

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO-PRODUCTIVO Y CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (OMEGA 3) DE *Portulaca oleracea* Y *Montia perfoliata*

AGRONOMIC-PRODUCTIVE PERFORMANCE AND POLYUNSATURATED FATTY ACID CONTENT (OMEGA 3) OF *Portulaca oleracea* AND *Montia perfoliata*

Marcela Harris^{1*}, Néstor Pellegrino², María Silvia Giacomino², Angel Chiesa¹, Diana Frezza^{1*}

¹ Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

² Cátedra de Bromatología, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 954, (1113) Buenos Aires, Argentina

* Autor/es para correspondencia E-mail: mharris@agro.uba.ar y dfrezza@agro.uba.ar

RESUMEN

Durante los últimos tiempos, el conocimiento sobre la calidad nutricional de los alimentos ha ido profundizándose en función de los avances tecnológicos y de la investigación. Esto permitió la selección de algunos alimentos, priorizando las propiedades nutricionales de los mismos y a su vez, el mejoramiento de especies de consumo masivo, otorgando una mejor calidad nutricional. Es así que surge la alternativa de la incorporación de malezas comestibles en la dieta, buscando no sólo una mayor variedad de especies de consumo, sino también el aporte de propiedades que ayudan a la salud humana. El objetivo del trabajo fue analizar las fases fenológicas y el comportamiento agronómico-productivo de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata*, cultivadas en un sistema hidropónico, y cuantificar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3). Cada estadio fenológico se logró en un tiempo térmico (°Cd) menor en *Portulaca* con relación a *Montia* hasta la fructificación. El peso fresco se incrementó exponencialmente en ambas especies, mientras que la relación vástago/raíz aumentó en *Portulaca* a partir del día 63. Con relación a los ácidos grasos, *Portulaca* presentó mayor contenido de ácido alfa linolénico (ALA) en todas las partes de la planta. La mayor concentración se encontró en hojas, luego en inflorescencia, y la menor en tallos. El ácido eicosapentaenoico (EPA) también fue superior en *Portulaca*, sin diferencias entre partes de la planta. *Montia* presentó igual patrón de contenidos de ácidos grasos en la planta, aunque con niveles inferiores a los hallados en *Portulaca*.

Palabras clave: fenología, rendimiento, ácido alfa linolénico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosahexaenoico (DHA)

ABSTRACT

In recent years the deeper knowledge about the nutritional quality of food has been based on technological advances and research. This has allowed the selection of certain foods according to their nutritional properties, prioritizing them and in turn, improving mass consumption, providing a better nutritional quality. Therefore, incorporating edible weeds in the diet appears as an alternative by seeking not only a wider range of consumer species, but also beneficial contribution of properties for human health. The objective of this study were to analyze the phenological stages and agronomic-productive performance of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* grown in a hydroponic system, and to quantify their content of polyunsaturated fatty acids (Omega 3). Each phenological stage of *Portulaca* was achieved in less thermal time (°Cd) than *Montia* until fruit set. Fresh weight increased

exponentially in both species, while the shoot/root ratio increased in *Portulaca* from day 63. With regard to fatty acids, *Portulaca* had a higher content of alpha linolenic acid (ALA) in all plant parts tested. The highest concentration was found in leaves, followed by inflorescences, while the lowest concentration was observed in stems. Eicosapentaenoic acid (EPA) was also higher in *Portulaca* with no difference between plant parts. *Montia* presented the same pattern of fatty acid content in the plant but levels were lower than those found in *Portulaca*.

Key words: phenology, yield, alpha linolenic acid (ALA), eicosapentaenoic acid, (EPA) docosahexaenoic acid (DHA).

INTRODUCCIÓN

Los omega 3 son ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga que cumplen numerosas funciones en la salud humana como moduladores de procesos vinculados con el desarrollo del cerebro y la visión. Están también relacionados con reacciones asociadas a los procesos antiinflamatorios, anticarcinogénicos y antitrombóticos, entre otros (Simopoulos, 2001; 2006). Los principales ácidos omega 3 son el ácido alfa linoléico (ALA) y los de cadena larga, entre ellos, el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA).

Éstos ácidos grasos son esenciales, los humanos no los sintetizan por lo que deben ser incluidos en la dieta. Al ingerir un ácido graso omega 3, éste se incorpora a la membrana celular (principalmente de ojos y cerebro), cambiando de este modo su composición. Los metabolitos secundarios derivados de los omega 3 de cadena larga (EPA y DHA) son sintetizados a partir del ALA (Surette et al., 2008). Sin embargo, la transformación de ALA a ácidos de cadena larga es muy pobre en humanos (Rueda et al., 2011), por lo que es recomendable consumir fuentes que contengan EPA y DHA.

Las principales fuentes de omega 3 son los pescados azules (atún, salmón y trucha), semillas de chia, lino, nueces y hortalizas de hoja verde, como la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) (Liu et al., 2000; Simopoulos, 2001; Covington, 2004).

La verdolaga (*Portulaca oleracea*), de la familia *Portulacaceae*, es una planta anual primavera-estival de rápido crecimiento, considerada en Argentina una maleza de verano y una de las ocho plantas más comunes del mundo (Oliveira et al., 2009). Sin embargo, debido a sus cualidades medicinales y alimenticias, entre ellas un gran contenido de ácidos grasos omega 3 (Palaniswamy et al., 2004; Lim y Quah, 2007), se la denomina "panacea universal" (OMS, 2003). Se consumen principalmente las hojas, crudas o cocidas. Si bien existen trabajos que midieron el contenido de ácidos omega 3 en *Portulaca oleracea*, la mayoría lo hizo a partir de material silvestre. Asimismo, se conoce muy poco sobre los sistemas de producción, sustratos y sistemas de irrigación para su producción como cultivo comercial (Cros et al., 2007)

Dentro de la misma familia, se encuentra la verdolaga de invierno (*Claytonia perfoliata* Donn ex. Willd o *Montia perfoliata*), especie anual de crecimiento invierno-primaveral, de la que se cuenta con muy poca información científica. No se conocen parámetros de crecimiento de *M. perfoliata*, pero la bibliografía indica que se adapta a una amplia gama de sustratos y condiciones ambientales (Matthews, 1993), y podría ser otra fuente potencial de ácidos grasos omega 3 proveniente de vegetales.

