

## Efectos de los tratamientos acondicionadores y robustecedores sobre el rendimiento de los cultivos. Siembra temprana del tomate\*

Ramón ORTA\*\*, Jorge A. SÁNCHEZ\*\*, Bárbara C. MUÑOZ\*\*, Eric CALVO\*\*, Luis HERNÁNDEZ\*\* y Miriam PREDE\*\*

**ABSTRACT.** The effects of the pregerminative hydration-dehydration treatments were determined on the establishment, fructification and biomass production of two tomato varieties cultivated in Cuba (HC-78-80 and L-10-3) to those that were subjected to different treatments of partial hydration in water and they were sowed under three conditions of soil humidity. In both varieties the following results of an experiment were obtained carried out in pots during August-December of 1995: 1) the applied treatments increased the final emergency in the nurseries; 2) stimulated the growth of the seedling and resistance capacity from the same ones to the summer high temperatures; 3) advanced the beginning of the crop date, among 15-25 days with regard to the control plants; and 4) increased the yields significantly, duplicating or quintupling the production of fruits as a result of the treatments.

**KEY WORDS.** *Lycopersicon esculentum*, seeds, pregerminative hydration-dehydration treatments.

### INTRODUCCIÓN

Obtener cosechas tempranas o tardías significa un esfuerzo bien remunerado, debido a la demanda de frutos frescos del mercado. En las condiciones actuales de Cuba, con serias dificultades para la elaboración de conservas; los cultivos fuera de época significarían un esfuerzo vital. Por estas razones los genetistas trabajan incansablemente por obtener nuevas variedades de hortalizas y otros cultivos, mejor adaptados para su cosecha fuera de época óptima (Muñoz y Sardiñas, 1989; Domini *et al.*, 1993, 1994; Gómez y Laterrot, 1997). Las investigaciones agrotécnicas han brindado soluciones a través de sistemas de cultivos hidropónicos o similares, pero estos significan una inversión considerable, imposible de generalizar a la producción masiva.

Los resultados obtenidos con cultivos fuera de época en Cuba, se deben en su mayoría a las investigaciones genéticas, agrotécnicas, o la combinación de ambas. Sin embargo, la vía fisiológica de inducción de resistencia a ambientes desfavorables ha sido poco explorada.

Investigaciones de varios países han reportado los efectos que producen los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas. Se ha demostrado la potencial aplicación de estos tratamientos para los siguientes fines prácticos: 1) recuperar el vigor perdido de los lotes de semillas envejecidas; 2) acelerar y uniformar la germinación en semilleros; e 3) incrementar la resistencia fisiológica de las plantas resultantes de los tratamientos antes factores ambientales desfavorables. Estos tratamientos, de acuerdo a su propósito han recibido la denominación de revigorizadores, acondicionadores y robustecedores, respectivamente (May *et al.*, 1962; Henckel, 1982; Khan, 1992).

A pesar de la potencial utilidad de los tratamientos pregerminativos descritos, estos no se utilizan masivamente en la práctica agrícola internacional. Las razones fundamentales son las siguientes: a) La tecnología desarrollada en los países occidentales se basa fundamentalmente en el empleo de soluciones

hipertónicas de imbibición, utilizando para ello osmóticos perfectos (Lawlor, 1970), sustancias poliméricas costosas en el mercado internacional. 2) La tecnología de robustecimiento desarrollado en Rusia (Henckel, 1982), se basa en las cantidades limitadas de agua a volúmenes exactos de semillas, modelo tecnológicamente difícil de aplicar a grandes volúmenes de semillas que se utilizan en la agricultura.

Después de revisar las investigaciones teóricas más recientes sobre la dinámica de imbibición de las semillas (Obroucheva y Antipova, 1985, 1989; Bewley y Black, 1994) nuestro grupo de trabajo se dio a la tarea de desarrollar una tecnología propia para la aplicación de los tratamientos pregerminativos de hidratación parcial-desección, que no dependiese de soluciones osmóticas, ni de proporciones estrictas de volúmenes de semilla-agua, como los descritos anteriormente. El basamento novedoso de esta tecnología está relacionado con la utilización de agua sin aditivos para la inmersión de las semillas, regulando solamente el tiempo que se mantiene hidratándose o deshidratándose las mismas antes de la siembra (Orta *et al.*, 1998).

