones más altas. K<sup>+</sup> fue más inhibitorio que Na<sup>+</sup> independiente del anión acompañante y concluyeron que diferentes respuestas a distintas composiciones de soluciones salinas iso-osmóticas y a los dos agentes osmóticos indicaron efectos iónicos específicos y la germinación de *P. strombulifera* fue fuertemente afectada por la naturaleza de los iones en las soluciones salinas y sus interacciones y los estudios comparativos de los efectos de Cl<sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y su interacción en mezclas salinas señalaron que la extrapolación de los resultados obtenidos con las soluciones monosalinas en el laboratorio a las condiciones de campo puede ser especulativo. En otro experimento, Maldonado *et al* [4] estudiaron la capacidad germinativa de semillas de *Lycopersicon chilense* sometidas a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl (0,0; -0,2; -0,5; -0,9; -1,5 y -1,8 MPa), provenientes de plantas madres que crecieron con buen abastecimiento hídrico (+H<sub>2</sub>O) y de otro grupo que creció con un abastecimiento hídrico deficiente (-H<sub>2</sub>O). Mensah *et al.*, [5] simularon en el laboratorio los efectos de la sequía sobre la germinación de semillas y caracteres de las plántulas de ajonjolí utilizando diferentes concentraciones de cloruro de sodio, glucosa y polietilenglicol a potenciales hídricos de 0 a 0,50 MPa y encontraron que la glucosa inhibió la germinación bajo la mayor presión osmótica y para una semilla dada, el primer aumento en el nivel de presión osmótica redujo la germinación.

La finalidad del presente trabajo fue comparar el efecto de las soluciones osmóticas creadas con cloruro de sodio, sulfato de sodio, manitol, glucosa y polietilenglicol (PEG) sobre la germinación de las semillas y el crecimiento y desarrollo de las plántulas de tres híbridos de maíz.

## 2. Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el laboratorio del Post-grado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, ubicado en la Urbanización Juanico, Maturín, Estado Monagas,

Venezuela. Se usaron los híbridos comerciales de maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031. Se utilizaron las ecuaciones de regresión estimadas en los cinco primeros trabajos de esta serie.

Se calculó el porcentaje de reducción de los caracteres con respecto al tratamiento control (0 bares) de aquellos donde el efecto potencial osmótico o la interacción cultivar x potencial osmótico fue significativa. A estos porcentajes de reducción se les realizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos y la prueba de Bartlett para determinar la homogeneidad de las varianzas. Si los datos fueron normales se realizó un análisis de varianza paramétrico de estos porcentajes de reducción y se compararon los promedios con la prueba de la mínima diferencia significativa cuando las varianzas de los diferentes tratamientos fueron iguales, en aquellos caracteres donde los valores porcentuales no eran normales, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis y las diferencias entre los tratamientos se determinaron mediante la prueba de rangos.

Se realizó una prueba de t de una muestra para comparar los valores porcentuales obtenidos en los potenciales osmóticos de -3, -6, -9 y -12 bares, en los tres cultivares y en los cinco ensayos con el control (100 %). Todas las inferencias estadísticas se realizaron al 0,05 % de probabilidad.

## 3. Resultados

La tabla 1 muestra que los tres cultivares tuvieron reducciones significativas con respecto al control (100 %) en las soluciones de cloruro de sodio, sulfato de sodio, glucosa y manitol, no se realizó el análisis para el PEG 400 debido a que no hubo germinación a -9 y -12 bares con este soluto. Estos resultados indicaron que los cultivares fueron afectados negativamente por el potencial osmótico de estas soluciones. Por otra parte, el cuadro 1, también señala que no hubo diferencias significativas entre cultivares dentro de ninguno de los osmóticos anteriores (tampoco se realizó el análisis para el PEG 400), indicando que los tres cultivares como promedio de los caracteres evaluados presentaron similar respuesta al estrés impuesto por las soluciones osmóticas, es decir, el nivel de tolerancia o susceptibilidad fue similar entre los cultivares, aunque los porcentajes de reducción de los valores de los caracteres evaluados fue menor en Cargill 633, seguido de Himeca 2003 y por último Pioneer 30331 en los cuatro osmóticos señalados anteriormente, siendo las diferencias más marcadas en las soluciones de manitol, seguido de glucosa. Estos datos sugieren que estos dos osmóticos pudieran ser usados en forma más eficiente para el cribado de genotipos de maíz al estrés hídrico que el cloruro de sodio y el sulfato de sodio.