El objetivo del trabajo fue describir las fases fenológicas y el comportamiento agronómico-productivo de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* cultivadas en un sistema hidropónico, y cuantificar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Semillas de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* (Tozer Seeds) fueron sembradas en bandejas multialvéolo en un invernadero tipo parabólico en Buenos Aires, Argentina (45° S, 58°31' O, 26 msnm). La siembra de *Montia* fue realizada en el mes de mayo y trasplantada a los 42 días (11 hojas verdaderas), mientras que *Portulaca* fue sembrada en octubre y trasplantada a los 20 días (8 hojas verdaderas). Ambas especies fueron producidas en un sistema de cultivo sin suelo con recirculación de la solución nutritiva, denominado técnica de flujo laminar o nutrient film technique (NFT) (Urrestarazu, 2004). Para *Portulaca* se utilizaron doce canales de 9 centímetros (cm) de ancho y 3 metros (m) de largo. La densidad de plantación fue de 25 plantas m⁻². *Montia*, por otro lado, se cultivó en siete canales de 6 cm de ancho y 4,5 m de largo. La densidad de plantación fue de 75 plantas m⁻². La composición de la solución nutritiva fue: macroelementos (miliequivalente L⁻¹) N: 10,8; P: 2; K: 6; Ca: 3; Mg: 2; S: 1; microelementos (mg L⁻¹) Fe: 1; Mn: 0,5; B: 0,5; Cu: 0,05; y Mo: 0,05.

Ciclo de cultivo

Durante el ciclo de cultivo de *Portulaca* y *Montia*, se describieron los estadios fenológicos (en días y tiempo térmico - °Cd). Se definió momento

de emergencia, floración y fructificación al observarse el 50% de las plantas en el estado correspondiente. Para el cálculo de tiempo térmico, se tomó como temperatura base de crecimiento 9,41°C para *Portulaca* y para *Montia*, se estimó una temperatura base de 4°C (Steinmaus et al., 1999). Se midió semanalmente en tres plantas: peso fresco, peso seco de planta entera y particionado: parte aérea y raíz (g). Se calculó la tasa de crecimiento absoluta (g d^{-1}) y relativa ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) de cultivo (en peso fresco y seco) y el rendimiento (t ha^{-1}). Para definir éste último, se pesaron individualmente las plantas remanentes luego de realizar las demás determinaciones del ensayo y se expresó el peso por unidad de superficie.

Durante el ciclo de cultivo se midió la conductividad eléctrica (dS m^{-1}) y pH de la solución nutritiva, para controlar que se mantuvieran dentro de los valores óptimos.

Cosecha y preparación del material

Para las mediciones de parámetros de crecimiento y desarrollo, se cosecharon semanalmente tres plantas, hasta la finalización del ciclo de cultivo. Para la determinación de ácido alfa linoléico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), por otro lado, luego de la floración se cosecharon plantas completas, separando en hojas, tallos (pecíolos en caso de *Montia*) e inflorescencias, y se acondicionaron en bolsas de papel (tres repeticiones por tratamiento). Las muestras fueron liofilizadas con liofilizador (LABCONCO, modelo FreeZone 6 liter - Freeze Dry System - model 77530 con capacidad para seis litros). Se congelaron a -40°C y se colocaron en cámara de liofilización a la misma temperatura. Posteriormente, se aplicó vacío hasta llegar a 300×10^{-3} milibares (mbar). Luego, se aumentó lentamente la temperatura de la cámara hasta -30°C. En el momento que se equilibró la temperatura interna de la muestra (para conocerlo se colocó una termocupla dentro de una fracción de la misma), se aumentó la temperatura de la cámara de liofilización a -20°C, hasta nuevo equilibrio. Se repitió el proceso hasta -10°C y alcanzado nuevamente el nuevo equilibrio, se llevó la muestra a 0°C. Luego se disminuyó la temperatura de la cámara de liofilización nuevamente a -40° y se aumentó finalmente hasta 40°C de modo de eliminar completamente el agua de la muestra. La presión fue siempre 300×10^{-3} mbar y la duración de la liofilización fue de una semana. Posteriormente, las muestras fueron molidas en un homogeneizador (Retsch Grindomix GM200) y almacenadas herméticamente en freezer a -18°C hasta proceder a su análisis. El tiempo de almacenamiento de las muestras fue de aproximadamente 30 días.

