

Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.)

Relationship between imbibition rate and seed germination of corn, French bean and pigeonpea seeds

Jesús Rafael MÉNDEZ NATERA^{✉1}, José Fernando MERAZO PINTO¹ y Nelson José MONTAÑO MATA¹

¹Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente, Campus Los Guaritos, Avenida Universidad, Maturín, 6201, edo. Monagas, Venezuela.

E-mail: jmendezn@cantv.net ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 25/06/2008 Fin de primer arbitraje: 22/08/2008 Primera revisión recibida: 30/08/2008
Fin de segundo arbitraje: 18/09/2008 Segunda revisión recibida: 05/10/2008 Aceptado: 21/10/2008

RESUMEN

El objetivo fue determinar la relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) tratadas y no tratadas con vitavax (carboxin), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). Se pesaron dos lotes con 10 semillas cada uno y se sometieron a diferentes periodos de imbibición (1, 4, 8, 12 y 14 horas). La tasa de imbibición se calculó restando el peso de las semillas después de la imbibición del peso inicial. Para el porcentaje de germinación de las semillas imbibidas se tomaron 100 semillas de los cultivos anteriores y se colocaron en tres toallas de papel absorbente y luego se cubrieron con otra toalla y posteriormente se humedecieron. Luego se enrollaron las toallas y se colocaron en el germinador a 25 °C. La tasa de imbibición de las semillas de maíz tratado, caraota y quinchoncho tuvieron un comportamiento cuadrático y la mayor tasa ocurrió a los 8, 10 y 10 horas, respectivamente. La respuesta de las semillas de maíz sin tratar fue irregular. La germinación de las semillas de maíz sin tratar disminuyó con incrementos de los tiempos de imbibición, similar tendencia tuvieron las semillas de quinchoncho, mientras que para las semillas de caraota disminuyó hasta las 8 horas para luego incrementarse, la germinación de las semillas de maíz tratado fue muy baja (< 12%). No se encontró una relación entre la tasa imbibición y los porcentajes de germinación en ninguno de los cultivos estudiados.

Palabras clave: Germinación, imbibición, *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Cajanus cajan*

ABSTRACT

The objective was to determine the relationship between imbibition rate and germination percentage of seed of maize (*Zea mays* L.) treated and untreated with vitavax (Carboxin), French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill.). Two lots were weighed with 10 seeds each one and they were subjected to different imbibition periods (1, 4, 8, 12 and 14 hours). Imbibition rate was calculated as: seed weight of imbibited seeds minus initial seed weight. One hundred seeds were taken from previous crops and placed on three towel papers and covered with one towel paper and then they were moistened to determine germination percentage of different imbibited seeds at different periods. The towel papers were rolled and placed on the germination cabinet at 25 °C. Imbibition rate of treated corn, French bean and pigeon pea presented a quadratic behavior and the biggest rate occurred at 8, 10 and 10 hours, respectively. The performance of untreated corn seeds was irregular. The seed germination of treated corn decreased as increased imbibition period, similar trend was presented by pigeon pea seed germination, while French bean germination decreased from 1 to 8 hours of imbibition, after that, the germination was increased. The seed germination of treated corn was very low (< 12%). There was not a relationship between imbibition rate and seed germination in the crops.

Key words: Germination, imbibition, *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Cajanus cajan*

INTRODUCCIÓN

La semilla es esencial para la supervivencia de la humanidad, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar y es un elemento vital en la agricultura

moderna, la semilla certificada contribuye a alcanzar una producción más alta (Douglas 1991).

El agua es esencial para la rehidratación de las semillas, siendo el paso inicial antes de la germinación. La cantidad de agua absorbida por una

semilla imbibida depende de un número de factores, por ejemplo, el tamaño, hidratabilidad de los contenidos, etc., pero en términos absolutos, la absorción de agua es relativamente pequeña y a menudo puede no exceder 2 a 3 veces el peso seco de la semilla. Para el establecimiento y subsecuente desarrollo de la plántula, se requiere un mayor y sostenido suministro de agua. Deben considerarse dos factores principales cuando se discute la absorción de agua por una semilla. Estos son: 1) las relaciones hídricas de la semilla y 2) la relación entre la semilla y su sustrato, el cual en la naturaleza es el suelo (Bewley y Black 1983).