La tabla 2 muestra que los cuatro potenciales osmóticos empleados en los ensayos tuvieron como promedio de los cuatro potenciales osmóticos, %)

**Tabla 1.** Prueba de t para comparar el porcentaje de reducción promedio de los tres cultivares con el tratamiento control (0 bares) y promedios del porcentaje de reducción de los tres cultivares para los caracteres de las plántulas evaluados en los ensayos con tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con NaCl, sulfato de sodio, glucosa y manitol bajo condiciones de laboratorio.

| Cultivares   | Porcentaje de reducción promedio con respecto al control (0 bares) |                  |         |         |                    |
|--------------|--|------------------|---------|---------|--------------------|
|              | Cloruro de Sodio   | Sulfato de Sodio | Glucosa | Manitol | Polietilene Glicol |
| Cargill 633  | 77,34 *  | 87,05 *          | 65,13 * | 53,49 * | No se calcularon   |
| Himeca 2003  | 82,28 *  | 89,20 *          | 69,24 * | 69,46 * | los porcentajes de |
| Pioneer 3031 | 83,20 *  | 90,14 *          | 79,32 * | 70,80 * | reducción          |

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ ). Ho : Promedio = 100 Ha : Promedio < 100

| Cultivares   | Porcentaje de reducción promedio con respecto al control (0 bares) |                  |         |         |                    |
|--------------|--|------------------|---------|---------|--------------------|
|              | Cloruro de Sodio   | Sulfato de Sodio | Glucosa | Manitol | Polietilene Glicol |
| Cargill 633  | 77,34  | 87,05            | 65,13   | 53,49   | No se calcularon   |
| Himeca 2003  | 82,28  | 89,20            | 69,24   | 69,46   | los porcentajes de |
| Pioneer 3031 | 83,20  | 90,14            | 79,32   | 70,80   | reducción          |
| Promedio ‡   | 80,94  | 88,80            | 71,23   | 64,58   |                    |

† Promedio de los tres cultivares. Análisis de Kruskal-Wallis no significativo. En el caso del PEG no se calcularon los porcentajes de reducción entre cultivares debido a que no hubo germinación a -9 y -12 bares.

reducciones significativas con respecto al control (100 demostrando que todas las soluciones osmóticas

**Cuadro 2.** Prueba de t para comparar el porcentaje de reducción de los diferentes potenciales osmóticos con el tratamiento control (0 bares), el porcentaje de reducción de cuatro soluciones osmóticas, prueba de rangos para comparar el porcentaje de reducción entre los diferentes potenciales osmóticos y promedios generales de reducción de cuatro soluciones osmóticas para los caracteres de las plántulas evaluados en los ensayos con tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con cloruro de sodio, sulfato de sodio, glucosa, manitol y polietilene glicol bajo condiciones de laboratorio.

| Potencial Osmótico (bares) | Porcentaje de reducción promedio con respecto al control (0 bares) |                  |         |         |                    |
|----------------------------|--|------------------|---------|---------|--------------------|
|                            | Cloruro de Sodio   | Sulfato de Sodio | Glucosa | Manitol | Polietilene Glicol |
| -3                         | 41,46 *  | 53,69 *          | 32,81 * | 32,03 * | 60,79 *            |
| -6                         | 74,81 *  | 79,43 *          | 61,15 * | 61,81 * | 95,33 *            |
| -9                         | 90,58 *  | 88,96 *          | 81,74 * | 82,19 * |                    |
| -12                        | 90,18 *  | 85,33 *          | 94,37 * | 87,05 * |                    |
| Promedio                   | 74,26 *  | 76,85 *          | 67,52 * | 65,77 * |                    |

