

## Uso del Agua Caliente para Evaluar la Calidad de Semillas de Maíz (*Zea mays* L.)

J. Méndez Natera, L. Ysavit Marcano, J. Merazo

Departamento de Agronomía. Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo de Monagas. Universidad de Oriente  
Avenida Universidad, Campus Los Guaritos, 6201, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

jmendezn@cantv.net

### Resumen

*El presente trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la inmersión en agua (100 °C) sobre la germinación de semillas de tres cultivares de maíz. El experimento se realizó en el Invernadero del Postgrado de Agricultura Tropical en Juanico, Maturín, Venezuela. El diseño estadístico utilizado fue bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones, un factor estuvo constituido por cinco tiempos de inmersión en agua a 100 °C (0, 2, 4, 6 y 8 segundos) y el otro por tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Criollo). En general, los caracteres de la germinación (germinación de semillas, índice de la velocidad de germinación e índice de germinación) presentaron una disminución a medida que aumentaban los tiempos de inmersión en agua, esta reducción fue más drástica entre los 0 y 2 segundos. Los cultivares difirieron entre sí para los caracteres de la germinación evaluados en los tiempos de 0 a 6 segundos, pero a los 8 segundos, los tres cultivares tuvieron valores similares y presentaron el mayor deterioro y reducción de la germinación de las semillas. El carácter número medio de días a total germinación no fue un buen indicador de la calidad de la semilla. La inmersión en agua caliente durante breves periodos de tiempo (2 a 6 segundos) permitió diferenciar entre los cultivares para calidad de semilla.*

**Palabras Claves:** *Inmersión en agua caliente, deterioro de semilla, maíz*

### Abstract

*This research was carried out in order to determine the effect of water soaking (100 °C) on seed germination of three corn (*Zea mays* L.) cultivars. The experiment was conducted at Greenhouse of Postgrado of Agricultura Tropical in Juanico, Maturín, Venezuela. A 3 x 5 factorial experiment in randomized complete block design with four replications was used, one factor was formed for five periods of hot water soaking at 100 °C (0, 2, 4, 6 y 8 seconds) and the other one were the three corn cultivars (Cargill 633, Himeca 2003 y Criollo). In general, germination traits (seed germination, index of germination velocity and germination index) had a decrease as increased soaking time in hot water, this reduction was more pronounced between 0 and 2 seconds. Corn cultivars differed among them for germination traits evaluated between 0 and 6 seconds, but at 8-second soaking time, the three cultivars had similar values and they presented the biggest deterioration and decrease of seed germination. The trait mean number of days at total germination was not a good indicator of seed quality. Hot water soaking of seed during slight period of time (2 to 6 seconds) allowed to establish differences among corn cultivars for seed quality.*

**Key words:** *Soaking in hot water, seed deterioration, corn*

### 1. Introducción

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es aprovechado principalmente como alimento para el hombre en casi todo el mundo. Constituye uno de los principales cereales de mayor importancia en Venezuela, tanto por el área de explotación que ocupa como por su consumo. El maíz se ha convertido en un cultivo de alto valor estratégico debido a su importancia en la dieta humana y al número de personas que lo explotan en la geografía Nacional, además es uno de los pocos cultivos en donde se produce semilla certificada en Venezuela, lo que permite que el país disponga de las

semillas que se requieren para satisfacer las necesidades de siembra nacionales [17].

La calidad de la semilla abarca la suma de todas las propiedades o características las cuales determinan el nivel potencial del comportamiento de las semillas o lotes de semillas y del establecimiento del cultivo. Los componentes de la calidad de la semilla incluyen los aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (microorganismos e insectos). Estos cuatro componentes pueden ser afectados adversamente durante la producción, procesamiento, almacenamiento y transporte de las semillas. Los tecnólogos de semillas han dirigido grandes esfuerzos para identificar los problemas principales que ocurren a través de la producción de semillas y para desarrollar

Recibido: Junio, 2007

Aceptado: Agosto, 2007

prácticas apropiadas que aseguren altos niveles de calidad de las semillas producidas. Aunque la investigación considera todas las características de calidad de semilla, la literatura demuestra que el componente fisiológico ha recibido más atención con un énfasis en los estudios envolviendo la identificación de la relación entre el vigor de la semilla y la emergencia de la plántula y el desarrollo de métodos confiables para la evaluación del vigor de la semilla. Los agricultores requieren tal información para determinar prontamente la rapidez esperada y la uniformidad de la emergencia de las plántulas cuando se compran las semillas. Los hombres de semilla o semillólogos también requieren de esta información porque ellos saben que la pérdida del vigor precede a la pérdida de la viabilidad y que las pruebas de vigor podrían ayudar en el monitoreo de la calidad de la semilla después de la maduración [18,19].

