

**EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EDÁFICO EN EMERGENCIA Y  
DESARROLLO DE PLÁNTULA EN LAS ESPECIES DE CHILE *Capsicum  
frutescens* L. Y *Capsicum annuum* L.**

[SOIL WATER STRESS EFFECT DURING EMERGENCE AND SEEDLING  
STAGE IN *Capsicum frutescens* L. and *Capsicum annuum* L.]

A. Nieto-Garibay<sup>1\*</sup>, E. Troyo-Diéguez<sup>1</sup>, J. L. García-Hernández<sup>1</sup>, B. Murillo-  
Amador<sup>1</sup>, F. Higinio Ruiz-Espinoza<sup>2</sup> and E. Pimienta-Barrios<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo 195, Playa  
Palo de Sta. Rita, Ap. Postal 128, La Paz BCS. México 23090.

E-mail: anieto04@cibnor.mx

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur.  
Km. 6 carr. al sur, La Paz BCS. México 23080.

<sup>3</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,  
Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México.

\*Corresponding author

**RESUMEN**

Se estudió la emergencia y el desarrollo de plántulas en una especie semidomesticada de chile (*C. frutescens*) como cultivo familiar y de pequeña escala con características de tolerancia a bajos déficit hídricos, el cual fue comparado con una variedad comercial cultivada de chile (*C. annuum*), una de las más cultivadas en la región noroeste de México. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial donde los factores fueron las dos especies de chile expuestas a cinco tratamientos de déficit hídrico. Los resultados muestran una menor tasa de emergencia y menor porcentaje total a la especie semidomesticada y una diferencia de siete días para emerger con respecto a la especie comercial. Los tratamientos de déficit hídrico no afectaron el desarrollo de la especie de chile semidomesticada (*C. frutescens*), ya que no presentó efectos negativos en longitud de raíz, longitud del tallo y producción de biomasa seca por planta. En contraste, para *C. annuum* el tratamiento más severo de estrés hídrico (-3.2 MPa) disminuyó significativamente su tamaño y también redujo la producción de biomasa, por lo que la especie comercial domesticada mostró mayor vulnerabilidad al déficit hídrico. *C. frutescens* presentó una emergencia más lenta comparada a la especie cultivada (*C. annuum*), lo cual puede implicar un mecanismo de retraso inherente a la condición de semidomesticación y a los ciclos naturales de sequía a los que comúnmente está expuesta. Los tratamientos de déficit hídrico no afectaron de manera negativa su crecimiento, incluyendo la condición extrema de frecuencia de riego cada 26 días, equivalente a una tensión hídrica de -3.2 MPa. Lo anterior indica para *C. frutescens* una menor susceptibilidad a la escasez de agua que *C. annuum*, lo cual se traduce en bajos

requerimientos de la misma, por lo que representa una alternativa de cultivo en regiones áridas y semiáridas como Baja California Sur, donde el déficit hídrico en el entorno edáfico es una condición característica de los ecosistemas.

**Palabras clave:** *Capsicum frutescens*; especie semidomesticada; *C. annuum*; estrés hídrico.

**SUMMARY**

The emergence and seedling development of a semi-domesticated hot pepper cultivar (*C. frutescens*), as a family-plot cultivated crop with attributes of water deficit tolerance adapted to the environmental conditions of arid zones, was studied and compared with a commercial variety of green pepper (*C. annuum*), one of the most cultivated crops in northern Mexico. An experimental design was carried out with both pepper species, under five treatments of water deficit. Results show a lower rate of emergence, a lower emergence percentage, and also a difference of 7 days to emerge for the semi-domesticated species as compared to the commercial species. Water deficit did not evidence effects on the development of the semi-domesticated hot pepper; its root length, height, and dry biomass production per plant were not influenced by the water deficit treatments. On the contrary, the commercial species *C. annuum* evidenced a reduction in height and dry biomass production under the most stressing treatment of water deficit, showing a higher vulnerability to water deficit. *C. frutescens* shows a slower emergence rate than *C. annuum*, the cultivated species, which implies an adaptation mechanism inherent to its semidomesticated condition to natural drought cycles, to which is commonly exposed. Water deficit treatments did not affected its growth, even

under the extreme irrigation condition of 26 days without irrigation, equivalent to a water tension of -3.2 MPa. Results show a lower sensibility of *C. frutescens* to water scarcity, which suggests low water requirements for this species, representing in consequence a feasible option for arid and semiarid

## INTRODUCCIÓN

El estrés hídrico en las zonas áridas y semiáridas es uno de los principales factores del ambiente que afecta a las plantas durante los diferentes estadios de su crecimiento y desarrollo (Fischer y Turner, 1975). Las estrategias que las plantas utilizan para enfrentar la falta de agua pueden ser de tipo bioquímico, fisiológico y morfológico-mecánico (Turner y Jones, 1980; Lambers *et al.* 1998). Uno de los factores involucrados en su supervivencia es la información genética contenida en la misma planta (Hawkesford, 2001).