La germinación se inicia con la imbibición y termina con la emergencia. La imbibición es la toma de agua por parte de la semilla seca, sin importar si ésta se encuentra viable o no, y la emergencia es el proceso por el cual el eje embrionario en especies dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas crece, se extiende y atraviesa las estructuras que lo rodean (Azcón y Talon, 2003). La absorción de agua por parte de la semilla está directamente influenciada por la presencia de la testa y la permeabilidad que ésta tenga. El tejido de reserva absorbe agua a una velocidad intermedia hasta completar su hidratación (Moreno *et al.*, 2006).

La germinación de las semillas puede ser definida como una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos, los cuales resultan en la transformación del embrión en una plántula capaz de convertirse en una planta adulta. Durante la germinación ocurre procesos secuenciales y sincronizados y son reconocidos de tal manera que los procesos anabólicos y catabólicos toman lugar de manera simultánea. (Coll *et al.*, 1995). Muchas semillas colocadas en agua destilada en cápsulas de Petri bajo condiciones óptimas para la germinación muestran un patrón trifásico de absorción de agua. La absorción inicial de agua en la Fase I (llamada imbibición) es una consecuencia de las fuerzas mátricas (ψ_m) de las paredes celulares y los contenidos de las células de la semilla y esta absorción ocurre sin consideración a si una semilla posee latencia o no, es viable o no. La fase II es el periodo de retraso de absorción de agua, cuando el potencial mátrico es alto (menos negativo), como es el potencial osmótico o de soluto (ψ_π). Semillas muertas y latentes mantienen este nivel de típica hidratación de la fase II, pero al contrario de semillas germinando ellas no entran a la fase III, la cual está asociado con la protrusión de la radícula. Las

longitudes de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades inherentes de las semillas (contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta de las semillas, absorción de oxígeno, tamaño de la semilla, etc) y de las condiciones durante la exposición al agua (por ejemplo, niveles de humedad, composición del sustrato, temperatura, etc). Partes diferentes de una semilla, particularmente una semilla grande, pasará a través de estas fases a tasas diferentes (Bewley y Black 1983).

Powell y Matthews (1979) observaron consistentemente que la rápida absorción de agua por los embriones secos en arveja efectivamente matan las áreas de los tejidos sobre las superficies abaxiales de los cotiledones. Retardando la absorción de agua bien sea dejando la testa o imbibiendo en una solución al 30 % de polietilenglicol 4000 (Carbowax) previene la producción de áreas muertas. Este fenómeno, en la cual las áreas de células muertas son producidas por la rápida absorción de agua, se conoce ahora como daño de la imbibición. Aunque las semillas imbibidas en agua a temperaturas bajas (7 °C) retardaron la absorción de agua, el daño inducido fue mayor que a 20 °C, sugiriendo que los tejidos secos del embrión son particularmente sensibles al daño por imbibición a bajas temperaturas. El efecto del agua pareció ser de naturaleza física, porque ella tuvo que estar en contacto con los tejidos secos durante sólo dos minutos para que ocurriera un daño extensivo. Se ha descubierto que el daño por imbibición ocurre en un amplio rango de leguminosas de grano como soya, frijol verde, caraota y frijol.

La testa claramente es una barrera para la absorción de agua en las leguminosas la cual sirve para proteger al embrión seco del efecto de daño causado por una rápida absorción de agua, un rol de un considerable valor adaptativo. Esta concepción da una mayor significancia a las rupturas en la testa, porque ellas pueden facilitar la absorción de agua y permitir que ocurra una rápida imbibición, con los consecuentes efectos sobre los cotiledones y el rendimiento de la semilla. Varias características de embriones que han sufrido daño por imbibición fueron la reminiscencia de semillas de bajo vigor. La habilidad de germinación permaneció alta, las áreas de tejido muerto se encontraron en las superficies abaxiales de los cotiledones imbibidos, la retención de soluto fue pobre y los embriones exhibieron una respiración reducida y un lento desarrollo de las plántulas (Matthews *et al.* 1980).