El propósito de la presente investigación consistió en conocer, si la tecnología de hidratación parcial de semillas desarrollada por nuestro grupo de investigación, resultaría efectiva para incrementar el establecimiento y los rendimientos de los cultivos, aún en siembras tempranas de una hortaliza tan sensible como el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El Instituto "Liliana Dimitrova" nos facilitó semillas frescas de tomate de dos variedades obtenidas en Cuba: HC-78-80 y L-10-3, propias para siembra en periodo óptimo o no, respectivamente.

Las semillas de ambas variedades fueron sometidas a los siguientes tratamientos pregerminativos de hidratación parcial-desección aplicados por Orta *et al.* (1998) a estas mismas variedades: 1) dos ciclos de hidratación en agua

\*Manuscrito aprobado en Octubre de 1999.

\*\*Instituto de Ecología y Sistemática, A.P. 8029, C.P. 10800, La Habana, Cuba.

durante 20 horas, alternados con dos ciclos de desecación al aire durante 72 horas, todo a temperatura ambiente de 25°C. A este tratamiento se le denominó acondicionamiento (A); 2) tratamiento acondicionador, seguido de un proceso de pregerminación aeróbica de 36 horas y posterior desecación durante 72 horas, todo a temperatura ambiente de 25°C. A dicho tratamiento se le denominó robustecimiento (R); y 3) semillas no tratadas, denominado como tratamiento control (C).

**Pruebas de establecimiento.** Las semillas de cada tratamiento y variedad se sembraron en cajas plásticas de 50 dm<sup>3</sup> de capacidad a una profundidad de 2 cm (Guenkov, 1974) en sustrato compuesto por suelo pardo, arena lavada y materia orgánica en proporción volumétrica de 2:1:1. La siembra se realizó en los primeros días de Agosto de 1995 (época de siembra temprana del tomate) y el semillero se realizó bajo cielo abierto; por tanto, estuvo expuesto a todos los factores bióticos y abióticos del ambiente. El suelo se regó diariamente. Se utilizaron para cada variedad y tratamientos cinco cajas con 26 semillas cada una. El conteo de la emergencia se realizó diariamente durante 10 días y se determinó el porcentaje de emergencia final y la masa seca de las plántulas (g). Esta última variable se estableció al cabo de los 15 días de iniciarse la siembra mediante el secado de las muestras (10 plántulas por maceta) durante 48 horas en una estufa a 80°C.

**Pruebas de fructificación.** Se empleó un diseño de clasificación simple que involucra un arreglo factorial de los tratamientos: tres tratamientos pregerminativos ya señalados anteriormente, y tres niveles de humedad del sustrato: máxima (70-80%), media (40-50%) y mínima (20-30%). El control de la humedad del suelo se realizó por el método gravimétrico de 0-20cm de profundidad y el mismo se efectuó 24 horas antes y 24 horas después de cada riego. Las pruebas de fructificación se realizaron en casa de vegetación y las semillas fueron sembradas en cajas plásticas de 50 dm<sup>3</sup> de capacidad con el objetivo de obtener seis plantas por maceta y tratamiento. El sustrato utilizado fue similar al descrito en las pruebas de establecimiento y el experimento se terminó al de 130 días.

Las variables determinadas fueron las siguientes: inicio de la cosecha (días); masa promedio de los frutos (g), expresados en peso fresco por fruto maduro; rendimiento (g), expresado como gramos de frutos maduros por cada planta; biomasa neta total (g) (biomasa subterránea, aérea y de fruto); "estrategias" reproductivas o biomasa relativa de frutos (%); y biomasa relativa de estructuras vegetativas (%). Estas dos últimas variables se calcularon con base en los valores absolutos de la biomasa de fruto y de estructuras vegetativas con respecto a la biomasa total. La biomasa neta total se determinó mediante el secado de las muestras en estufa a 80°C durante 48 horas.

**Procesamiento estadístico.** Se aplicó independientemente para cada variedad. Los datos de las pruebas de establecimiento se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y las variables de fructificación y de biomasa a través de análisis de

varianza factorial para determinar la posible interacción o no entre los factores y niveles probados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Pruebas de establecimiento.** En ambas variedades de tomate los tratamientos acondicionadores y robustecedores incrementaron significativamente la emergencia final con relación al testigo (Fig. 1A). Existió una correspondencia casi exacta entre el porcentaje de emergencia final alcanzado en suelo y el porcentaje de germinación final obtenido en condiciones laboratorio con similares variedades de tomate y tratamientos pregerminativos (Orta *et al.*, 1998). Este resultado coincide con los reportados por otros autores (Heydecker y Coolbear, 1977; Szafirwska *et al.*, 1981; Khan *et al.*, 1983; Jett *et al.*, 1995), que han acelerado e incrementado la emergencia de diferentes cultivos en condiciones de campo, por medio de la hidratación parcial de las semillas previo a la siembra.