La tecnología de semillas, como una fase del proceso de producción, debe procurar mejorar las pruebas de vigor con el objetivo de optimizar las estimaciones del potencial de desempeño de un lote de semillas en campo [25]. La evaluación del vigor de las semillas, como rutina por la industria de semillas, tiene que evolucionar a medida que las pruebas disponibles van siendo perfeccionadas, fortaleciendo con mayor precisión y reproducibilidad los resultados dentro y entre laboratorios [16]; se ha verificado la evolución en el uso de pruebas para evaluar el vigor de semillas en grandes cultivos como la soya y el maíz [26].

Existen numerosas metodologías para determinar la calidad de diferentes lotes de semillas de maíz, una de las más utilizadas en este cultivo es la prueba de envejecimiento acelerado, la cual consiste en la utilización de un equipo que permita mantener la temperatura (40 a 45 °C) y la humedad relativa (100%) constantes durante cierto tiempo de permanencia (de 2 a 8 días) de una determinada muestra de semilla a la que se desea efectuar el test [6]. Por otra parte, Menezes y Da Silveira [20] indicaron que en el caso específico del arroz, varias son las pruebas utilizadas para evaluar el vigor de las semillas, tales como el primer conteo de la germinación, envejecimiento acelerado, clasificación del vigor de las plántulas, peso y crecimiento de plántulas, velocidad de emergencia, inmersión en agua caliente, entre otras.

También se ha señalado el uso de agua caliente para eliminar patógenos de las semillas. Tenente *et al.* [24] evaluaron la eficiencia de varias técnicas físicas y químicas para erradicar *Aphelenchoides besseyi*, *Ditylenchus* sp. y *D. dipsaci* en semillas de maíz, avena y arroz exponiendo las semillas a calor húmedo (40 °C) durante 15, 30 o 60 minutos, seguido de calor húmedo (60 °C) durante 5, 8 o 10 minutos, respectivamente y encontraron que todos los tratamientos erradicaron ambas especies de nematodos de las semillas de arroz, el calor húmedo de 40 °C durante 30 minutos seguido por el calor húmedo de 60

°C durante 8 minutos produjo el mejor comportamiento de las semillas comparado con el control. Para las semillas de avena, sólo el tratamiento con calor húmedo y NaOCl plus erradicaron a *D. dipsaci*, pero el NaOCl redujo la germinación. El tratamiento térmico de las semillas de maíz a 40 °C durante 30 minutos, seguido por 60 °C durante 8 minutos erradicó los nematodos y la germinación y el vigor fueron similares a aquellos de los controles.

Por otra parte, se ha utilizado agua caliente para estimular la germinación de semillas en otros cultivos diferentes al maíz. Akinola *et al.* [2] evaluaron los efectos de seis métodos y seis tiempos de duración del tratamiento de semillas sobre la germinación de semillas del girasol silvestre (*Tithonia diversifolia*). Los tratamientos fueron: agua caliente a 80 °C; agua caliente a 100 °C; secado en estufa a 80 °C; secado en estufa a 100 °C, inmersión en ácido sulfúrico concentrado e inmersión en peróxido de hidrógeno al 10 %. Los tiempos de duración fueron: 0; 2,5; 5; 10; 15 y 20 minutos y se encontró que los tratamientos con agua caliente a 80 y 100 °C durante 11-14 minutos y el secado en estufa a 100 °C durante 20 minutos produjeron más del 65 % de germinación a los 10 días después del tratamiento, los tres restantes tratamientos produjeron menos del 50 % de germinación, los autores concluyeron que basado en la mayor germinación acumulada, el menor costo y los aspectos ambientales, el tratamiento con agua caliente a 80 o 100 °C durante 11-15 minutos fue el recomendado.

La inmersión de semillas de maíz en agua caliente no es una práctica común para determinar la calidad de las semillas de diferentes cultivares de maíz o diferentes lotes de semillas como ha sido utilizada en arroz, de allí que reviste gran importancia la investigación que se pueda realizar al respecto.

La técnica de calor con la inmersión en agua caliente durante un tiempo relativamente corto podría utilizarse para predecir la viabilidad de las semillas de maíz, aunque la literatura es escasa en relación a este tema de allí que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la inmersión en agua (100 °C) sobre la capacidad y velocidad de germinación de las semillas de tres cultivares de maíz bajo condiciones de invernadero.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en el Invernadero de Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, ubicado en la Urbanización Juanico. Maturín Estado Monagas. Venezuela.