\* Significativo ( $p \leq 0,05$ ). Ho : Promedio = 100 Ha : Promedio < 100

| Potencial Osmótico (bares) | Porcentaje de reducción promedio con respecto al control (0 bares) † |                  |          |          |                    |
|----------------------------|--|------------------|----------|----------|--------------------|
|                            | Cloruro de Sodio   | Sulfato de Sodio | Glucosa  | Manitol  | Polietilene Glicol |
| -3                         | 41,46 A  | 53,69 A          | 32,81 A  | 32,03 A  | 60,79 A            |
| -6                         | 74,81 AB   | 79,43 AB         | 61,15 AB | 61,81 AB | 95,33 B            |
| -9                         | 90,58 B  | 88,96 B          | 81,74 BC | 82,19 BC |                    |
| -12                        | 90,18 B  | 85,33 B          | 94,37 C  | 87,05 C  |                    |
| CR ‡                       | 14,450   | 15,079           | 19,387   | 15,079   | 8,543              |

† Letras iguales indican similitud estadística ( $p \leq 0,05$ ) ‡ Valor crítico para la comparación por rangos

| Ensayo                          | Porcentaje de reducción promedio con respecto al control (0 bares) † |          |          |           |          |
|---------------------------------|--|----------|----------|-----------|----------|
|                                 | -3 bares   | -6 bares | -9 bares | -12 bares | Promedio |
| NaCl                            | 41,46  | 74,81    | 90,58    | 90,18     | 74,26    |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 53,69  | 79,43    | 88,96    | 85,33     | 76,85    |
| Glucosa                         | 32,81  | 61,15    | 81,74    | 94,37     | 67,52    |
| Manitol                         | 32,03  | 61,81    | 82,19    | 87,05     | 65,77    |
| Promedio                        | 40,00  | 69,30    | 85,87    | 89,23     | 71,10    |

† Letras iguales indican similitud estadística ( $p \leq 0,05$ ) ‡ Valor crítico para la comparación por rangos

afectaron negativamente los caracteres promediados sobre los cultivares. Por otra parte, el mismo cuadro 2 indica que en las soluciones de cloruro de sodio y sulfato de sodio, el menor porcentaje de reducción con respecto al control fue para el potencial osmótico de -3 bares, siendo inferior a aquellos de los obtenidos a -9 y -12 bares pero similar a aquel de -6 bares, mientras que para las soluciones de glucosa y manitol, el porcentaje de reducción obtenido a -3 bares fue inferior a aquellos obtenidos a los -9 y -12 bares, pero similar a aquel de -6 bares, mientras que el obtenido a -6 bares fue similar a aquel de -9 bares pero inferior al de -12 bares, mientras que para el PEG 400, el porcentaje de reducción a -3 bares fue menor a aquel del obtenido a -6 bares, estos resultados claramente señalan que incrementos en los potenciales osmóticos causan una disminución en los valores de los caracteres con respecto al control.

#### 4. Discusión

Cuando se compararon las soluciones osmóticas entre sí para los cuatro potenciales osmóticos y el promedio de estos, no se encontraron diferencias significativas entre cloruro de sodio, sulfato de sodio, glucosa y manitol (no se realizó el análisis para el PEG 400), aunque en las soluciones de cloruro de sodio y sulfato de sodio, los porcentajes de reducción fueron mayores que aquellos de glucosa y manitol en todos los potenciales osmóticos a excepción de -12 bares, donde el manitol tuvo la mayor reducción y el sulfato de sodio la menor, indicando un comportamiento diferente de las soluciones osmóticas de acuerdo al potencial osmótico empleado. Los porcentajes promedios de reducción estuvieron en el orden PEG 400 > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > NaCl > manitol > glucosa.

Se han reportado diferencias significativas entre soluciones osmóticas comparadas a un mismo potencial o concentración. Renault *et al.*, [6] encontraron que el peso seco de la raíz, el peso seco del ápice y la longitud del vástago de plántulas de *Cornus stolonifera* Michx. se redujeron 30,6; 34,9 y 11,0 %, respectivamente en una solución 50 mM de NaCl y 58,3; 58,9 y 48,4 %, respectivamente en 50 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y 33,3; 48,1 y 36,8 %, respectivamente a 100 mM de NaCl y 72,2; 77,6 y 59,3 %, respectivamente a 100 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Stout *et al.*, [1] reportaron que el manitol, la sacarosa y el PEG afectaron en forma diferente la germinación de las semillas de dos cultivares de sorgo a un mismo potencial osmótico y también afectaron diferentemente la germinación de cada cultivar. Almansouri *et al.*, [2] establecieron que la reducción de la germinación de las semillas de tres cultivares de trigo a -1,57 MPa estuvo en el orden PEG 6000 > NaCl > manitol, resultado muy similar al obtenido en este ensayo.