Las plantas silvestres o expuestas a un proceso de domesticación empírico por los habitantes de las comunidades rurales, que se encuentran en la fase inicial del proceso de domesticación (semi-domesticación), se han adaptado a regiones donde la escasez de agua es uno de los principales factores que limitan la productividad. Constituyen una reserva de genes que puede contribuir al mejoramiento de especies domesticadas que se cultivan en ambientes áridos y semiáridos y a reducir su vulnerabilidad a los tipos de estrés que prevalecen en ambientes secos (Hernández-Verdugo *et al.* 2001; Portis *et al.* 2004). La capacidad de adaptación a ambientes extremos, particularmente a la sequía, ha sido ampliamente estudiada en Chile (*Capsicum spp*) (Santos-Díaz y Ochoa-Alejo, 1994; Chartzoulakis y Klapaki, 2000).

En Baja California Sur existe una especie de Chile, *C. frutescens*, cuyas variedades comerciales son 'Tabasco' y 'Cayene', a las cuales localmente se les conoce como Chile 'Chiltepín' o 'Caribeño'. Dicha especie ha sido manejada como cultivo en huerto familiar, sin explotarse como cultivo extensivo, pero que es producida de manera similar como sucede con otras especies de *Capsicum* en Baja California Sur, y bajo condiciones de precipitación pluvial escasa, la cual oscila entre 100 y 200 mm de lluvia con una evapotranspiración media anual de 2000 mm y temperaturas de 35 a 40°C durante el verano y aun a fines de primavera (Murillo *et al.* 2001; Nieto-Garibay *et al.* 2002).

Estudios previos reportan que *C. frutescens* es una especie que presenta tolerancia a la sequía (Nieto-Garibay *et al.* 2001). Sin embargo, estudios dirigidos a etapas críticas de su desarrollo como es la emergencia,

regions, where water deficit in soils is a typical condition of dominant ecosystems.

**Key words:** *Capsicum frutescens*; semi-domesticated species; *C. annuum*; water stress.

no ha sido evaluada, por lo anterior y con el fin de ampliar el conocimiento si la tolerancia a la sequía que presenta esta variedad semidomesticada es expresada en estadios tempranos (sensibles) de su desarrollo, el objetivo del presente estudio fue conocer el potencial de emergencia de plantas del cultivar semidomesticado *C. frutescens* comparado con el comercial *C. annuum* bajo diferentes intervalos de riego, exponiéndolas a un gradiente de déficit hídrico durante las primeras etapas de su desarrollo, con el fin de probar la hipótesis de que la variedad *C. frutescens* presenta una mayor tolerancia al estrés hídrico en los estadios iniciales de su desarrollo que la variedad comercial (*C. annuum*), debido a que su reservorio genético tiene mayor capacidad de adaptación a la sequía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del CIBNOR que se localiza en la porción meridional semiárida-subtropical de la Península de Baja California, en las coordenadas 24°08' latitud Norte y 110°24' longitud Oeste, a 17 Km. al oeste de la Cd. de La Paz, en el extremo sur occidental de la Bahía de La Paz B.C.S., México. Las semillas de *C. frutescens* empleadas en el experimento se obtuvieron de plantas establecidas en parcelas experimentales del CIBNOR. Estas plantas fueron obtenidas de plantas-progenitoras colectadas en huertos traspatio de casas en la población de El Centenario, Baja California Sur, a 4 km. al sur del CIBNOR y son el resultados de resiembras realizadas a lo largo de 10 años. En el caso de *C. annuum* se utilizaron semillas comerciales de Chile tipo California variedad Joe Parker ('FAX', lote MVF-CT-02, con 85% de germinación), la cual es ampliamente cultivada como hortaliza importante en el noroeste de México. Las semillas de ambas especies de Chile se sembraron en placas de germinación de plástico negras de 50 cavidades. Se utilizó un sustrato orgánico comercial inerte (Sunshine 3 mix) previamente saturado con agua corriente (pH, 7.4) para la siembra de las semillas. Las placas germinadoras se mantuvieron en cámara de crecimiento con fotoperiodo de luz/oscuridad de 12h/12h, con una temperatura promedio de 29 °C y temperaturas máximas de 30 °C y mínimas de 24 °C y humedad relativa promedio de 56%. Los tratamientos de déficit hídrico se establecieron mediante cinco intervalos de riego con base a días de riego: (a) riego cada 3 días (control), (b) 8 días, (c) 12 días, (d) 18 días y (e) 26