## 2. 2 Cultivares empleados

Se utilizaron semillas certificadas de los cultivares de maíz Cargill 633 e Himeca 2003 adquiridas en una casa comercial especializada y semillas de una población de polinización libre utilizadas por los agricultores de la zona de Jusepín, estado Monagas, Venezuela denominada Criollo. La adquisición de las semillas se realizó dos meses antes de la siembra y permanecieron almacenadas bajo refrigeración ( $4 \pm 1$  °C). Las semillas tuvieron un contenido de humedad de alrededor de 12%.

## 2. 3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones. Un factor estuvo constituido por los tres cultivares de maíz anteriormente mencionados. El otro factor lo constituyeron los cinco tiempos de inmersión en agua a 0, 2, 4, 6 y 8 segundos a  $100 \pm 1$  °C.

## 2. 4 Características del ensayo

Se utilizaron 750 semillas, 250 de cada cultivar de maíz. Las semillas se separaron en lotes de 25 semillas representando cada unidad experimental (repetición, cultivar y tiempo de inmersión). Posteriormente, se desinfectaron con una solución de cloro comercial al 10% por un período de tres minutos, luego se lavaron las semillas con abundante agua para eliminar el exceso de cloro. Después se sumergieron en agua a  $100 \pm 1$  °C durante 8, 6, 4 y 2 segundos. Luego se sembraron las semillas en el invernadero en cajas de arena. Se regaron diariamente.

## 2. 5 Caracteres evaluados

Porcentaje de germinación (%) a los 3, 4, 5 y 8 días después de la siembra. Número medio de días a total germinación (NMD): se calculó mediante la siguiente fórmula [12]:  $NMD = (N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_n \times T_n) / n$ . Donde: N = número de semillas germinadas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos; T = tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo y n = número de semillas germinadas. Índice de la velocidad de germinación (IVG): Se calculó mediante la siguiente fórmula [14].  $IVG = (N_1 \times 4 + N_2 \times 4 + \dots + N_n \times 4) / T_n$  e índice de germinación. Se calculó mediante la siguiente fórmula:  $IG = (N_1/T_1 + N_2/T_2 + \dots + N_n/T_n)$  [1].

## 2. 6 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de los caracteres evaluados en las diferentes épocas de medición. El nivel de significación fue del 5%. La diferencia entre

los promedios para el efecto principal de cultivares se detectó mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan [23]. En aquellos caracteres donde se encontró un efecto significativo de la inmersión en agua caliente o la interacción inmersión x cultivar, se realizó el análisis de regresión correspondiente [11]. Los porcentajes de germinación se transformaron mediante la fórmula arcoseno  $\sqrt{(x+3/8)/(n+3/4)}$ . El resto de los caracteres se transformaron mediante la fórmula  $\sqrt{(x+0,5)}$  [27].

## 3. Resultados

### 3. 1 Porcentaje de germinación

El análisis de varianza (Tabla 1) indicó diferencias significativas para la interacción cultivares x tiempo de inmersión en agua a 100 °C para los porcentajes de germinación a los 4, 8 y 12 días después de la siembra. Los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 tuvieron una respuesta cúbica en función de los tiempos de inmersión para las tres fechas de evaluación de los porcentajes de germinación, mientras que la germinación de Criollo no se vio afectada a los 4 y 8 días, pero a los 12 días tuvo una respuesta lineal.

En las figuras 1 y 2 se observa el porcentaje de germinación a los 4 y 8 días después de la siembra, respectivamente para los cultivares Himeca 2003 y Cargill 633. Hubo una disminución drástica de los porcentajes de 0 a 2 segundos en agua a 100 °C y a partir de allí estas reducciones fueron muy pequeñas. Similares resultados se observaron a los 12 días para ambos híbridos (Figura 3), mientras que la disminución de Criollo fue inversamente proporcional a los diferentes tiempos de inmersión en agua.

### 3. 2 Número medio de días a total germinación

El análisis de varianza reveló diferencias significativas para los cultivares y los diferentes tiempos de inmersión en agua a 100 °C, no así para la interacción entre ellos (Tabla 1). Se observó una respuesta cúbica donde las semillas germinaron más rápido en el control (0 segundos) y tuvieron una germinación similar entre los 2 y 6 segundos de inmersión en agua a 100 °C, para luego incrementar drásticamente los días para germinar en el mayor tiempo de inmersión (Figura 4).

La prueba de promedios (Tabla 2) indicó que las semillas de los cultivares Himeca 2003 y Cargill 633 germinaron mucho más rápido que aquellas del cultivar Criollo.