Las plántulas resultantes de las semillas robustecidas, en ambas variedades, mostraron mayor desarrollo vegetativo que las acondicionadas (Fig. 1B) y ambas mayor que los controles. Sánchez *et al.* (1999) también lograron incrementar el vigor de las plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) por medio de tratamientos de hidratación parcial de las semillas. Estos resultados evidencian que los tratamientos pregerminativos probados inducen cambios metabólicos y/o morfológicos que incrementan la capacidad de resistencia de las plantas a los factores adversos del medio; en este caso particular, la resistencia a las altas temperaturas y precipitaciones durante el mes de Agosto.

Por otra parte, las plántulas controles perecieron masivamente en todos los intentos de siembra realizados a lo largo del mes de Agosto. Sólo a principios de Septiembre lograron sobrevivir en las condiciones experimentales establecidas (semilleros a pleno sol y humedad constante). Durante todo el experimento las mediciones en los controles se hicieron con un desplazamiento de un mes con respecto al resto de los tratamientos, aunque en las figuras y las tablas aparezcan los valores cronológicamente relativizados. Debe tenerse en cuenta que se compara fisiológicamente plantas con historial agroecológico diferentes; las plantas controles deben considerarse más favorecidas por iniciar su ciclo de vida casi dentro del periodo óptimo para el establecimiento de este cultivo (Casanova, 1991).

**Pruebas de fructificación.** El día de inicio de la cosecha no dependió significativamente de la interacción de los efectos tratamientos pregerminativos y niveles de humedad. La precocidad estuvo determinada por el tratamiento previo de las semillas (Tabla 1). Las semillas sometidas a tratamientos robustecedores, para las dos variedades probadas, producen plantas significativamente más precoces que las plantas resultantes de semillas acondicionadas o semillas no tratadas (Tabla 2). Dentro de cada variedad se evidenció un cierto gradiente decreciente de precocidad entre plantas robustecidas, acondicionadas y controles, que se corresponde con similar comportamiento detectado para el crecimiento vegetativo (Fig. 1B) desde la fase de semillero. Puede concluirse que los tratamientos

ensayados aceleran la ontogénesis de este cultivo.

La masa promedio de los frutos resultó ser independiente de la interacción de los factores y del efecto principal tratamientos pregerminativo (Tabla 1). Depende sólo del contenido de humedad del sustrato para las dos variedades probadas. Esta variable decrece significativamente bajo condiciones de estrés hídrico sostenido, humedad mínima (Tabla 2). A niveles de humedad medio o alto la masa promedio de los frutos se altera muy poco, aunque los valores tienden a ser superiores cuando el nivel de humedad del sustrato es medio.

El rendimiento, como característica agronómica, resulta la más interesante de las variables analizadas hasta el momento; esta variable dependió significativamente de la interacción de los tratamientos (Tabla 1). Bajo condiciones de exceso de humedad, los rendimientos de ambas variedades se deprimen de forma apreciable independientemente del tratamiento pregerminativo aplicado a las semillas (Tabla 2), aunque bajo estas condiciones de siembra los mejores resultados en la variedad HC-78-80 se obtienen con el tratamiento robustecedor y en la variedad L-10-3 con el acondicionamiento de las semillas. Ocurrió algo similar cuando las condiciones hídricas del sustrato resultan deficitarias.

Sin embargo, cuando la humedad del sustrato fue óptima (nivel medio), se observaron incrementos sustanciales de los rendimientos en las plantas tratadas con respecto a los controles en ambas variedades. Al cierre del periodo de cosecha para este experimento (Diciembre de 1995), las plantas acondicionadas mostraron rendimientos mayores que las robustecidas; no diferentemente significativas para la variedad HC-78-80, pero sí significativamente diferentes en la variedad L-10-3.