días. El estado energético a los que se llevó el agua fue de -0.40, -0.90 -1.30, -1.90, -3.20 MPa respectivamente. Las mediciones de estos potenciales de agua en el suelo se realizaron con un potenciómetro Aqualab Water Activity Meter WP4 View Point Potentiometer (Decagon, Devices Inc.). Se emplearon 10 semillas por repetición y se establecieron 4 repeticiones por tratamiento, mismos que se distribuyeron como un diseño completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores fueron las dos especies de Chile. Una vez establecido el experimento se registraron las siguientes variables: 1) tasa de emergencia, la cual se registró con el conteo diario de plántulas emergidas de acuerdo a la ecuación propuesta por Maguire (1962)  $M = n_1/t_1 \dots n_{10}/t_{10}$  donde  $n_1, n_2, \dots, n_{10}$  son el número de semillas germinadas al  $t_1, t_2, \dots, t_{10}$  (en días); una planta se consideró emergida cuando era visible a simple vista 2) cálculo de la emergencia como el porcentaje absoluto, considerando el total de número de semillas incluidas desde el inicio del experimento en cada tratamiento; 3) longitud de tallo y raíz; 4) pesos fresco y seco de tallo y raíz, para lo cual se colectaron muestras de las plántulas emergidas al finalizar el conteo de plántulas emergidas para ser secadas en un horno de flujo laminar a 70°C, hasta que estas no mostraron cambios en su peso en una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Los datos mencionados como parte aérea en las figuras corresponden al peso de tallo y hojas. Los datos de emergencia fueron transformados empleando los ajustes numéricos correspondientes, mediante la conversión a  $\text{arc sen}(\sqrt{\% \text{ emergencia}} \wedge 0.5)$ , según el método propuesto por Steel y Torrie (1985). Se aplicaron ANDEVA bifactorial con la finalidad de detectar las diferencias entre las medias de los tratamientos de déficit hídrico y especies de Chile. Posteriormente a la prueba de relación de varianzas de Fisher se realizó la comparación de medias LSD ( $P < 0.05$ ) para determinar las diferencias estadísticas entre grupos (Steel y Torrie, 1985); se utilizó el programa STATISTICA ver 6.0, con licencia institucional.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La velocidad de emergencia de las semillas según datos de la tasa de emergencia obtenida, fue cuatro veces mayor para la especie cultivada (Figura 1a). La emergencia acumulada mostró un mayor tiempo (siete días) para *C. frutescens* que para *C. annuum*, iniciando su emergencia a los 14 días después de la fecha de siembra, logrando el valor mayor de emergencia a los 29 días (Figura 2a-e). En *C. annuum* se registró la emergencia a los cinco días y alcanzó su máximo valor a los siete días (Figura 2a-e). Los resultados del porcentaje de emergencia y emergencia acumulada mostraron valores mayores para *C. annuum* con respecto a la especie semidomesticada independientemente del estrés hídrico. La especie *C.*

*frutescens*, no presentó la condición de latencia a la oscuridad, respuesta característica de especies silvestres (Hernández-Verdugo *et al.* 2001, 1998), pero si mostraron baja tasa de emergencia y también bajos porcentajes de emergencia (30%) (Figura 1b), desempeño que es común en especies que se encuentran en un grado intermedio de domesticación (semidomesticación). Esta condición se debe al manejo rústico que se realiza en algunas especies vegetales a pequeña escala (Heywood, 1999) y que se esperaría afectara en cierto grado la expresión del mecanismo de latencia, como parte del proceso de evolución bajo domesticación (Harlan, 1983; Ladizinsky, 1985).

El crecimiento de *C. frutescens* no se mostró afectado por el estrés hídrico inducido por los tratamientos reflejándose en la longitud de la parte aérea y raíz de la planta (Figura 3 a,b). Lo anterior obedece a que las condiciones de aridez en las que se desarrolla *C. frutescens* desde el inicio de su manejo en ambiente de huerto traspatio han conducido a que esta especie tenga menor requerimiento hídrico durante su cultivo en comparación con especies de Chile cultivadas, como lo es el caso de *C. annuum*, lo cual se considera como un carácter de valor adaptativo (Olf *et al.* 1994; Meyer *et al.* 1995). En *C. annuum* el crecimiento pareció estimularse en los tratamientos con intervalos de riego de 8, 12 y 18 días, lo cual parece responder a un estado de latencia que se induce al presentarse bajos potenciales de agua en el suelo en donde una vez que se hidrata nuevamente se interrumpe dicho estado estimulando su crecimiento, hasta un umbral crítico de 26 días (tratamiento de estrés hídrico más severo), momento a partir del cual la plántula ya no crece (Whalley *et al.* 2001).

En cuanto al crecimiento entre especies, *C. annuum* mostró su condición de planta domesticada, lo cual se expresa a través de un mayor crecimiento que *C. frutescens*, característica que durante el proceso de domesticación se busca en las plantas por interés comercial. Los resultados obtenidos de la biomasa seca producida por planta tanto de la parte aérea de la planta como de la raíz para ambas especies confirmaron lo encontrado en las variables de crecimiento. La Figura 4a muestra claramente la relación existente entre la producción de biomasa seca y los tratamientos en *C. annuum* donde la biomasa se incrementa en los tratamientos de 8, 12 y 18 días para disminuir con el tratamiento más severo, mientras que para *C. frutescens* no se presenta una relación significativa. En el caso de la producción de biomasa seca de raíz, *C. frutescens* tiende a aumentar conforme el estrés hídrico mientras que *C. annuum* disminuye (Figura 4b). La especie cultivada presentó la mayor producción de biomasa en la parte aérea y raíz con respecto a *C. frutescens*.