Oguntunde y Adebawo (1989) determinaron los patrones individuales de absorción de agua de semillas de maíz cv 'TZPB', maíz blanco local, tipos blancos y rojos de sorgo y millo a 30, 35, 40 y 45 °C remojadas durante 0 a 72 horas. Las curvas de hidratación obtenidas mostraron que la mayor absorción de humedad de las semillas de estos materiales ocurrió dentro de las primeras 24 horas, mientras que la máxima absorción de agua o contenido de saturación de humedad ocurrió aproximadamente a las 36 horas, sin importar la temperatura en el remojo. El contenido de humedad máximo se incrementó cuando la temperatura en el remojo subió de 30 a 45 °C.

En estudios realizados para mejorar la calidad de la semilla con el uso de tratamientos tales como condicionamiento osmótico, humedecimiento inicial y el uso de biorreguladores, es importante obtener información de las etapas de absorción de agua para diferentes especies (Zambello de Pinho *et al.* 2004). El objetivo fue determinar la relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz, caraota y quinchoncho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se pesaron dos lotes con 10 semillas cada uno y se sometieron a diferentes periodos de imbibición (1, 4, 8, 12 y 14 horas). La tasa de imbibición se calculó restando el peso de las semillas después de la imbibición menos el peso inicial. Para el porcentaje de germinación de las semillas imbibidas se tomaron 100 semillas de los cultivos anteriores y se colocaron en tres toallas de papel absorbente y luego se cubrieron con otra toalla y posteriormente se humedecieron. Luego se enrollaron las toallas y se colocaron en el germinador a 25 °C. Se realizó el análisis de regresión de la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en función de los tiempos

de imbibición (Draper y Smith, 1998). Finalmente se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre estos dos caracteres (Steel *et al.* 1996).

RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran los resultados para la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación.

La figura 1 muestra la relación entre la tasa de imbibición y el tiempo de imbibición. Se observa que las máximas tasas de absorción de agua ocurrieron a las 8, 10 y 14 horas después de la imbibición para los cultivos maíz tratado, caraota y quinchoncho, respectivamente, en el caso del maíz sin tratar la mayor tasa ocurrió a las 14 horas, aunque la respuesta fue irregular.

La Figura 2 muestra la relación entre el porcentaje de germinación y los periodos de imbibición. Para el maíz sin tratar se observó que a medida que se incrementó el periodo de imbibición, la germinación fue menor, similar tendencia tuvieron las semillas de quinchoncho aunque la germinación fue máxima a las 4 horas de imbibición. Por otra parte, la germinación de las semillas de caraota fue menor a las 4 y 8 horas de imbibición para luego incrementar en los dos mayores periodos de imbibición. La germinación del maíz tratado fue muy baja y siguió una tendencia irregular.

En el cuadro 2 se observa el coeficiente de correlación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación dentro de cada cultivo. No se observó ninguna asociación significativa entre estos dos caracteres, aunque el coeficiente de correlación fue de -0,49 para el cultivo de caraota, sugiriendo un posible efecto negativo de la tasa de absorción de agua sobre la germinación de las semillas de caraota.

Cuadro 1. Tasa de imbibición (TI) y porcentaje de germinación (% G) de semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.),

Horas de Inmersión	Caraota		Maíz Tratado		Maíz Sin Tratar		Quinchoncho	
	TI	% G	TI	% G	TI	% G	TI	% G
14,00	0,60	100,00	0,00	7,00	0,30	93,00	0,25	79,00
12,00	1,35	67,00	0,45	3,00	0,09	84,00	0,37	67,00
8,00	1,35	65,00	0,51	0,00	0,05	95,00	0,63	88,00
4,00	0,48	60,00	0,48	13,00	0,21	100,00	0,15	85,00
1,00	0,00	87,00	0,00	1,00	0,15	100,00	0,20	83,00