### 3. 3 Índice de la velocidad de germinación e índice de germinación

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para la interacción cultivares x tiempo de inmersión en agua a 100 °C (Tabla 1). Los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 tuvieron una respuesta cúbica en función de los tiempos de inmersión, mientras que estos índices para el cultivar Criollo tuvieron una respuesta lineal (Figuras 5 y 6). Hubo una disminución drástica para este carácter entre los 0 y 2 segundos y a partir de allí estas reducciones fueron muy pequeñas en los híbridos Cargill 633 e Himeca 2003, mientras que para el cultivar Criollo, los índices fueron inversamente proporcionales a los tiempos de inmersión en agua a 100 °C.

### 4. Discusión

Los tiempos de inmersión en agua caliente en los tres cultivares de maíz, *viz*, Cargill 633, Himeca 2003 y Criollo produjeron en las semillas una disminución en el porcentaje de germinación. Resultados similares fueron reportados por Humaydan *et al.* [13] quienes indicaron que el tratamiento de las semillas de los cultivos de las crucíferas con agua caliente (50 °C durante 20-30 minutos) frecuentemente resulta en una germinación reducida de las semillas. Cristia y Drochioiu [7] trataron semillas de maíz y trigo con altas temperaturas y encontraron que en las de maíz tratadas a 60° C durante 45 horas, la germinación se redujo de 72 a 15 % y el vigor de semilla de 96-98% a 89%, mientras en semillas de maíz tratadas a 65° C durante 17 horas, la germinación se redujo de 86 a 0% y el vigor de la semilla se redujo de 98 a 1%. du Toit y Hernández-Pérez [9] evaluaron la erradicación de hongos en las semillas de espinaca tratándolas con agua caliente (40, 45, 50, 55 y 60 °C durante 10 a 40 minutos y encontraron que la germinación se redujo significativamente con el tratamiento a 50 °C por  $\geq 30$  minutos o 55 o 60 °C por  $\geq 10$  minutos. Mojeremane y Kgati [22] trataron semillas de *Colophospermum mopane* con agua caliente (98,5 °C) durante 5 minutos y encontraron una disminución significativa de la germinación comparada con el control. Por otra parte, Khasa [15] realizó la inmersión de semillas de *Terminalia superba* (Engler y Diels) en agua hirviendo durante 1 y 3 minutos y encontró que esta especie es muy susceptible al agua caliente, la cual pasa a través de las hendiduras del pericarpio durante la inmersión. Similarmente, este pudo ocurrir en el caso del maíz. La disminución en el porcentaje de germinación de las semillas de maíz inmersas en agua caliente pudo deberse a que esta penetró a través del pericarpio (cubierta protectora de la semilla), alcanzando el embrión y matándolo. La investigación ha mostrado que la respuesta de la germinación puede ser una función tanto de la temperatura inicial del agua

como de la duración de la inmersión [10]. Dreesen y Harrington [8] indicaron que las inmersiones en agua caliente pueden ser efectivas pero que si no se conoce esta interacción para una especie en particular, la temperatura excesiva y/o duración excesiva pueden matar la semilla

En este experimento, los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 presentaron una mayor germinación que el Criollo en el control y en los primeros tiempos de inmersión (2, 4 y 6 segundos), pero a los 8 segundos, los tres cultivares tuvieron una germinación similar e igual índice de la velocidad de germinación e índice de la germinación, sugiriendo que la discriminación en la calidad de la semilla debería hacerse en maíz hasta los 6 segundos en agua a 100 °C. Resultados similares fueron indicados por Barnes [3] quien evaluó el uso de agua caliente en sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) como una metodología para evaluar la calidad de semillas, colocando las semillas en agua caliente a 65, 70 y 80 °C durante 2 a 30 minutos y de 90 a 100 °C durante 5 a 45 segundos y encontró que los tratamientos de temperatura por debajo de los 100 °C no diferenciaron entre lotes vigorosos y no vigorosos y las semillas se dañaron, pero usando un tratamiento de agua caliente durante 20 segundos a 100 °C se observó una diferenciación distintiva de las semillas entre lotes vigorosos y no vigorosos.

Bourland y Welch [4] propusieron el uso del tratamiento con agua caliente como un medio de deteriorar rápidamente las semillas de algodón, ellos sugirieron que realizando la inmersión de las semillas en agua caliente (mayor de 50 °C) deterioraría las semillas más rápidamente y más uniformemente que la técnica de envejecimiento acelerado.