En general, los beneficios obtenidos en este parámetro pueden considerarse muy satisfactorios si tenemos en cuenta que el experimento se lleva a cabo en la época de siembra temprana de este cultivo en Cuba (Casanova, 1991) y que el mismo se desarrolló sin aplicación de fertilizantes químicos ni plaguicidas. Además, nuestros resultados coinciden con los señalados por diferentes autores, quienes han planteado que el cultivo del tomate se adapta y produce satisfactoriamente con régimen de humedad relativamente bajo (Dell'Amico *et al.*, 1991; Morales *et al.*, 1991).

La biomasa neta total, la biomasa relativa de frutos y la biomasa relativa de estructuras vegetativas siguieron un comportamiento muy similar al rendimiento (Tabla 1 y 2); es decir, dependieron significativamente de la interacción de los factores probados. En ambas variedades se observó una tendencia al incremento de la producción de la biomasa neta total con los tratamientos acondicionadores y robustecedores; este efecto, en general, fue mayor cuando la humedad del sustrato es mínima. Al parecer, los tratamientos pregerminativos ensayados inducen una mayor producción de biomasa neta como mecanismo de defensa ante el ambiente desfavorable.

Por otro lado, los tratamientos pregerminativos ensayados inducen una "estrategia" reproductiva o biomasa relativa de frutos muy diferente entre las plantas bajo condiciones diferentes de humedad del medio (Tabla 2) que permite asignar mayores recursos energéticos a la producción de frutos que a la producción relativa de estructuras vegetativas, en contraposición a las plantas procedentes de semillas no tratadas que bajo estas condiciones asignan mayor cantidad relativa de energía a la producción de estructuras vegetativas en detrimento a las reproductivas. Bajo estrés hídrico, por exceso o por defecto, la "estrategia" reproductiva no difiere entre tratamientos para ambas variedades, aunque en HC-78-80 esta variable tiende a incrementarse en las plantas resultantes de los tratamientos robustecedores.

En general puede concluirse que, los tratamientos acondicionadores y robustecedores permiten la expresión de "estrategias" reproductivas alternativas para la sobrevivencia o la máxima producción de estructuras reproductivas, en dependencia de que la humedad del sustrato sea un factor estresante o no; habilidad que no poseen las plantas resultantes de semillas no tratadas.

## CONCLUSIONES

La ecotecnología de hidratación-deshidratación aplicada a semillas de tomate permitió la siembra temprana del cultivo debido a que estimula las siguientes características:

- ◆ Incrementa la emergencia de las plántulas en los semilleros.
- ◆ Acelera el crecimiento vegetativo de las plántulas y la capacidad de resistencia de las mismas a las altas temperaturas y precipitaciones del verano.
- ◆ Acelera el inicio de la cosecha (entre 15-25 días) con respecto a las plantas controles.
- ◆ Permite la expresión de "estrategias" reproductivas alternativas para la máxima producción de frutos bajo condición de humedad óptima del sustrato y por esa vía incrementa los rendimientos.