Resultados similares a los anteriores fueron reportados por Mohammadkhani y Heidari [7], quienes

estudiaron la respuesta de la germinación al estrés inducido por PEG 6000 y NaCl (-0,15; -0,49; -1,03 y -1,76 MPa) en dos cultivares de maíz (704 y 301) y encontraron que los resultados del porcentaje de germinación presentaron una drástica disminución a medida que el potencial fue de -0,49 a -1,03 MPa en las soluciones de PEG y NaCl, el análisis de los resultados del porcentaje en las soluciones de PEG y NaCl, se observó que en el bajo potencial hídrico (bajo -0,5 MPa), la mayor reducción se encontró en las soluciones de PEG en comparación con el tratamiento de NaCl y señalaron que cuando el potencial fue lo suficientemente bajo, como -0,5 MPa, las semillas podrían contener agua suficiente para iniciar el proceso de germinación (Fases I y II), sin embargo, sin pasar a la etapa de crecimiento celular de la raíz (Fase III).

El proceso de elongación y de la síntesis de la pared celular son altamente susceptibles a la deficiencia de agua y la reducción en el crecimiento podría deberse a la disminución de la turgencia de estas células. Estos resultados podrían atribuirse a la reducción del potencial osmótico, el NaCl pudiera afectar la germinación, por medio del efecto iónico, como también por los iones alcanzando niveles tóxicos en la célula o por la combinación de ambos. A -1,76 MPa, ambos cultivares de maíz no germinaron. El cloruro de sodio puede ser un fuerte agente osmótico, pero el afecta el desarrollo justamente incrementando la concentración de sodio en el medio de crecimiento, el sodio es un ión pequeño que puede pasar fácilmente a través de las membranas celulares y las células deben expulsarlo fuera, consumiendo energía para hacer esto, de otra forma, la actividad del agua disminuye y todas las vías metabólicas pueden ser disturbadas o alteradas, causando algún desbalance en el proceso de consumo-producción de energía. La inhibición de la germinación pudiera no ser atribuida a una inhibición de la movilización de reservas y que el principal efecto del PEG ocurrió vía una inhibición de la absorción de agua mientras los efectos detrimentales del NaCl pudieran estar ligados a los efectos de acumulación de iones tóxicos [7].

Por otra parte, Mensah *et al.*, [5] reportaron resultados diferentes trabajando en el cultivo de ajonjolí con soluciones de cloruro de sodio, glucosa y polietilenglicol a potenciales hídricos de 0 a 0,50 MPa y encontraron que las semillas de ajonjolí tuvieron un mayor potencial para germinar en PEG que en glucosa o NaCl a mayores potenciales osmóticos de 0,25 y 0,50 MPa. El retraso de la germinación por los productos químicos puede ser debido a sus efectos osmóticos o iónicos o a una combinación de ambos. El PEG y la glucosa son compuestos orgánicos los cuales no se ionizan en forma apreciable en el agua, por lo tanto, sus efectos son principalmente osmóticos, por el contrario, NaCl es inorgánico y ejerce tanto efectos iónicos como osmóticos y concluyeron que en base a los efectos de los productos químicos sobre la

germinación de las semillas de ajonjolí, el orden de sus efectos como retardantes de la germinación fue NaCl > glucosa > PEG.

Maldonado *et al.*, [4] estudiaron la capacidad germinativa de semillas de *Lycopersicon chilense* sometidas a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl (0,0; -0,2; -0,5; -0,9; -1,5 y -1,8 MPa) y encontraron que la disminución en los potenciales hídricos por adición de manitol inhibió progresivamente la germinación, debido a una menor disponibilidad del agua libre necesaria para el inicio de los procesos de imbibición y activación metabólica y el reemplazo de manitol por NaCl, a potenciales hídricos equivalentes, evidenció el efecto iónico de Na sobre el metabolismo celular inhibiendo la germinación y los potenciales hídricos de -1,8 MPa logrados con manitol y de -1,5 con NaCl impidieron la germinación, pero no provocaron daño permanente en las semillas, las que germinaron rápidamente al ser puestas en agua destilada, es decir, el NaCl afectó más severamente la germinación que el manitol, resultado similar al obtenido en este ensayo.