El uso de altas temperaturas (100 °C) por breves periodos de tiempo (2 a 6 segundos) empleadas en este estudio es conveniente para desarrollar una nueva técnica para deteriorar artificialmente las semillas de maíz. Bourland *et al.* [5] basados en pruebas con agua caliente concluyeron que una temperatura de 65 °C se consideró óptima para estudios adicionales en semillas de algodón e indicaron que el tratamiento con temperaturas más frías del agua requirieron periodos de tratamiento excesivamente largos los cuales limitaron la cantidad de semilla que está siendo tratada dentro de un periodo de tiempo dado y que a medida que se incrementa el tiempo de tratamiento, la probabilidad de la interacción con otros factores, tales como las tasas de imbibición de agua, se incrementaría.

En esta investigación se pudo observar que las semillas del cultivar Criollo fueron aparentemente menos vigorosas que la de los dos híbridos comerciales, al producir un menor porcentaje de germinación y mayores tiempos para germinar. Esto pudo deberse a que la semilla utilizada del cultivar Criollo proviene del sistema artesanal de semillas, mientras que la semilla de los híbridos comerciales

pertencen al sistema formal de producción de semillas certificadas.

Al evaluar el comportamiento de los tres cultivares estudiados, al ser tratados con agua caliente a 100 °C se pudo observar que los porcentajes de germinación de los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 disminuían a medida que aumentaban los tiempos de inmersión. Mientras que el cultivar Criollo no se vio afectado por los tiempos de inmersión en agua caliente presentando porcentajes de germinación igual al tratamiento control (0 segundos), cuando se evaluó a los 4 y 8 días después de la siembra, pero para los 12 días siguió una tendencia similar al de los otros dos cultivares. Esto pudo deberse a la baja capacidad germinativa de las semillas de Criollo, las cuales presentaron porcentajes de germinación de 1,93; 3,51 y 11,74% a los 4, 8 y 12 días después de la siembra, respectivamente, por lo que el aumento de los tiempos de inmersión causó un efecto negativo muy insignificante.

El tiempo para la germinación total fue menor en el control y luego se mantuvo estable entre los 2 y 6 segundos de inmersión para luego aumentar abruptamente a los 8 segundos. Resultados similares reportaron Merfield *et al.* [21] quienes encontraron que el tiempo promedio para la germinación tendió a incrementarse a medida que la duración del tratamiento (0 (control) 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos) se incrementó.

## 5. Conclusiones

En general, los caracteres de la germinación presentaron una disminución a medida que aumentaban los tiempos de inmersión en agua a 100 °C. El tiempo de inmersión en agua a 100 °C que causó mayor deterioro y reducción de la germinación en las semillas de maíz fue 8 segundos.

La técnica de agua caliente permitió diferenciar la calidad de las semillas utilizadas, presentando mayor capacidad germinativa las semillas de los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 en comparación con aquella de Criollo.

## 6. Agradecimientos

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente.

## 7. Referencias

- [1] Agrawal, R. L. Seed Technology. Fourth Printing. Oxford & Publishing CO. New Delhi, India. 1986. pp. 685.
- [2] Akinola J. O, Larbi A., Farinu G. O. and Odunsi A. A. "Seed treatment methods and duration effects on germination of wild sunflower".

- Experimental Agriculture 36 no. 1, 2000, pp. 63-69.
- [3] Barnes, B. S. The evaluation of methods for determining seed vigor in sorghum. M. S. Thesis. Mississippi State University, Mississippi State, MS. USA. 1960.
- [4] Bourland, F. M. and R. A. Welch. "Deterioration of cottonseed with hot water". Proceedings, Beltwide Cotton Production research Conference. National Cotton Council, Memphis, TN. USA. 1985. pp. 89.
- [5] Bourland, F. M., Kaiser, G. and Cabrera, E. R. "Rapid deterioration of cotton, *Gossypium hirsutum* L., seed using hot water". Seed Sci. & Technol. 16, 1988, pp. 673-683.
- [6] Colmenares, O. "Test de envejecimiento rápido en el almacenamiento de semillas". Fonaiap Divulga 6 no. 30. 1988, pp. 9-11.
- [7] Cristea, M. and Drochioiu, G. "Posibilitati de stimulare a germinatiei semintelor de Griu si porumb tratate termic". Cercetari Agronomice in Moldova 20 no. 4. 1987, pp. 49-55.
- [8] Dreesen, D. R. and Harrington, J. T. "Propagation of native plants for restoration Projects in the Southwestern U.S. - Preliminary Investigations". In: Landis, T. D.; Thompson, J. R. (Tech. Coords.). National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR- 419. Portland, OR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1997. pp. 77-88.
- [9] du Toit, L. J. and Hernández-Pérez, P. "Efficacy of hot water and chlorine for eradication of *Cladosporium variable*, *Stemphylium botryosum*, and *Verticillium dahliae* from spinach seed". Plant Disease 89 no. 12. 2005, pp. 1305-1312.
- [10] Gosling, P. G.; Samuel, Y. K. and Jones, S. K. "A systematic examination of germination temperature, chipping and water temperature/soak duration pretreatments on the seeds of *Leucaena leucocephala*". Seed Sci. & Technol. 23 no. 2. 1995, pp. 521-532.
- [11] Gomez, K. A. and Gomez, A. A. Statistical procedures, for agricultural research. Second Edition. John Wiley & Sons. New Cork, U.S.A. 1984. pp. 680.
- [12] Hartmann, H. T., Kester, D. and Davies, F. T. Plant propagation. Principles and practices. Sixth Printing (Fifth Edition). Prentice-Hall, New Delhi, India. 1993. pp. 647.
- [13] Humaydan, H. S., Harman, G. E. Nedrow, B. L. and DiNitto, L. V. "Erradication of *Xanthomonas campestris*, the causal agent of black rot, from *Brassica* seeds with antibiotics and sodium hypochlorite". Phytopathology 70. 1980, pp. 127-131.