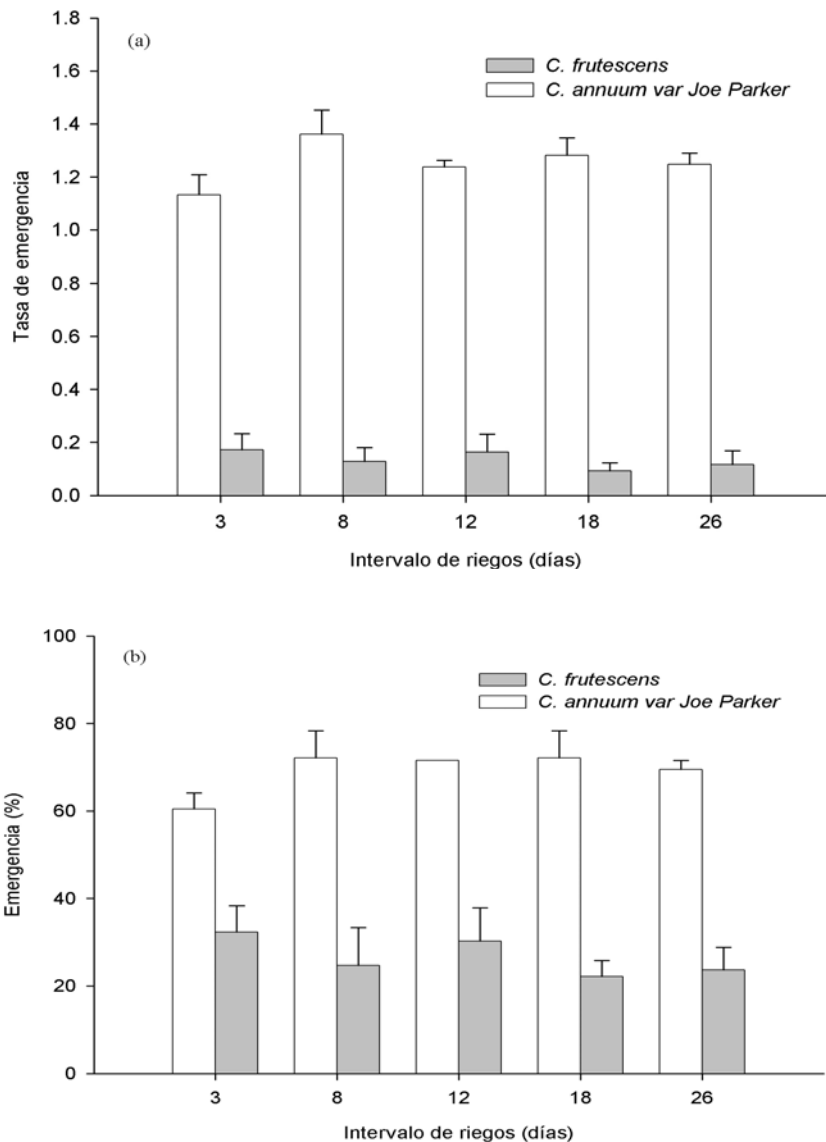


Figura 1. Tasa de emergencia (a) y porcentaje total de emergencia (b) de las especies de Chile *C. frutescens* y *C. annuum* bajo tratamientos de déficit hídrico y días de riego. Cada punto representa el promedio de 4 repeticiones (10 semillas por repetición)  $\pm$  error estándar.

Dentro de los indicadores de la resistencia a la sequía, las proporciones entre la longitud de la parte aérea de la planta con respecto a su raíz, así como la producción de biomasa de ambas partes de la planta son uno de los indicadores más utilizados (Murillo-Amador *et al.* 2001; Kramer, 1989; y Dhanda *et al.* 2004). Analizando dichas proporciones para ambas especies de Chile y el efecto de los tratamientos de estrés hídrico se encontró que *C. frutescens* presentó una mayor longitud de su raíz con respecto a su parte aérea independientemente del tratamiento de estrés hídrico, tendencia opuesta a la observada en *C. annuum*, la que

presentó un mayor desarrollo de su parte aérea con respecto a su raíz (Figura 3). Esta tendencia fue similar cuando se analizaron las proporciones de producción de biomasa seca por planta de raíz y parte aérea (Figura 4c). Resultados similares han sido obtenidos en trigo (Dhanda *et al.* 2004), cebolla (Whalley *et al.* 2001) y Chile (De Pascale *et al.* 2003), cuando estas especies se expusieron a estrés hídrico. El mayor desarrollo de la raíz con respecto a su parte aérea favorece que *C. frutescens* tenga una capacidad superior para explorar un mayor volumen del suelo para extraer los recursos minerales nutritivos y el

agua disponibles, además, aumenta la eficiencia de la planta en el uso del agua, debido a que incrementa la superficie de absorción de agua y disminuye la transpiración. Aunado a la respuesta anterior, los mecanismos bioquímicos y fisiológicos como el ajuste

osmótico pueden también contribuir a las estrategias que le permiten responder y adaptarse a las plantas a la sequía (Stephen y Siddique, 1994; Basnyake *et al.* 1996).