Determinación de ácidos grasos poliinsaturados (ALA, EPA, DHA)

Se utilizó el método de transesterificación directa (Liu et al., 2000. Adaptado de Lepage y Roy, 1986). La cantidad de muestra liofilizada utilizada para la extracción fue de 100 a 200 miligramos (mg). El perfil de ácidos grasos fue determinado por cromatografía en fase gaseosa empleando un cromatógrafo (Perkin modelo Elmer Claurus 500) con detector de ionización de llama (FID) a 280°C. Los ácidos grasos fueron separados en columna capilar (SUPELCO SP 2560 (100m x 0,25 mm x 0,20 μm) e identificados contra patrones SUPELCO F.A.M.E. Mix NHI-C y F.A.M.E. Mix C14-C22, empleando nitrógeno como gas transportador. Las condiciones de la corrida fueron las siguientes: temperatura de horno 150°C, temperatura de rampa: hasta 210°C; temperatura de inyector 240°C

Diseño y análisis estadístico

Para el estudio de las especies se utilizó un diseño en Bloques Completamente Aleatorizados con tres repeticiones por tratamiento. Para el análisis de crecimiento y desarrollo cada especie fue un tratamiento. Por otro lado, hubo seis tratamientos para la determinación de ácidos grasos poliinsaturados (especie x órgano). Los datos obtenidos fueron procesados según análisis de variancia siguiendo los lineamientos de ensayos repetidos en el tiempo. Se utilizó la prueba de Tukey para las comparaciones múltiples de medias. Los análisis corresponden a pruebas de hipótesis del tipo bilateral con 5% de significancia. Se utilizó el software estadístico InfoStat 2008 (Di Rienzo et al., 2008)

RESULTADOS Y DISCUSION

Crecimiento y desarrollo

Análisis descriptivo de estados fenológicos. La Tabla 1 muestra los intervalos de tiempo en los que fueron sucediendo los estados fenológicos de ambas especies. Si bien el análisis es descriptivo, el ciclo de cultivo de *Portulaca* hasta cosecha fue más corto en días (9,3%), pero mayor en tiempo térmico. La fase vegetativa en *Montia* fue más prolongada, tanto en días como en tiempo térmico (64 días / 830°Cd). Es de destacar que la fase vegetativa de *Portulaca* se cumplió en un tiempo térmico menor (264,4°Cd) Según Miller (1976) la floración en *Montia* pareciera estar controlada por el fotoperíodo, y el intervalo de tiempo entre germinación a floración podría variar de 33 a 90 días, dependiendo del ecotipo. En plantas silvestres de *Montia*, la floración en el hemisferio norte es variable; dependiendo de la zona, puede florecer en febrero-mayo o junio-julio (Miller, 1976)

Por otra parte, Kilic et al. (2008) destacan el corto período vegetativo de *Portulaca* como un beneficio para el aprovechamiento como hortaliza de hoja.

Tanto en *Portulaca* como en *Montia*, la evolución de peso aéreo responde a un modelo exponencial de crecimiento, mientras que el de raíz a uno sigmoideo. Tapia F. y Rita L. (1985) obtuvieron curvas similares (tipo exponencial) para crecimiento de la parte aérea de *Portulaca* con una declinación al finalizar el ciclo de cultivo. El crecimiento inicial (50-60 días desde la siembra) de la parte aérea fue muy lento; a partir de allí ambas especies presentaron aumento de peso fresco. Este comportamiento podría estar vinculado al fotoperíodo (11,25 hs al inicio y 13 a los 55 días). Koch y Kennedy (1980) observaron que una disminución de fotoperíodo de 16 a 8 horas en verdolaga producía una acumulación de peso fresco de hojas y tallos cuatro veces menor y un incremento en la producción de frutos. Asimismo, el peso aéreo de *Portulaca* fue menor a los observados por Uddin et al. (2012) en los primeros 60 días. Lo mismo sucedió con aquellos obtenidos por Melati et al. (2011) para raíz, quienes obtuvieron pesos frescos por planta de 18,52 a 29,26 g a los 60 días para dos fechas de siembra y cultivadas en suelo. Si bien los pesos comparados con la bibliografía fueron menores hasta los 60 días, en este ensayo el ciclo de cultivo fue más largo y los pesos por planta fueron mayores a partir del día 63 (860°Cd). Debido a que la evolución de peso en otras investigaciones está expresada en unidades de tiempo, resulta muy difícil comparar los resultados obtenidos, por lo que el modelo de tiempo térmico resultaría más adecuado, dado que permite independizar la duración de una etapa de la temperatura durante la cual transcurre (Satorre et al., 2003)

Previo a la floración, las raíces de *Montia* ex-

perimentaron un gran crecimiento (68 días desde siembra / 830°Cd, Tabla 2) comparado con *Portulaca*, mientras que la parte aérea, si bien aumentó de peso, lo hizo de manera proporcionalmente menor. Después de la floración, el aumento de peso de la parte aérea fue mayor, lo que podría atribuirse a la formación de estructuras reproductivas (Figs. 1 y 2)

La relación vástago/raíz (Fig. 3) presentó diferencias ($p \leq 0,05$) a partir del día 63 de cultivo (860°Cd en *Portulaca* y 736°Cd en *Montia*), produciéndose un aumento significativo en *Portulaca* a partir de ese momento. Por su parte, Mortley et al. (2012) también encontraron una relación vástago/raíz crecientes en *Portulaca*. La relación en *Montia* fue menos pronunciada y corresponde al mayor crecimiento de la raíz entre los días 63 y 70 de cultivo, previo a la floración (Tabla 1). A partir de ese momento, la relación comienza a aumentar significativamente debido al mayor crecimiento de la parte aérea en detrimento de la raíz.

Peso seco y materia seca

No se observaron diferencias significativas ($p = 0.1667$) en peso seco de la parte aéreas ni de la raíz (Tabla 2). Hubo un aumento de peso seco en *Montia* al finalizar el ciclo de cultivo. Este valor se corresponde con el aumento en peso fresco y un incremento en el porcentaje de materia seca de la raíz al finalizar el ciclo de cultivo (Fig. 2 y Tabla 2)

Paez et al. (2007) obtuvieron para *Portulaca* un peso seco total de 8,21 g planta⁻¹ a los 60 días de cultivo, valor mayor que los obtenidos en este ensayo. Por el contrario, los pesos secos de raíz fueron menores, al igual que los obtenidos por Kilic et al. (2008) y Yazici et al. (2007), quienes determinaron peso seco de raíz de 0,027; 0,032; y 0,075 g por planta a los 60, 78 y 90 días de cultivo en perlita, respectivamente.