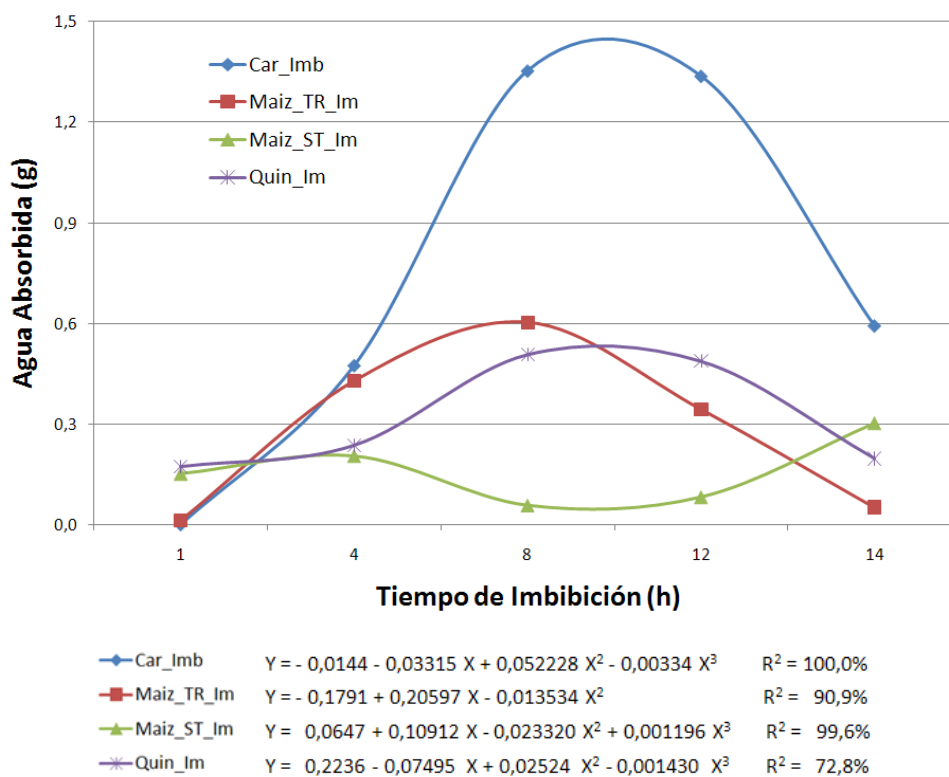


Figura 1. Tasa de imbibición (agua absorbida) por las semillas de diferentes cultivos sometidas a diferentes tiempos de imbibición en agua.