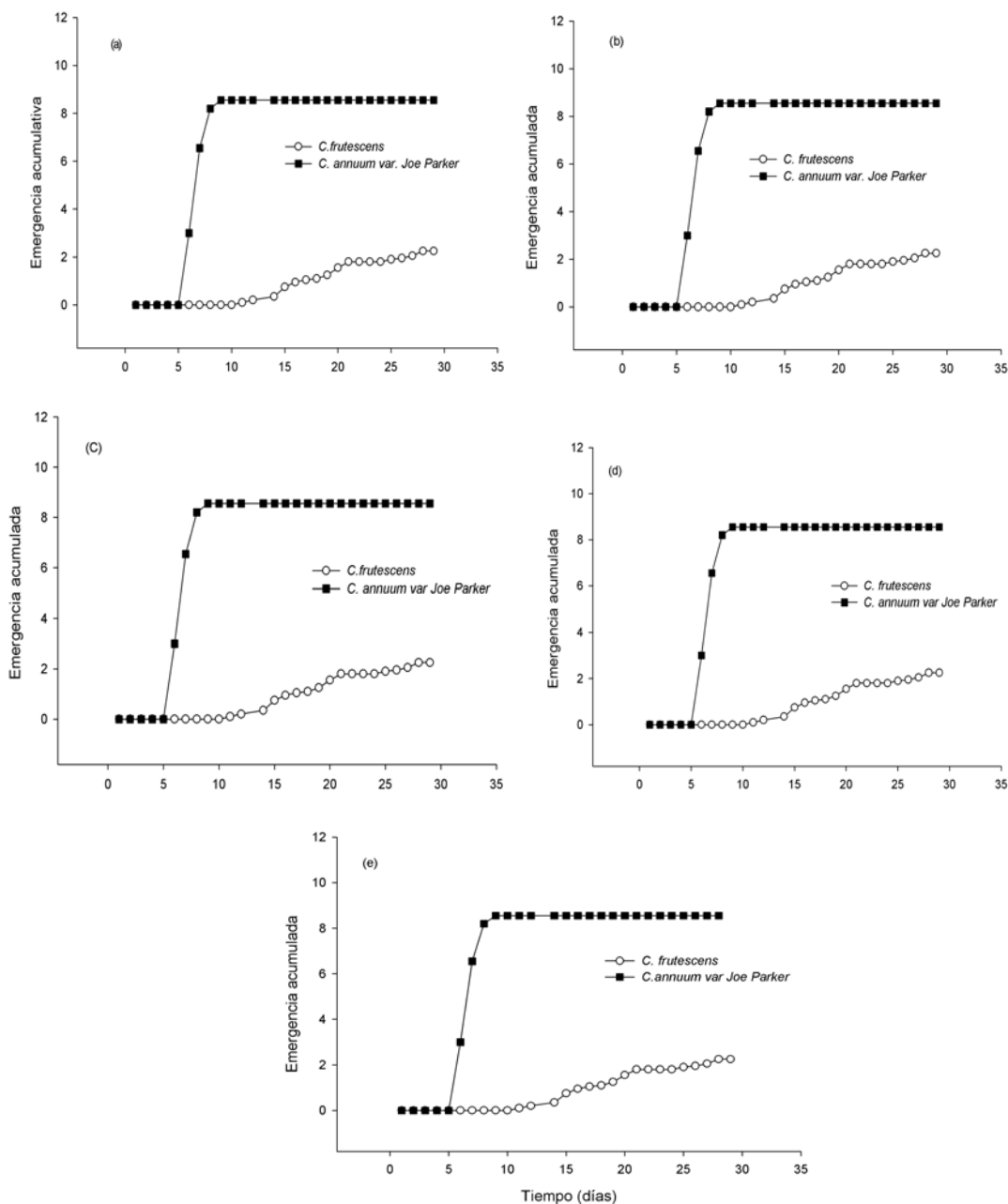


Figura 2. Emergencia acumulada de *C. annuum* y *C. frutescens* para tratamientos de déficit hídrico en intervalos de riego de 3 días (a), 8 días (b), 12 días (c), 18 días (d) y 26 días (e). Los puntos representan el promedio de 4 repeticiones (10 semillas por repetición) ± error estándar.