Tabla 1. Análisis descriptivo de estados fenológicos: emergencia, floración y fructificación de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* expresado en días y tiempo térmico (grado centígrado día, °Cd)

Table 1. Descriptive analysis of phenological stages: emergency, flowering and fruit set of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* expressed in days and thermal time (growing degree-day, °Cd)

Especie	Parámetro	Siembra	Emergencia	Floración	Fructificación	Cosecha
<i>Portulaca oleracea</i>	Fecha	17/10	19/10	13/11	15/12	02/01
	Días	--	2	27	60	77
	TT (°Cd)	--	32,4	296,8	813	1068
<i>Montia perfoliata</i>	Fecha	23/07	27/07	29/09	13/10	18/10
	Días	--	4	68	82	87
	TT (°Cd)	--	46,2	830,8	930,7	945

TT: tiempo térmico / thermal time.

Tasa de crecimiento absoluta y relativa

No hubo diferencias significativas entre especies en la tasa de crecimiento absoluta (Fig. 4). *Portulaca* respondió a un modelo sigmoideo de crecimiento en tanto que *Montia* a uno exponencial (Wien, 1997). En ambos casos, las tasas de crecimiento fueron muy bajas hasta el día 55 de cultivo, como fuera descrito anteriormente. Mortley et al. (2012) hallaron también menores

tasas de crecimiento al iniciar el ciclo de cultivo de *Portulaca*, la que fue en aumento de manera exponencial hasta llegar a 1g d^{-1} a los 60 días desde la siembra. La verdolaga es una especie con mecanismo fotosintético C4 que expresa características de plantas con metabolismo ácido de crasuláceas (CAM), la que depende de las condiciones de crecimiento (Koch y Kennedy, 1982), lo que significa que requiere menor energía para

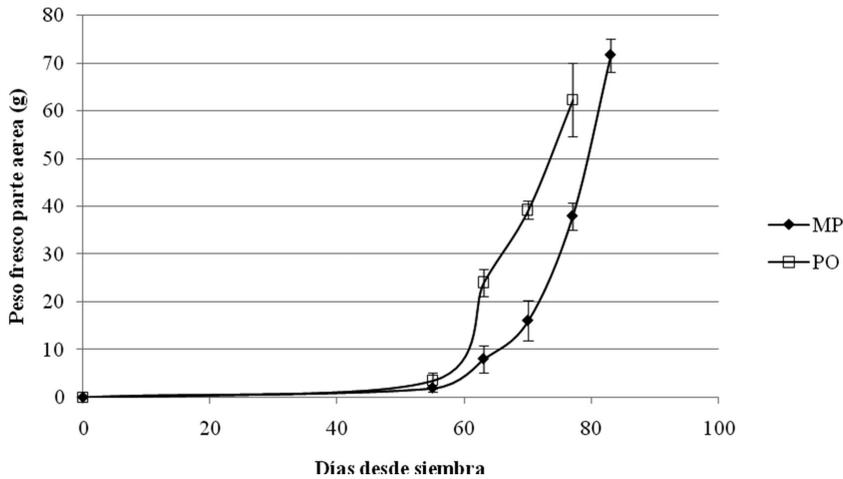


Fig. 1. Evolución de peso fresco de parte aérea de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo.

Fig. 1. Evolution of fresh weight of aerial parts of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

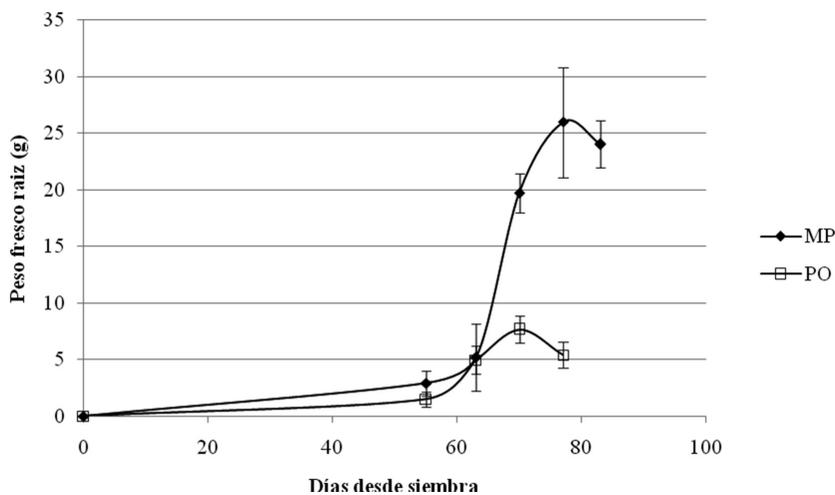


Fig. 2. Evolución de peso fresco de raíz de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo
Fig. 2. Evolution of fresh rooty weight of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

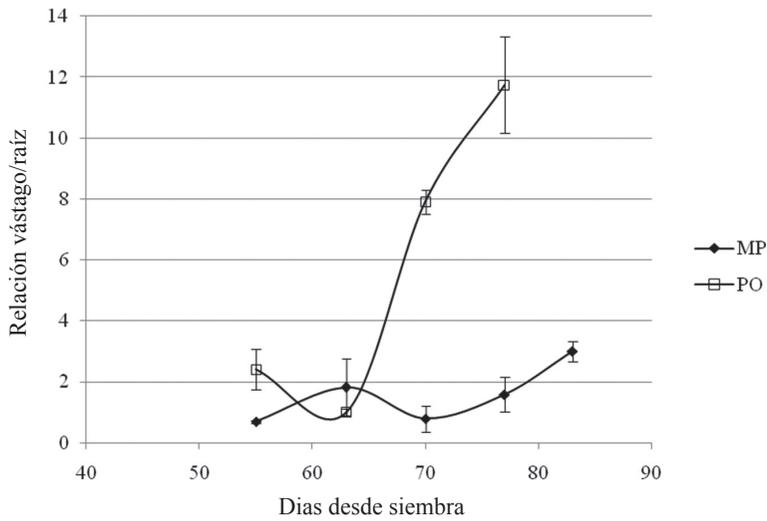


Fig. 3. Relación vástago/raíz de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo.
Fig. 3. Shoot/root ratio of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.
 PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

Tabla 2. Peso seco (g) de la parte aérea y de la raíz por planta de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo.
Table 2. Dry weight (g) of aerial parts and roots (g) of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.