## RECOMENDACIONES

- ◆ Realizar experimentos similares con este cultivo en periodo óptimo y tardío, tanto en condiciones controladas, como en campo.
- ◆ Adaptar a otros cultivos la tecnología desarrollada para la aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas como vía para incrementar los rendimientos y la capacidad de resistencia de los cultivos a condiciones ecológicas adversas.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a los compañeros Eglis Pérez, Adela Cárdenas y Avelino G. Suárez por el apoyo material y científico brindado, que fue de gran utilidad en la realización del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Bewley, J. D., y M. Black. 1994. *Seed: physiology of development and germination*. 2 ed. Plenum Press, New York. 375 pp.
- Casanova, A. S. 1991. El manejo del cultivo en tomate. En: *Seminario FAO sobre producción, manejo post-cosecha, procesamiento y mercado de cultivos hortícolas selectos (ajo, cebolla y tomate)*, La Habana, FAO, 19-22 pp.
- Dell'Amico, J., E. Jerez, y D. Morales. 1991. Efecto de diferentes normas de riego sobre el cultivo. *Cultivos Tropicales*. 12 (2): 33-38.
- Dominí, M., M. A. E. Pino, y M. Bertoli. 1993. Nuevas variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) para la época no óptima. *Cultivos Tropicales*, 14: 94-97.
- 1994. Comportamiento de variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) para siembras de primavera. *Cultivos Tropicales*, 15: 57-59.
- Gómez, O., y H. Laterrot. 1997. La lucha genética como parte de la lucha integrada en el concepto de sostenibilidad. En: *III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica* (Universidad Central de las Villas) *Resúmenes*, Cuba. pp. 45-49.
- Guenkov, G. 1974. *Fundamentos de la horticultura cubana*. Editorial Organismos, La Habana, Cuba, 355pp.
- Henckel, P. A. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y la sequía. [En ruso]. *Nauka*, Moscú, 280 p.
- Heydecker, W., y P. Coolbear. 1977. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. *Seed Sci. Technol.* 5: 353-425.
- Jett, L. W., G. E. Welbaum, C. R. O'Dell, y R. D. Morse. 1995. Does primed seed improve stand establishment and yield of broccoli. *Hort Technology*. 5: 314-317.
- Khan, A. A., N. H. Peck, A. G. Talor, y C. Samimy. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agron. J.*, 75: 788-794.
- Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 14: 131-181.
- Lawlor, D. W. 1970. Absorption of polyethylene glycol by plants and their effects on plant growth. *New Phytologist*, 69: 501-513.
- May, L. H., E. J. Milthorpe, y F. L. Milthorpe. 1962. Pre-sowing hardening of plant to drought. An appraisal of the contributions of P.A. Henckel. *Field Crop Adstr.*, 15: 93-98.
- Morales, D., E. Jerez, y J. Dell'Amico, 1991. Comportamiento de algunos indicadores fisiológicos del estado hídrico de las plantas en diferentes condiciones de cultivo. *Cultivos Tropicales*. 12(3): 31-38.
- Muñoz, L., y J. Sardiñas. 1989. Mejoramiento y producción del pepino para diferentes épocas. *Reporte de Investigación de Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical*, 19 p.
- Obroucheva, N. V., y O. V. Antipova. 1985. The level of seed hydration that controls the events preceding cell elongation in germination beans. *Soviet Plant Physiol.* 32: 932-941.
- 1989. Seed hydration as a trigger of cell elongation in bean hypocotyl and radicle. En: B. C. Loughuan, O. Gaspacikova, y J. Kolek (eds.) *Structural and functional aspects of transport in roots*. 41-44 pp. Klumer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Orta, R., J. A. Sánchez, B. Muñoz, y E. Calvo. 1998. Modelo de hidratación parcial en agua para tratamientos revigorizadores, acondicionadores y robustecedores de semillas. *Acta Botánica Cubana*. 121: 1-8.
- Sánchez, J. A., E. Calvo, B. Muñoz y R. Orta. 1999. Efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la germinación, establecimiento, floración y fructificación del pepino. *Agronomía Costarricense*, 23(2):193-204.
- Szafrifowska, A., A. A. Khan, y N. H. Peck. 1981. Osmoconditioning of carrot to improve seedling establishment and yield in cold soil. *Agron. J.*, 73: 845-848.

Tabla 1. Resultados del ANOVA factorial para las variables de fructificación y de biomasa en diferentes variedades de tomate. Símbolo: \*\*\*P ≤ 0.001; \*\*P ≤ 0.01; \*P ≤ 0.05; n.s., no significativo.

Variable dependiente	Fuentes de variación (F)		
	Tratamiento pregerminativo (A)	Nivel humedad (B)	Interacción (AxB)
<b>HC-78-80</b>			
Día de inicio cosecha	6.78 ***	1.39 n.s	1.10 n.s.
Masa del fruto	0.28 n.s.	6.28 **	1.59 n.s.
Rendimiento	4.12 **	12.20 ***	2.81 **
Biomasa neta total	9.25 **	4.53 **	2.31 *
Biomasa relativa fruto	4.51 **	13.30 ***	3.40 *
Biomasa relativa vegetativa	8.30 **	3.28 **	3.73 *
<b>L-10-3</b>			
Día de inicio cosecha	8.31 **	6.00 **	0.13 n.s.
Masa del fruto	1.30 n.s.	39.40 ***	1.58 n.s.
Rendimiento	16.41 ***	19.72 ***	2.96 *
Biomasa neta total	26.92 ***	3.55 *	2.76 *
Biomasa relativa vegetativa	3.62 **	50.90 ***	4.35 **
Biomasa relativa fruto	23.10 ***	6.30 **	3.72 **

Tabla 2. Variable de fructificación y de biomasa en plantas de tomate, según las variedades, niveles de humedad del sustrato y los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. Tratamientos: C (control); A (acondicionamiento) y R (robustecimiento).