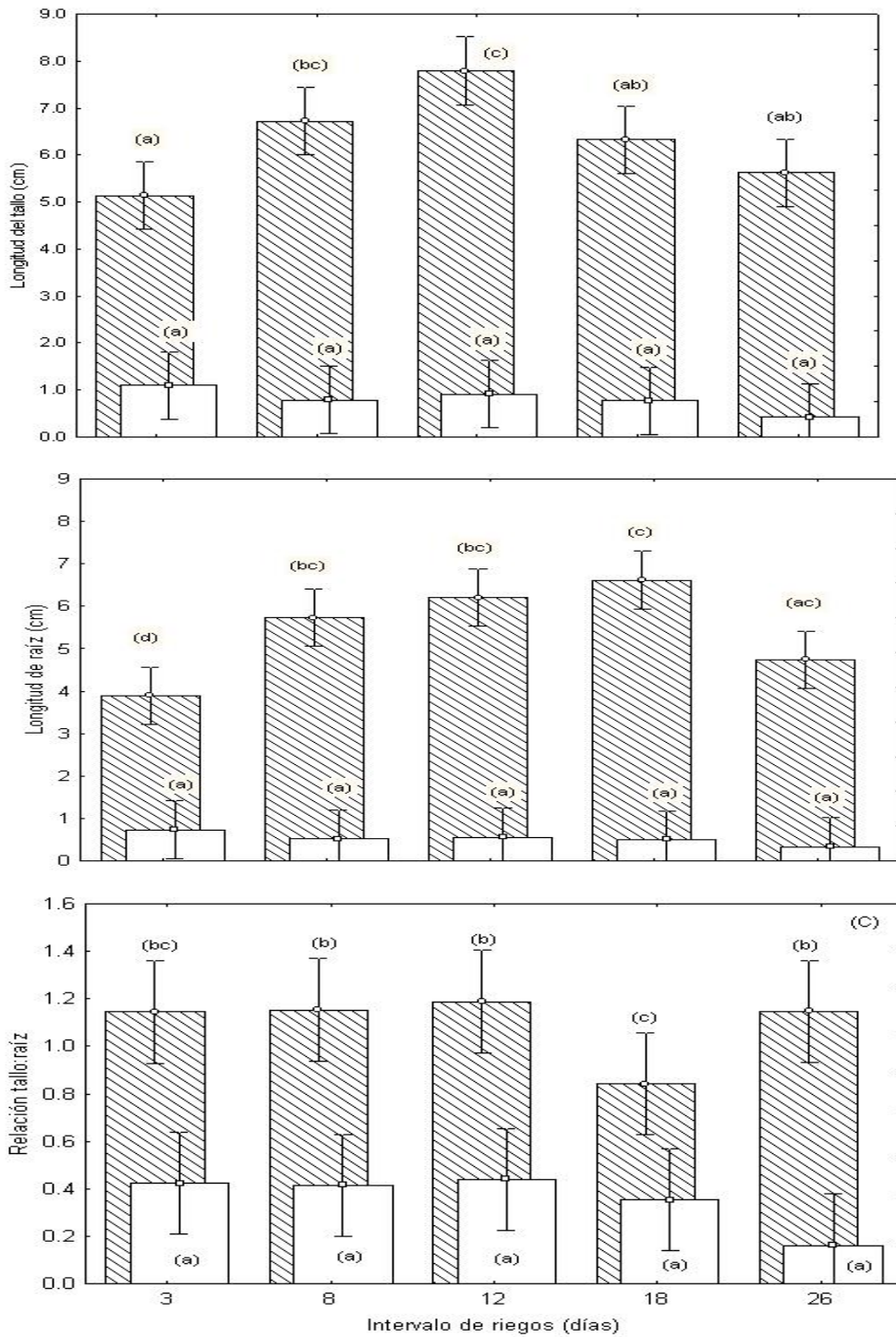


Figura 3. Resultados de la prueba para grupos homogéneos por tratamientos y especie de chile (Fisher LSD  $p=0.05$ ) de la longitud del tallo, longitud de raíz y la relación proporcional de ambas partes. Las mismas literales indican igualdad estadística. *C. frutescens* se indica con barras vacías y *C. annuum* con barras de líneas diagonales. Se presentan los promedios de 4 repeticiones (10 semillas por repetición)  $\pm$  error estándar.