Órganos	Especie	Parámetro	Días desde la siembra				
			55	63	70	77	83
Parte aérea (Tallo y hojas)	<i>Portulaca oleracea</i>	Peso seco (g)	0,26 a (0,16)	0,79 a (0,31)	1,20 a (0,46)	3,74 a (0,46)	--
		Materia seca (%)	7,5	3,2	3,1	6	
	<i>Montia perfoliata</i>	Peso seco (g)	0,27 a (0,1)	0,47 a (0,23)	0,92 a (0,41)	3,69 a (1,05)	9,48 a (0,41)
		Materia seca (%)	13,8	5,8	5,7	9,6	13,2
Raíz	<i>Portulaca oleracea</i>	Peso seco (g)	0,05 a (0,03)	0,57 a (0,06)	0,32 a (0,06)	0,32 a (0,05)	--
		Materia seca (%)	3,7	11,6	4,2	5,9	
	<i>Montia perfoliata</i>	Peso seco (g)	0,11 a (0,03)	0,23 a (0,05)	0,62 a (0,01)	1,42 a (0,15)	4,37 (1,4)
		Materia seca (%)	3,9	4,4	3,1	5,4	18,2

Valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.
 Letras distintas indican diferencias significativas entre filas (Nivel de significancia 5%)

fijar dióxido de carbono que una planta C3 como *Montia*. Temperaturas por debajo de 25°C no son favorables (Azcón Bieto y Talón, 2008) y con 400 y 600 W m⁻² se produce saturación lumínica. En este ensayo, durante los primeros 55 días de ciclo, tanto las temperaturas como la radiación estuvieron por debajo de los valores citados (sumado a los valores de fotoperíodo descritos anteriormente, por lo que podría explicarse el lento crecimiento inicial).

En la Fig. 4 se indican los momentos de ocurrencia de floración y fructificación. La floración de *Portulaca* ocurrió a los 27 días de cultivo (296,8°Cd; Tabla 1) a tasas de crecimiento muy bajas, mientras que la de *Montia* se produjo a los 68 días, en el tramo de la curva donde la tasa de crecimiento es lineal, y se corresponde al modelo de crecimiento descrito en la bibliografía (Wien, 1997). Paez et al. (2007) observaron que la floración de *Portulaca* fue también a los 30 días desde la siembra (aunque no se especifica el tiempo térmico), pero a mayores tasas de crecimiento.

La tasa de crecimiento relativa de *Portulaca* y *Montia* no presentó diferencias (Fig. 5). En ambas se observa un aumento hasta los 63 días, luego *Portulaca* disminuye mientras que *Montia* aumenta. Sin embargo, no presenta diferencias signifi-

cativas a lo largo del ciclo de cultivo, por lo que podría considerarse un comportamiento lineal, coincidente al crecimiento exponencial de la tasa absoluta, como describe Wien (1997). Uddin et al. (2012) obtuvieron en verdolaga tasas menores (0,01 y 0,006 g g⁻¹ d⁻¹ para 45 y 60 días de cultivo, respectivamente) al igual que Mortley et al. (2012) que observaron una tasa de crecimiento relativa de 0,03 g g⁻¹ d⁻¹ a los 40 y 60 días de cultivo.

La tasa de crecimiento absoluta en peso seco de *Montia* (Fig. 6) fue mayor al finalizar el ciclo de cultivo, coincidente con la mayor acumulación de materia seca y con un modelo de crecimiento tipo exponencial. La floración de *Montia* se produjo en la fase de crecimiento lineal, mientras que en *Portulaca* con tasas de crecimiento muy bajas.

La tasa de crecimiento absoluta en peso seco de *Portulaca* fue similar a lo encontrado por Uddin et al. (2012), quienes obtuvieron al día 60 de ciclo de cultivo una tasa de crecimiento de 0,06 g d⁻¹, aunque el modelo de crecimiento fue muy diferente a este ensayo, en que se observó un aumento de la tasa de crecimiento hasta el día 15 y luego una disminución hasta la finalización del ciclo de cultivo.

La tasa de crecimiento relativa en peso seco

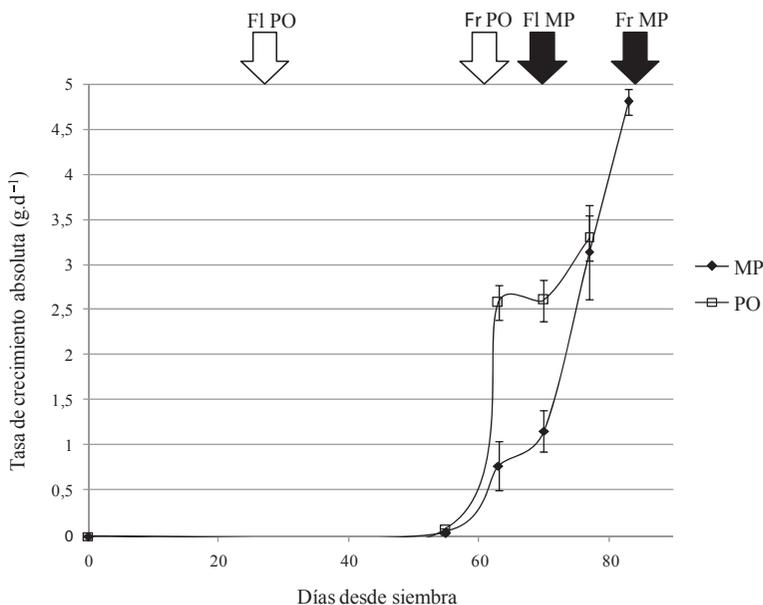


Fig. 4. Tasa de crecimiento absoluta en peso fresco (g PF d⁻¹) de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo. Las flechas indican momento de ocurrencia de floración (Fl) y fructificación (Fr)