- [14] Khan, M. and Ungar, I. "The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd". American Journal of Botany. 71 no. 4. 1984, pp. 481-489.
- [15] Khasa, P. D. "Scarification of limba seeds with hot water, bleach, and acid". Tree Planters' Notes 43 no. 4, 1992. pp. 150-152.
- [16] Krzyzanowski, F. C. e Faça Neto, J. B. "Situação atual do uso de testes de vigor como rotina em programas de sementes no Brasil". Informativo ABRATES, Londrina, 1 no. 3, 1991, pp. 42-53.
- [17] Marabay, E. Análisis agro-económico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en las localidades de San Jaime y zona industrial: Municipio Maturín y Potrerito: Municipio Cedeño, estado Monagas. Trabajo de Grado. Ingeniero Agrónomo. Josepin Venezuela. Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 1993.
- [18] Marcos-Filho, J. "New approaches to seed vigor testing". Sci. Agric. (Piracicaba) 55 (Número Especial), 1998, pp. 27-33.
- [19] Mcdonald, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, 65. 1975, pp. 109-139.
- [20] Menezes, N. L. De e Da Silveira, T. L. D. "Métodos para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz". Sci. Agric. (Piracicaba) 52 no. 2. 1995, pp. 350-359.
- [21] Merfield, C.; Hampton, J.; Hill, M. and Wratten, S. The effect of seed moisture content and the duration and temperature of hot water treatment on carrot seed viability and the control of *Alternaria radicina*. In Proceedings of 15<sup>th</sup> International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) Organic World Congress, 21-23 Sept. 2005, Adelaide. 2005. pp. 542-545.
- [22] Mojeremane, W. and Kgati, T. "Seed treatments for enhancing germination of *Colophospermum mopane* seeds: A multipurpose tree in Botswana". Journal of Biological Sciences 5 no. 3. 2005, pp. 309-311.
- [23] Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. Second Edition. Mc Graw-Hill Book Company. New York, U. S. A. 1980. pp. 633.
- [24] Tenente, R. C. V., Gonzaga, V., Pinheiro F. P., Tarchetti, P e Rodrigues, V. "Techniques to eradicate plant parasitic nematodes from infested maize, oat and rice seeds". Nematropica 29 no. 1, 1999, pp. 17-24.
- [25] Vieira, R. D. "Teste de condutividade elétrica. In: Vieira, R. D., Carvalho, N. M. (Ed.). Testes de vigor em sementes (Jaboticabal) FUNEP, 1994. pp.103-132.
- [26] Vieira, R. D., Bittencourt, S. R. M. e Panobianco, M. "Seed vigor: an important component of seed quality in Brasil". ISTA News Bulletin (Zürich) no. 126, 2003, pp. 21-22.
- [27] Zar, J. H. Biostatistical analysis. Third Edition. Prentice-Hall International. London United Kingdom. 1996, pp. 661.