Similarmente, Demir y Mavi [8] realizaron un experimento con el objetivo de estudiar si la germinación y el crecimiento de las plántulas de ají (*Capsicum annuum* L.) fueron inhibidos por la toxicidad de la sal o el efecto osmótico durante el desarrollo y encontraron que la germinación de las semillas fue mayor en NaCl que en PEG en el mismo potencial hídrico. Las semillas fueron capaces de germinar en todas las concentraciones de NaCl, pero a -0,9 MPa de PEG, no hubo germinación de semillas. Resultados similares se encontraron en este ensayo. Los autores señalaron que tanto los efectos osmóticos como tóxicos de las sales estaban implicados en la inhibición de la germinación y el mayor porcentaje de germinación obtenido en NaCl en comparación con aquel del PEG en las mismas concentraciones demostró que el efecto adverso de PEG sobre la germinación se debió a un efecto osmótico en lugar de la acumulación de iones específicos, es decir, la salinidad del medio de cultivo o la sequía podrían afectar la germinación de la semilla al disminuir la facilidad de absorción de agua, se ha propuesto que las moléculas de PEG no entran en la semilla y por lo tanto, una vez que el potencial hídrico de la semilla y sus alrededores estuviesen en equilibrio, la semilla no seguiría imbibiendo agua. Sin embargo, bajo el estrés salino, el Na podría ser absorbido por la semilla, manteniendo así un gradiente de potencial de agua de manera que la absorción de agua continúe hasta que la semilla germina.

## 5. Conclusión

1. Los menores porcentajes de reducción de los cultivares fueron de menor a mayor para

Cargill-633, Himeca-2003 y Pioneer-3031, indicando una mayor tolerancia para el Cargill-633.

2. Las diferencias entre cultivares fueron más marcadas en las soluciones de manitol y glucosa, lo que demuestra que ellos podrían ser utilizados más eficientemente para la selección de genotipos de maíz resistentes al estrés hídrico.
3. Los potenciales osmóticos afectaron negativamente a los caracteres promediados sobre los cultivares.
4. Los porcentajes de reducción en NaCl y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fueron mayores que aquellos de glucosa y manitol en todos los potenciales osmóticos, excepto a -12bares
5. Los efectos adversos de las soluciones osmóticas estuvieron en el orden PEG 400 > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > NaCl > glucosa > manitol.

## 6. Agradecimientos

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Venezuela.

## 7. Referencias

- [1] Stout, D. G., G. M. Simpson and D. M. Elotre. 1980. Drought resistance of *Sorghum bicolor* L. Moench. 3. Seed germination under osmotic stress. Canadian Journal of Plant Science 60 (1): 13-24.
- [2] Almansouri, M., J. M. Kinet and S. Lutts. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil 231 (2): 243-254.
- [3] Sosa, L.; A. A. Llanes, H. Reinoso, M. Reginato and V. Luna. 2005. Osmotic and specific ion effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. Annals of Botany 96 (2): 261-267.
- [4] Maldonado, C.; E. Pujado y F. A. Squeo. 2002. El efecto de la disponibilidad de agua durante el crecimiento de *Lycopersicon chilense* sobre la capacidad de sus semillas para germinar a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl. Revista Chilena de Historia Natural 75 (4): 651-660.
- [5] Mensah, J. K.; B. O. Obadoni, P. G. Eruotor and F. Onome Irieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). African Journal of Biotechnology 5 (13): 1249-1253.
- [6] Renault, S., J. A. F. Clare Closer and J. J. Zwiazek. 2001. Effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*

- Michx) seedlings. *Plant and Soil* 233: 261-268.
- [7] Mohammadkhani, N. and R. Heidari, 2008. Water stress induced by polyethylene glycol 6000 and sodium chloride in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science* 11 (1): 1: 92-97.
- [8] Demir, I. and K. Mavi. 2008. Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51 (5): 897-902.