Fig. 4. Absolute growth rate in fresh weight (g FW d⁻¹) of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season. The arrows indicate flowering (Fl) and fruit set (Fr) times.

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

no presentó diferencias entre ambas especies (Fig. 7). Se produjo un aumento significativo en *Portulaca* ($p < 0,05$) hasta el día 70 y luego disminuyó hasta finalizar el cultivo.

Rendimiento

El rendimiento difirió entre ambas especies ($p \leq 0,001$) siendo en *Montia* de 53,8 t ha⁻¹ y en *Portu-*

laca 15,6 t ha⁻¹. Según la literatura, el rendimientos de *Portulaca* varía entre 70-80 t ha⁻¹ en producción a campo, pero con densidades de siembra considerablemente mayores (Kilic et al., 2008). Tapia F. y Rita L. (1985) también obtuvieron mayores rendimientos, 6 a 7 t materia seca ha⁻¹ y definieron que la floración es el momento óptimo de cosecha.

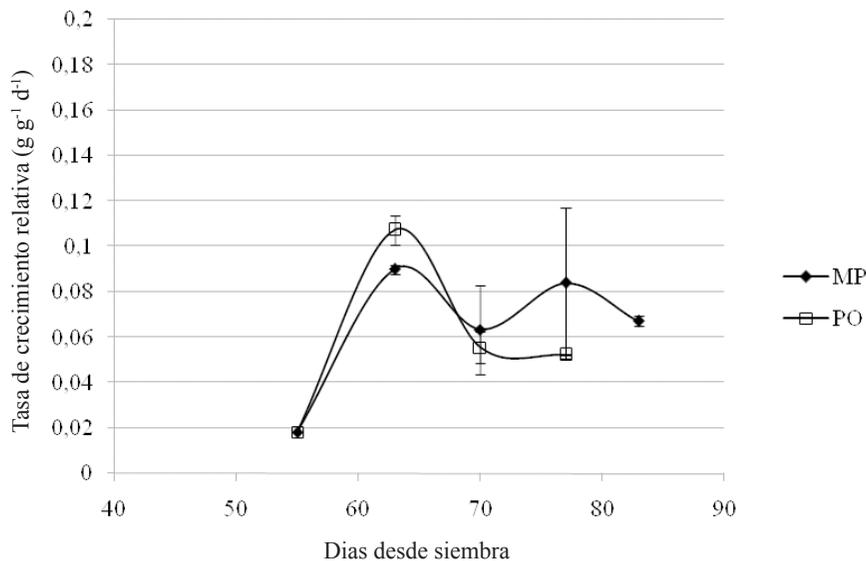


Fig. 5. Tasa de crecimiento relativa en peso fresco (g PF g⁻¹ d⁻¹) de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo.

Fig. 5. Relative growth rate in fresh weight (g FW g⁻¹ d⁻¹) of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

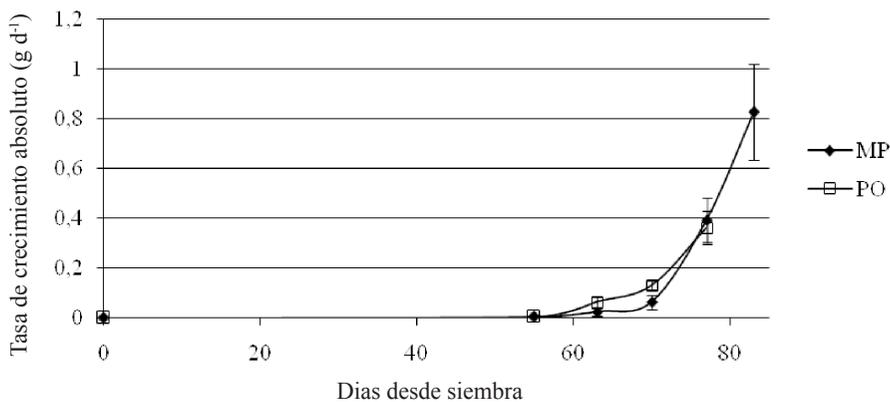


Fig. 6. Tasa de crecimiento absoluta en peso seco (g PS d⁻¹) de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo

Fig. 6. Absolute growth rate in dry weight (g DW d⁻¹) of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

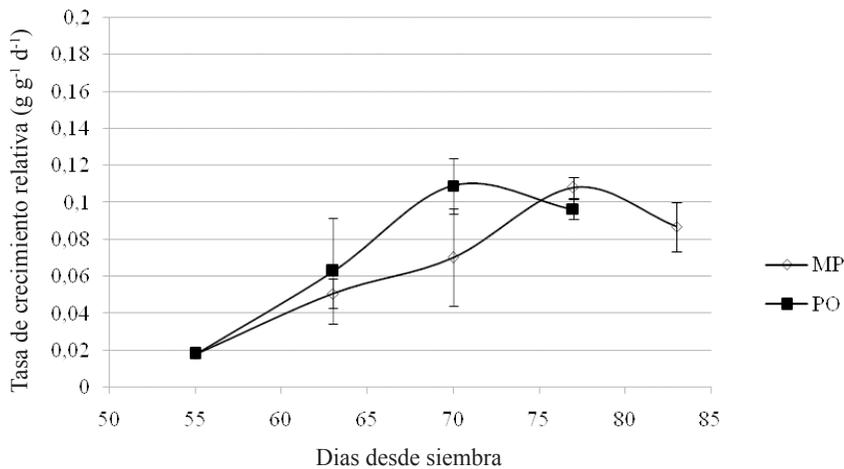


Fig. 7. Tasa de crecimiento relativa en peso seco ($\text{g PS g}^{-1} \text{d}^{-1}$) de *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata* durante el ciclo de cultivo.