**Tabla 1.** Análisis de varianza y análisis de regresión para los porcentajes de germinación a los 4 (PG4D), 8 (PG8D) y 12 (PG12D) días después de la siembra, número medio de días a total germinación (NMD), índice de la velocidad de germinación (IVG) e índice de la germinación (IG) de las semillas de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo cinco tiempos de inmersión en agua a 100 °C. Porcentajes de germinación transformados mediante

$$\text{arcoseno } \sqrt{(x + 3/8)/(n + 3/4)} , \text{ resto de los caracteres transformados mediante } \sqrt{(x + 0,5)} .$$

Fuente de Variación	G.L.	PG4D	PG8D	PG12D	NMD	IVG	IG
Repetición	3	0,3057 ns	0,7013 ns	1,2793 *	0,365 ns	0,3597 *	0,0813 *
Cultivar (C)	2	17,8510 *	23,6560 *	22,8305 *	2,363 *	11,3750 *	2,5170 *
Tiempo Inmers(TI)	4	32,0670 *	30,6133 *	33,7273 *	2,650 *	15,2815 *	3,5515 *
C * TI	8	6,7085 *	5,4638 *	4,6766 *	0,476 ns	1,9616 *	0,5839 *
Cargill633 en TI	5	24,9013 *	22,2135 *	22,3162 *	7,994 *	9,3965 *	2,3779 *
Reg. Lineal	1	77,9861 *	70,1932 *	68,2777 *	0,102 ns	31,8837 *	7,7934 *
Reg. Cuadrática	1	18,6302 *	10,5028 *	11,0290 *	1,651 *	2,5135 *	1,0864 *
Reg. Cúbica	1	2,9572 *	7,0594 *	7,8500 *	0,854 ns	2,4285 *	0,5494 *
Efecto Residual	1	0,0319 ns	1,0988 *	2,1082 *		0,7605 *	0,0826 *
Himeca2003 en TI	4	20,3909 *	19,9899 *	19,8902 *		9,2727 *	2,2853 *
Reg. Lineal	1	47,7423 *	46,2766 *	50,7691 *		22,8191 *	5,7851 *
Reg. Cuadrática	1	18,8523 *	13,8484 *	12,0195 *		4,7352 *	1,5075 *
Reg. Cúbica	1	12m8823 *	11,6554 *	9,6158 *		5,2679 *	1,2236 *
Efecto Residual	1	2,0867 *	4,1792 *	7,1565 *		4,2687 *	0,6249 *
Criollo en TI	4	0,1918 ns	0,3373 ns	0,8740 *		0,5355 *	0,0560 *
Reg. Lineal	1	0,3077 ns	0,6906 ns	2,5241 *		1,3235 *	0,1421 *
Reg. Cuadrática	1	0,1380 ns	0,2633 ns	0,3765 ns		0,2772 ns	0,0354 ns
Reg. Cúbica	1	0,3105 ns	0,3042 ns	0,0796 ns		0,2477 ns	0,0256 ns
Efecto Residual	1	0,0109 ns	0,0911 ns	0,5162 ns		0,2936 ns	0,0210 ns
Error Experiment.	42	0,1340	0,2542	0,3044	0,293	0,1232	0,0198
Total	59						
C. V. (%)		4,47	5,94	6,37	19,06	17,63	11,24

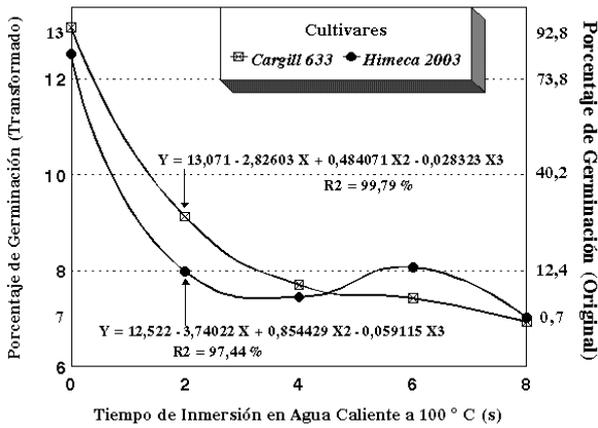
\* Significativo (p ≤ 0,05); ns : No Significativo (p > 0,05)

El análisis de regresión para el NMD corresponde a todos los cultivares debido a la no significación de C \* TI

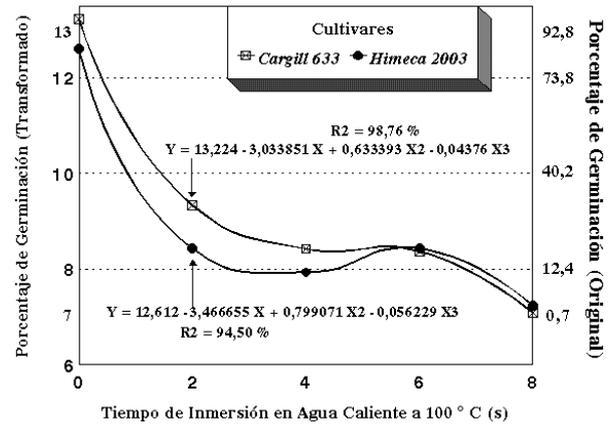
**Tabla 2.** Promedios para el número medio de días a total germinación de las semillas de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo cinco tiempos de inmersión en agua a 100 °C bajo condiciones de invernadero.