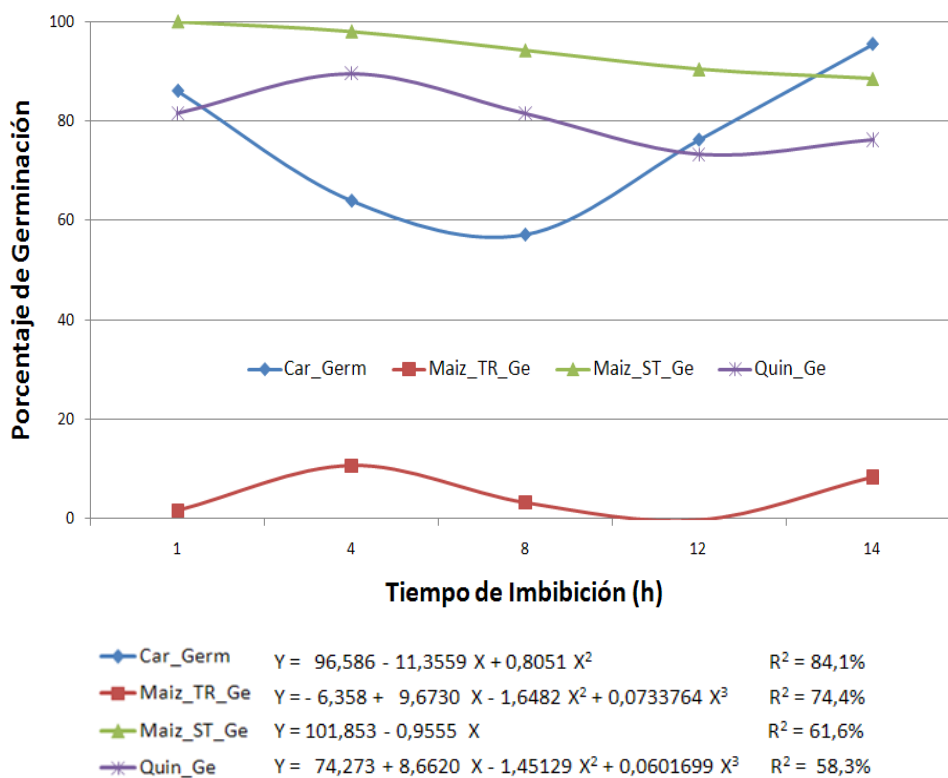


Figura 2. Porcentaje de germinación de las semillas de diferentes cultivos sometidas a diferentes tiempos de imbibición en agua.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación dentro de cada cultivo.

	Car Ger	MT Ger	MsT Ge	Qui Ge
Car_Imb	-0,49			
MT_Imb		0,12		
MsT_Imb			0,26	
Qui_Imb				0,11

Car_, MT_, MsT_ y Qui: Semillas de Caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) tratado, maíz sin tratar y quinchoncho de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Mill.), Imb: Tasa de imbibición y Ge: Porcentaje de germinación. Todos los coeficientes de correlación fueron no significativos ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN

Se observó que a medida que las semillas están más tiempo sumergidas en agua, estas imbiben más agua y por consiguiente aumenta la tasa de imbibición y luego disminuyó esta tasa, esto se debe a que las semillas imbiben agua hasta cierto tiempo, cuando disminuye abruptamente la absorción de agua, para luego reiniciarse la absorción, generando una curva con tres fases bien definidas, la fase I de la imbibición es cuando las semillas absorben agua en una forma proporcional al tiempo (Bewley y Black 1983) lo cual fue observado en este ensayo para los cultivos maíz tratado, caraota y quinchoncho con incrementos de las tasas hasta las 8, 10 y 10 horas después de la imbibición, respectivamente. Sousa Paiva *et al.* (2006) indicaron que durante la imbibición, el incremento del peso de las semillas de *Swietenia macrophylla* fue considerable, aunque la alteración en el volumen fue discreta. En este experimento se observó el mismo patrón de la curva de imbibición pero sólo para las dos primeras fases, es decir, la primera de absorción rápida para luego no absorber agua por un cierto tiempo, la tercera fase no ocurrió debido a que el ensayo terminó cuando comenzaba la misma (protrusión de la radícula).

Resultados análogos fueron reportados por Ogutande y Adebawo (1989) quienes encontraron que la absorción de agua en el cultivar TZPB (semilla blanca) ocurrió dentro de las primeras 24 horas. Similarmente, Mei y Song (2008) estudiaron los eventos iniciales tanto morfológicos como fisiológicos que ocurren durante la imbibición y

germinación de semillas de maíz e indicaron que la absorción de agua de las semillas exhibió un patrón trifásico con un incremento marcado durante la fase inicial de imbibición y luego una disminución lenta, seguido por un segundo incremento sustancial. El tiempo de imbibición para 10 y 50% de la germinación de las semillas fue de aproximadamente 26 y 46 horas a 30 °C, respectivamente. Sousa Paiva *et al.* (2006) indicaron que durante la imbibición, el movimiento de agua dentro de la semilla se debe a la acción de difusión y capilaridad, con el movimiento del agua de una región con un potencial hídrico mayor a una de un potencial hídrico menor.

En general, las semillas de maíz sin fungicida tuvieron el mayor porcentaje de germinación, seguidas de las semillas de quinchoncho y caraota, finalmente el maíz con vitavax, este último con porcentajes de germinación menores al 20 %, en comparación al maíz sin vitavax que tuvo porcentajes superiores al 80 % en los diferentes tiempos de inmersión. Almeida Pinto (2000) estudió la eficiencia de los fungicidas captan (120, 90 and 60 g de ingrediente activo/100 kg), thiram (140), thiabendazole (20), thiram + thiabendazole (75 + 10), and carboxin + thiram (75 + 75) en la germinación de semillas de maíz del cultivar BR 106 y encontró que ningún fungicida presentó fitotoxicidad en las semillas. Stankovich y Pavlov (1987a, 1987b) trataron semillas de 5 líneas de maíz con los fungicidas thiram y captan y encontraron que el porcentaje de germinación fue mayor que el control no tratado (excepto para Mo17 con captan y B312 con thiram), esto sugiere que los resultados encontrados en este ensayo pudieron deberse entre otras cosas a que la dosis aplicada fue demasiado alta. Ramírez (1975) señala que pocas sustancias causan daño al poder germinativo de la semilla.