Fig. 7. Relative growth rate in dry weight ($\text{g DW g}^{-1} \text{d}^{-1}$) of *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata* during the growing season.

PO: *Portulaca oleracea*; MP: *Montia perfoliata*.

Cabe destacar que en este ensayo la densidad de plantación de *Portulaca* fue menor que la encontrada en la literatura, debido a la estructura del sistema de producción hidropónico (Nutrient film technique - NFT).

Díaz-Betancourt et al. (1999) obtuvieron en el mes de octubre una biomasa fresca de *Montia* silvestre de 335,8 g promedio en parcelas de 0,25 m², que correspondería a 13,4 t ha⁻¹, cifra menor a la obtenida en este ensayo.

Si bien no existe información sobre rendimiento de *Montia* en condiciones de cultivo, al comparar los rendimientos con aquellos obtenidos de una hortaliza de hoja tradicional, como la lechuga, el peso por planta fue menor a los encontrados por Blat et al. (2011) y Domingues et al. (2012) en sistemas NFT. El rendimiento por unidad de superficie, sin embargo, fue mayor dado que se puede cultivar a mayores densidades que hortalizas de hoja tradicionales (en este caso, 75 plantas m⁻²).

Contenido de ácido alfa linolénico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)

El mayor contenido de ALA se encontró en hojas de *Portulaca* y presentó diferencias estadísticas ($p < 0,0001$) con lo encontrado en hojas de *Montia* (26% - Tabla 3). Por el contrario, en los tallos de *Portulaca* el contenido de EPA ($p \leq 0,05$) fue superior con relación a las hojas e inflorescencias

y de todos los órganos de *Montia*. DHA no se encontró presente en ninguna de las muestras analizadas. Los contenidos obtenidos en hojas de *Portulaca* en este ensayo son mayores a aquellos descritos por Oliveira et al. (2009), que hallaron niveles entre 24,48 y 39,06% en plantas silvestres. Liu et al. (2000), contrariamente, obtuvieron mayores porcentajes en hojas (60%), al igual que Palaniswamy et al. (2001): 62 a 67% en diferentes momentos de cosecha. Respecto al contenido en tallos, no difirieron con los encontrados por Liu et al (2000; 2002). El porcentaje de ALA en las inflorescencias de *Portulaca* fue elevado, y no se encontró información en la bibliografía. Tampoco se encontró en la literatura información sobre el contenido de omega 3 en *Montia* para poder contrastar con los resultados hallados en este ensayo.

El contenido de EPA en *Portulaca* fue superior a lo informado por Oliveira et al. (2009), que varió de 0,83% a 1,33%. Algunos autores no hallaron valores del ácido graso, mientras que otros lo atribuyen a una interferencia en la corrida cromatográfica (Guil-Guerrero et al., 1996; Liu et al., 2002).

CONCLUSIONES

Las etapas de emergencia, floración y fructificación se produjeron en distintos tiempos térmicos, tanto en *Portulaca* como en *Montia*. Estas

Tabla 3. Contenidos medios fraccionados en hojas, tallos/pecíolos e inflorescencias (expresados en porcentaje de metil ester) de ácido alfa linolénico (ALA), ácido eicosapentanoico (EPA) y ácido docosahexaiónico (DHA) en *Portulaca oleracea* y *Montia perfoliata*.

Table 3. Average content in leaves, stems/petioles and inflorescences (expressed as percentage of methyl ester) of alfa linolenic acid (ALA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in *Portulaca oleracea* and *Montia perfoliata*.

	<i>Portulaca oleracea</i>			<i>Montia perfoliata</i>		
	Hojas	Tallos	Inflorescencias	Hojas	Pecíolos	Inflorescencias
ALA (18:3) n-3	51 d (2,26)	18,16 a (3,37)	46,31 cd (3,24)	40,37 c (1,82)	19,35 a (1,60)	27,58 b (1,86)
EPA (20:5) n-3	2,42 bc (0,21)	2,79 c (0,25)	2,27 b (0,17)	0,41 a (0,07)	0,61 a (0,02)	0,46 a (0,02)
DHA (22:6) n-3	0	0	0	0	0	0

Valores entre paréntesis representan desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre columnas. (Nivel de significancia 5%)

diferencias estuvieron relacionadas con el tipo de planta y la época de producción. *Portulaca* floreció y fructificó con un tamaño de planta menor que *Montia*.

Hubo buen comportamiento de ambas especies en el sistema hidropónico, obteniendo pesos frescos por planta similares para un ciclo de cultivo entre 77 días (*Portulaca*) a 87 días (*Montia*).

En los últimos 20 días previos a la cosecha, *Montia* desarrolló una gran cantidad de raíces, superando en un 300 % a *Portulaca*.

Durante el cultivo las tasas de crecimiento (expresado en peso seco) fueron crecientes, produciéndose la máxima tasa a los 70 días para *Portulaca* y 77 días para *Montia*, para luego disminuir en ambas especies, pero *Montia* obtuvo mayor rendimiento (53,8 t ha⁻¹) que *Portulaca* (15,6 t ha⁻¹).