Cultivares	Número medio de días a total germinación †
Cargill 633	5,98 A
Himeca 2003	7,08 A
Criollo	9,84 B

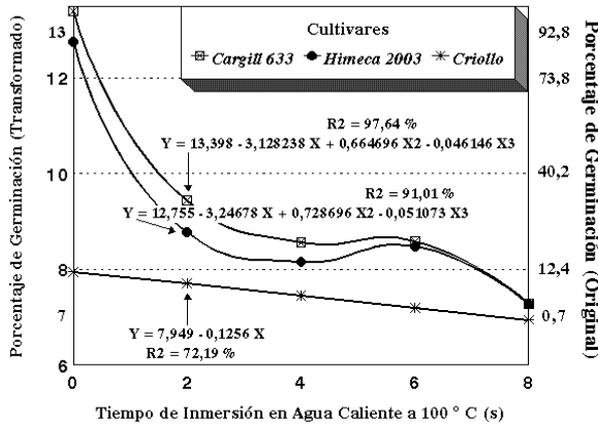
† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (p ≤ 0,05). Promedios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes.



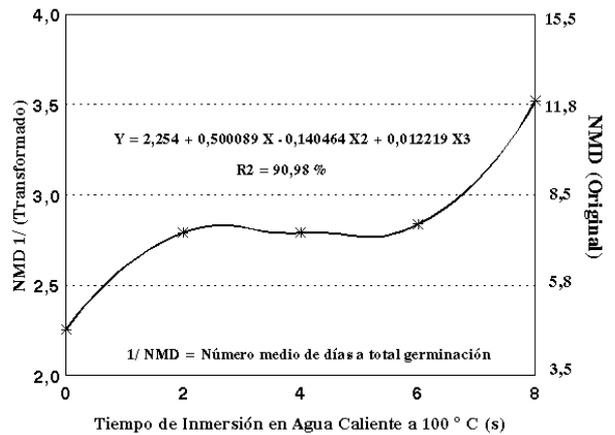
**Figura 1.** Análisis de regresión para el porcentaje de germinación de las semillas a los cuatro días después de la siembra de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.



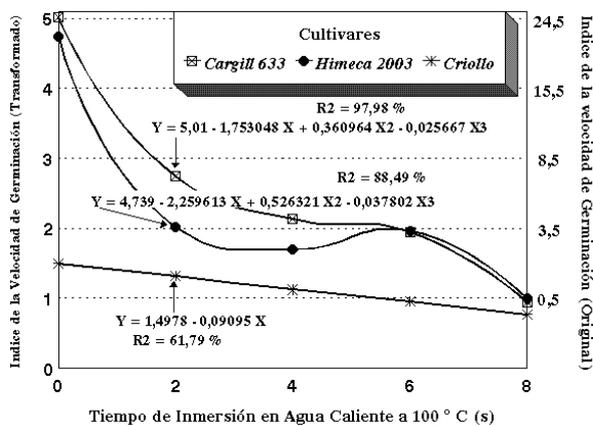
**Figura 2.** Análisis de regresión para el porcentaje de germinación de las semillas a los ocho días después de la siembra de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.



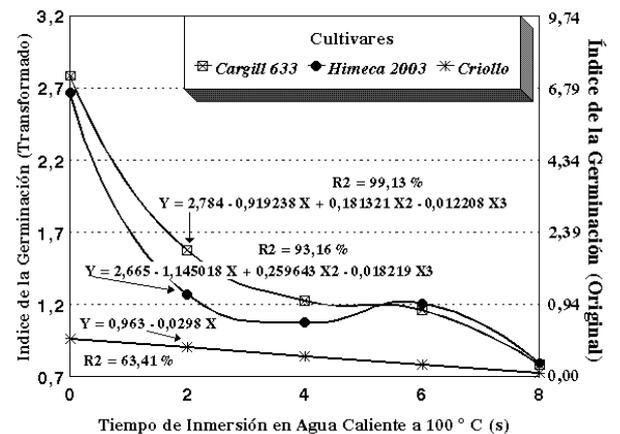
**Figura 3.** Análisis de regresión para el porcentaje de germinación de las semillas a los doce días después de la siembra de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.



**Figura 4.** Análisis de regresión para el número medio de días a total germinación de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.



**Figura 5.** Análisis de regresión para el índice de la velocidad de germinación de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.



**Figura 6.** Análisis de regresión para el índice de germinación de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes tiempos de inmersión de las semillas en agua caliente a 100 °C bajo condiciones de invernadero.