Tratamientos	Día de inicio cosecha	Masa del fruto	Rendimiento	Biomasa Neta total	Biomasa relativa fruto	Biomasa relativa vegetativa
<b>HC-78-80</b>						
Humedad máxima						
C	153	30.7	47.9 c*	13.0 c	10.6 c	89.3 a
A	145	29.5	69.1 c	20.8 bc	12.0 c	87.9 ab
R	139	36.2	81.3 c	24.4 bc	18.4 c	81.6 b
Humedad media						
C	152	32.8	102.3 c	13.5 c	16.7 c	83.2 a
A	145	41.5	317.3 a	34.6 ab	53.2 a	46.6 c
R	131	40.5	264.8 ab	33.7 ab	40.2 ab	59.6 c
Humedad mínima						
C	150	15.4	79.7 c	21.1 bc	13.1 c	86.8 ab
A	155	22.7	43.2 c	27.7 bc	7.6 c	92.3 a
R	130	25.4	174.8 bc	46.4 a	23.9 bc	76.0 b
EE (±)	3.10	2.87	29.1	3.59	5.08	5.10
<b>L-10-3</b>						
Humedad máxima						
C	158	28.9	25.6 d	19.9 c	3.0 d	96.9 a
A	148	29.2	90.7 cd	40.0 ab	10.6 cd	89.3 ab
R	145	32.7	27.9 d	26.1 c	4.86 d	95.1 a
Humedad media						
C	146	28.9	71.4 d	8.7 d	34.9 b	65.0 c
A	140	39.2	359.2 a	41.6 ab	50.6 a	49.3 d
R	135	32.7	237.4 b	28.0 bc	54.8 a	45.1 d
Humedad mínima						
C	151	10.4	50.7 d	10.3 dc	23.4 bc	76.5 c
A	148	12.0	182.2 bc	49.0 a	18.9 cd	81.0 bc
R	142	19.5	80.9 cd	49.8 a	13.5 cd	86.4 b
EE (±)	6.43	2.87	37.5	5.20	6.34	6.01

\* Medias con letras diferentes, en la misma columna, difieren significativamente a  $P \leq 0.05$  mediante una prueba de Duncan.

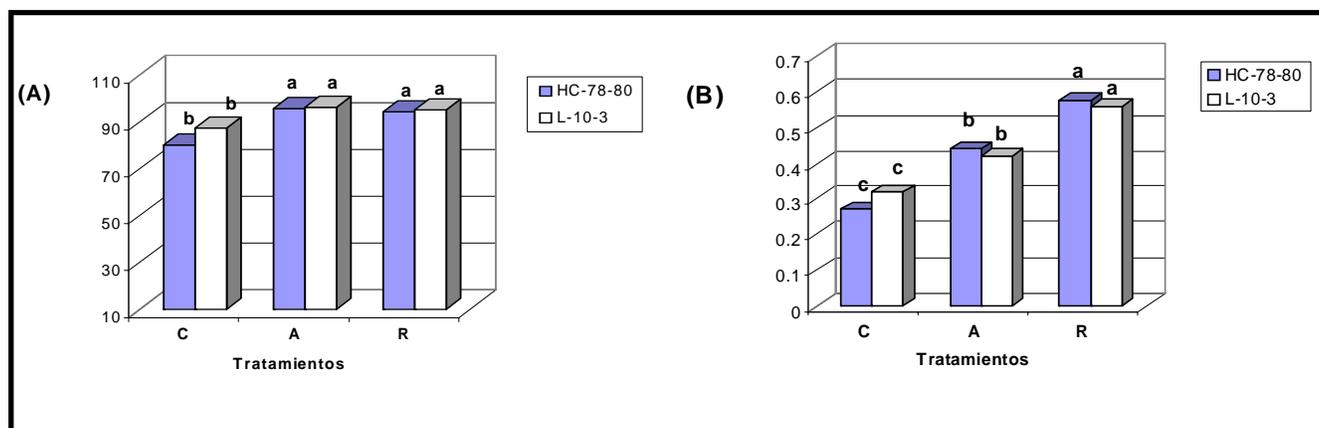


Fig.1. Efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre porcentaje de emergencia final (A) y la masa seca de las plántulas (g) (B). Tratamientos: C (control); A (acondicionamiento) y R (robustecimiento). Medias con letras diferentes, difieren significativamente a  $P \leq 0.05$  mediante la prueba de Duncan.