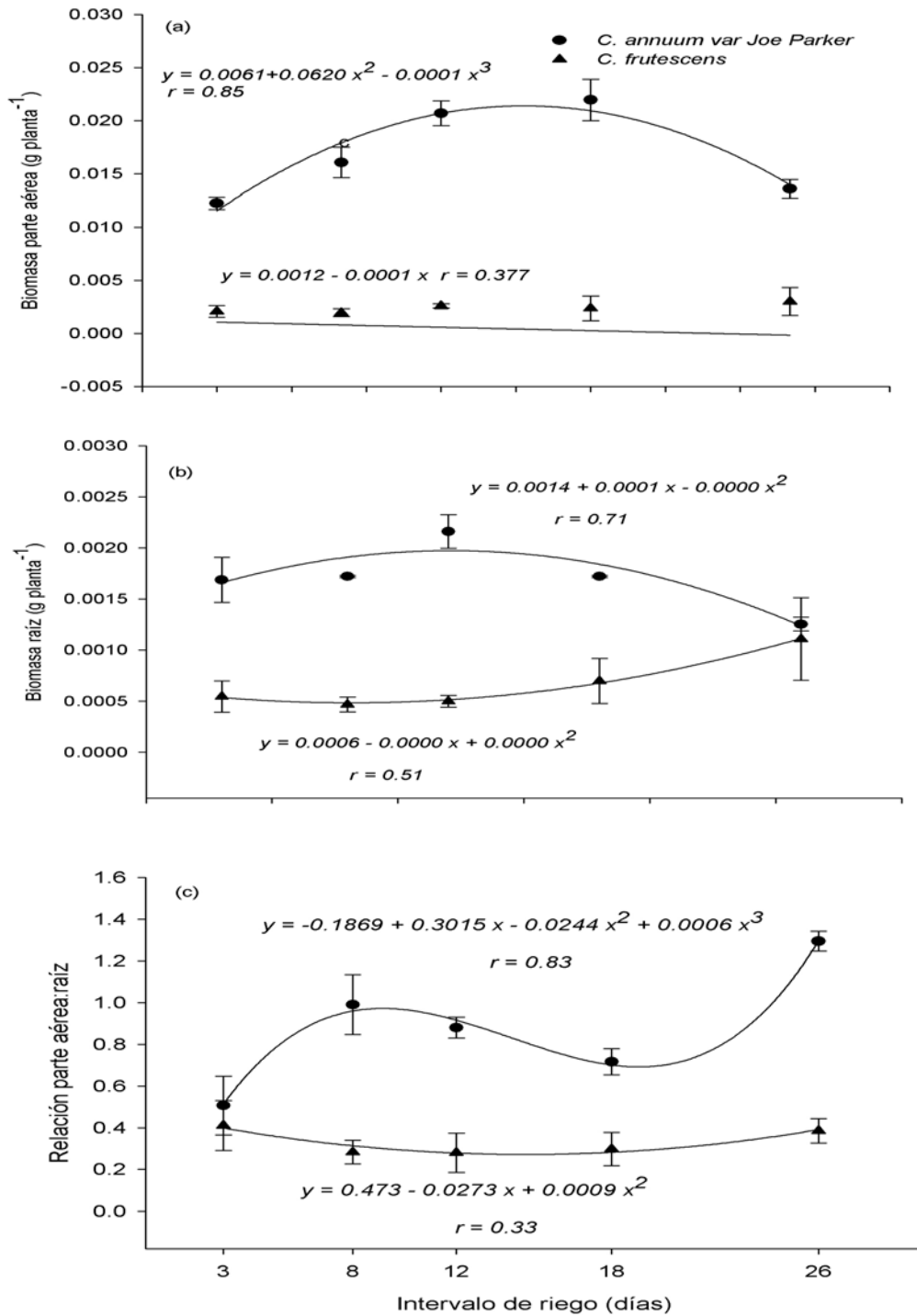


Figura 4. Relación entre tratamientos de déficit hídrico y la producción de biomasa seca por planta de la parte aérea, biomasa seca de la raíz por planta y la proporción de ambas partes. Se muestran los resultados de *C. annuum* -●- y *C. frutescens* -▲-. Los símbolos representan el promedio de 4 repeticiones (10 semillas por repetición) ± error estándar.

## CONCLUSIONES

La especie de chile semidomesticada *C. frutescens* se presenta como una especie bien adaptada a las condiciones características de regiones áridas por sus bajos requerimientos hídricos comparados a la especie cultivada, mismos que en el presente estudio se han comprobado por no presentar efectos negativos de crecimiento y producción de biomasa en estadios iniciales de desarrollo. *C. frutescens* presentó una emergencia más lenta comparada a la especie cultivada (*C. annuum*), lo cual puede implicar un mecanismo de retraso inherente a la condición de semidomesticación y a los ciclos naturales de sequía a los que comúnmente está expuesta. Aunque dicho retraso representa una desventaja para su cultivo extensivo, debe evaluarse para que se considere como un atributo que le confiera una ventaja adaptativa ante condiciones de humedad deficitaria, por lo que es necesario realizar estudios que profundicen en dichos mecanismos de tolerancia. Los tratamientos de déficit hídrico no afectaron de manera negativa su crecimiento, incluyendo la condición extrema de frecuencia de riego cada 26 días, equivalente a una condición de tensión hídrica de -3.2 MPa. Lo anterior indica para *C. frutescens* una menor susceptibilidad a la escasez de agua que se traduce en bajos requerimientos de la misma, por lo que representa una alternativa de cultivo en regiones áridas y semiáridas como Baja California Sur, donde el déficit hídrico en el entorno edáfico es una condición característica de los ecosistemas.

El presente estudio establece las bases para profundizar en investigaciones sobre los mecanismos fisiológicos y bioquímicos que la especie *C. frutescens* presenta bajo estrés hídrico en las etapas iniciales y durante el desarrollo vegetativo, por medio de las cuales se puedan entender dichos mecanismos de adaptación, que le permitan a la planta una amplia gama de respuestas, inherentes a la variabilidad genética de la especie, por su condición semidomesticada (Hernández-Verdugo *et al.* 1998).