CONCLUSIONES

La tasa de imbibición de las semillas de maíz tratado, caraota y quinchoncho tuvieron un comportamiento cuadrático y la mayor tasa ocurrió a los 8, 10 y 10 horas, respectivamente. La respuesta de las semillas de maíz sin tratar fue irregular. La germinación de las semillas de maíz sin tratar disminuyó con incrementos de los tiempos de imbibición, similar tendencia tuvieron las semillas de quinchoncho, mientras que para las semillas de caraota disminuyó hasta las 8 horas para luego incrementarse, la germinación de las semillas de maíz tratado fue muy baja (< 12%). No se encontró una

relación entre la tasa imbibición y los porcentajes de germinación en ninguno de los cultivos estudiados.

LITERATURA CITADA

- Almeida Pinto, N. F. J. de. 2000. Tratamiento fungicida de sementes de milho contra fungos do solo e o controle de *Fusarium* associado às sementes. *Scientia Agricola* 57 (3): 483-486.
- Azcón Bieto J. y M. Talón. 2003. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGrawHill/Interamericana. Barcelona, España. 522 p.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1983. *Physiology and Biochemistry of Seeds in relation to germination. Volume 1: Development, germination, and growth. Second edition.* Berlin, Germany. Springer-Verlag. 306 p.
- Coll, J. B.; G. N. Rodrigo, B. S. Garcia and R. S. Tamés. 1995. *Fisiología vegetal*. Madrid. Ediciones Pirámide. 662 p.
- Douglas, J. E. (comp., ed.). 1991. *Programas de semillas. Guía de planeación y manejo*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Segunda edición. Cali, Colombia. 358 p.
- Draper, N. R. and H. Smith. 1998. *Applied regression analysis. Third edition.* John Wiley & Sons. New York, USA. 736 p.
- Matthews, S.; A. A. Powell and N. E. Rogerson. 1980. Physiological aspects of the development and storage of pea seeds and their significance to seed production. In *Seed Production* (ed. P. D. Hebblethwaite). Butterworths, London, England. p. 513-525.
- Mei, Y. and S. Song. 2008. Early morphological and physiological events occurring during germination of maize seeds. *Agricultural Sciences in China* 7 (8): 950-957.
- Moreno, F.; G. A. Plaza y S. V. Magnitskiy. 2006. Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Agronomía Colombiana* 24 (2): 290-295.
- Oguntunde, A. C. and O. O. Adebawo. 1989. Water-uptake pattern during traditional soaking of cereal grains. *Tropical Science* 29 (3): 189-197.
- Powell, A. A. and S. Matthews. 1979. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. *Journal of Experimental Botany* 30: 193-197.
- Ramírez G, M. 1975. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Editorial Continental, S. A. México. 300 p.
- Sousa Paiva, E. A.; J. P. Lemos-Filho and D. M. Trombert Oliveira. 2006. Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) seeds: The role of stomata. *Annals of Botany* 98 (1): 213-217.
- Stankovich, M. and M. Pavlov. 1987a. Test of the effect of the fungicide TMTD and captan on the initial growth of inbred maize lines. *Informatsionnyi Byulleten'poKukuruze*. No. 6, 307-323.
- Stankovich, M. and M. Pavlov. 1987b. Testing de effect of the fungicide TMTD and captan on early growth of inbred maize lines. *Arhivza Poljoprivredne Nauke* 48 (170): 161-172.
- Steel, R. G. D.; J. H. Torrie and D. A. 1996. *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. Third sub edition.* McGraw-Hill Company. New York, USA. 672 p.
- Zambello de Pinho, S.; L. R. de Carvalho e M. E. Aparecida Delachiave. 2004. Limit between stages I and II of a seed imbibition curve. *Sci. Agric.* 61 (1): 17-20.