## AGRADECIMIENTOS

A las Técnicas Carmen Mercado y Lidia Hiraes su colaboración y apoyo en el Laboratorio de Fisiotecnia del CIBNOR y a los Téc. Juan Vega, Pedro Luna y Amado Cota del Campo Experimental. Al CIBNOR y Fondo CONACYT-CONAFOR (P. 2004-CO4-3, clave 034-C) por el financiamiento otorgado.

## REFERENCIAS

Basnyake, J., Cooper, M. R., Henzell, G. and Ludlow, M.M. 1996. Influence of rate development of water deficit on the expression of maximum osmotic adjustment and desiccation tolerance

in three sorghum lines. *Field Crop Research*, 49:65-76.

Chartzoulakis, K. and Lapaki, G.K. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae* 86: 247-260.

De Pascale, Ruggiero., C., Barbieri, G. and Maggio, A. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *Journal of American Society of Horticulture Science*, 128:48-54.

Dhanda, S.S., Sethi, G.S. and Behl, R.K. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal Agronomy Crop Science*, 190:6-12.

Fischer, R.A., Turner, N.C. 1975. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review Plant Physiology*, 29: 277-317.

Harlan, J.R. 1983. Directing the accelerated evolution of crops plants, pp. 61-69. *In: Strategies of Plant Reproduction*. Meudt, J. (eds). Ed. BARC Symposium 6. Allandhel, Osmun Publishers. Granada.

Hawkesford, M.J. 2001. The molecular analysis on plant adaptation to the environment, pp. 1-15. *In: Molecular analysis of plant adaptations to the environment*. M.J. Hawkesford, P. Buchner (eds). Ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.

Hernández-Verdugo, S., Oyama, K. and Vázquez-Yáñez, C. 2001. Differentiation in seed germination among populations of *Capsicum annuum* along a latitudinal gradient in Mexico. *Plant Ecology*, 155: 245-257.

Hernández-Verdugo, S., Guevara-González, R. G., Rivera-Bustamante, R.F., Vázquez-Yáñez, C., and Oyama, K. 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum* spp) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 62: 171-181.

Heywood, V. 1999. Use and potential of wild plants in farm households. FAO. Italy

Kramer, J.P. 1983. Water relations of plants. Ed. Academic Press, Inc. 538 pp.

Ladinsky, G. 1985. Founder effect in crop-plant evolution. *Economic Botany*, 39:191-99.



- Lamberts H., Chapin III, F.S. and Pons, T.L. 1998. Plant physiological ecology. Ed. Springer. New York.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Maldonado, C., Pujado, E. and Squeo, F.A. 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*, 75:651-660.
- Meyer, S.E., Kitchen S.G. and Carlos, S.L. 1995. Seed germination timing patterns intermountain *Penstemon* (Schrophulariaceae). *American Journal of Botany*, 82:377-3889.
- Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., López-Cortes, A., Jones, H.G., Ayala-Chairez, F. and Tinoco-Ojaguren, C. 2001. Salt tolerance of cowpea genotypes in the emergence stage. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 81-88.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B. and Troyo-Diéguez, E. 2001. Evaluación de variables ecofisiológicas en plantas de ají (*Capsicum frutescens*) bajo tratamientos de composta y fertilizante químico. *PHYTON, International Journal of Experimental Botany*, 2001:25-34.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Larrinaga-Mayoral, J.A. and García-Hernández, J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*, 27: 417-421
- Olf, H., Pegtel, D. M., Van Groenendael, J. M. and Bbakker, J. P. 1994. Germination strategies during grassland succession. *Journal of Ecology*, 82:69-77.
- Portis, E., Acquadro, A., Comino, C. and Lanteri, S. 2004. Effect of farmers' seed selection on genetic variation of a landrace population of pepper (*Capsicum annuum* L.), grown in North-West Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51: 581-590.
- Santos-Díaz, M.S. and Ochoa-Alejo, N. 1994. PEG-tolerant cell clones of chili pepper: growth, osmotic potentials and solute accumulation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 37: 1-8.
- Smith, S.D., Monson, R.K. and Anderson, J.E. 1997. *Physiological Ecology of North American Desert Plants*. Ed. Springer-Verlag Heilderberg 286 p.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1985. *Bioestadística principios y procedimientos*. 2da. Ed. McGraw Hill. Bogota, Colombia. 622 pp.
- Stephen, P.L. and Siddique, K.H.M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Advances Agronomy*, 46:229-276.
- Turner, N.C. and Jones, M.M. 1980. Turgor Maintenance by Osmotic Adjustment: A Review and Evaluation. *In: Adaptation of plants to water and high temperature stress*. N.C. Turner & P.J. Kramer (eds) Australia.
- Whalley, W.R., Lipiec, J., Finch-Savage, W.E., Cope, R.E., Clark, L.J. and Rowse, H.R. 2001. Water stress can induce quiescence in newly-germinated onion (*Allium cepa* L.) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 52(358):1129-1133.

Submitted October 23, 2008 – Accepted February 12, 2009  
Revised received February 18, 2009