Se detectó en ambas especies ácidos grasos polinsaturados, como ALA y EPA, tanto en hojas como tallos e inflorescencias, por lo cual podrían ser incorporados a la dieta como fuente vegetal de omega 3. Los mayores contenidos fueron de ALA en hojas (51%) e inflorescencias (46,61 %) de *Portulaca*, y en hojas de *Montia* (40,37 %), siendo en ambas especies mayor que en las otras partes de la planta analizadas. También *Portulaca* presentó mayores contenidos de EPA que *Montia*, sin ser significativas la diferencia entre órganos de las planta

De acuerdo a los resultados obtenidos se hace necesario seguir investigando sobre las condiciones y manejo de cultivo de ambas especies y su influencia sobre el contenido y estabilidad de ácidos grasos omega 3.

LITERATURA CITADA

- Azcón-Bieto, J., y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Mc Graw Hill, New York, USA.
- Blat, S.F., S.V. Sanchez, J.A.C. Araújo, and D. Bolonhezi. 2011. Performance of lettuce cultivars grown in two environments, in the NFT hydroponic system. Horticultura Brasileira 29:135-138.
- Covington, M.B. 2004. Omega 3 fatty acids. American Family Physician 70(1):133-140.
- Cros, V., J.J. Martínez-Sánchez, and J.A. Franco. 2007. Good yields of common purslane with a high fatty acid content can be obtained in a peat-based floating system. HortTechnology 17(1):14-20.
- Díaz-Betancourt, M., L. Ghermandi, A. Ladio, I. Lopez-Moreno, E. Raffaele, and E. Rapoport. 1999. Weeds as a source of human consumption. A comparison between tropical and temperate Latin America. Revista Biología Tropical 47:329-338.
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Domingues, D., H. Takahashi, C. Camara, and S. Nixdorf. 2012. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. Computers and Electronics in Agriculture 84:53-61.
- Guil-Guerrero, J.L., M. Torija, J.J. Gimenez, and B. Rodriguez. 1996. Identification of fatty acids in edible wild plants by gas chroma-

- tography. *Journal of Chromatography A* 719:229-235.
- Kilic, C., Y. Kukul, and D. Anac. 2008. Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt-removing crop. *Agricultural Water Management* 95:854-858.
- Koch, K., and R. Kennedy. 1980. Characteristics of crassulacean acid metabolism in the succulent C4 dicot, *Portulaca oleracea* L. *Plant Physiology* 65:193-197.
- Koch, K., and R. Kennedy. 1982. Crassulacean acid metabolism in the succulent C4 dicot, *Portulaca oleracea* L. under natural environmental conditions. *Plant Physiology* 69:757-761.
- Lepage, G., and C. Roy. 1986. Direct transesterification of all class of lipids in a one-step reaction. *Journal of Lipids Research* 27:114-120
- Lim, Y.Y., and E.P.L. Quah. 2007. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chemistry* 103:734-740
- Liu, L., P. Howe, Y. Zhou, Z. Qiang Xu, C. Hocart, and R. Zhang. 2000. Fatty acids and β -carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *Journal of Chromatography A* 893:207-213
- Liu, L., P. Howe, Y. Zhou, C. Hocart, and R. Zhang. 2002. Fatty acid profiles of leaves of nine edible wild plants: an Australian study. *Journal of Food Lipids* 9:65-71.
- Matthews, R.F 1993. *Claytonia perfoliata*. In *Fire Effects Information System*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available at <http://www.fs.fed.us/database/feis/>. (Accessed 22 Mayo 2013)
- Melati, M. S. Arifin Aziz, and M. Suseno. 2011. Growth and production of *Portulaca oleracea* L. at different plant ages affected by poultry manure. p. 91-94. *Proceedings of the Second International Symposium on Temulawak. The 40th Meeting of National Working Group on Indonesian Medicinal Plants*. December 2011. Biopharmaca Research Center, Institute of Research and Community Services, Indonesia.
- Miller, J.M. 1976. Variation in populations of *Claytonia perfoliata* (*Portulacaceae*). *Systematic Botany* 1:20-34.
- Mortley, D., J. Oh, D. Johnson, C. Bonsi, and W. Hill. 2012. Influence of harvest intervals on growth responses and fatty acid content of purslane (*Portulaca oleracea*). *HortScience* 47(3):437-439.
- Oliveira, I., P. Valentão, R. Lopes, B. Paula, P.B. Andrade, A. Bento, and J.A. Pereira. 2009. Phytochemical characterization and radical scavenging activity of *Portulaca oleracea* L. leaves and stems. *Microchemical Journal* 92:129-134.
- OMS. 2003. *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: informe de una consulta mixta de expertos. Serie de informes técnicos N° 916*. OMS, Ginebra, Suiza.
- Paez, A., P.M. Páez, M.E. González, A. Ver, D. Ringelberg, and T.J. Tschaplinski. 2007. Crecimiento, carbohidratos soluble y ácidos grasos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) sometida a tres niveles de radiación. *Revista Facultad de Agronomía* 24:642-660.
- Palaniswamy, U., R. Mc Avoy, and B. Bible. 2001. Stage of harvest and polyunsaturated essential fatty acid concentrations in purslane (*Portulaca oleracea*) leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49:3490-3493.
- Palaniswamy, U., B. Bible, and R. Mc Avoy. 2004. Oxalic acid concentrations in purslane (*Portulaca oleracea* L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 102(2):267-275.
- Rueda, F., J.C. Domingo, y N. Mach. 2011. Efecto de los ácidos grasos omega 3 y otros suplementos alimenticios en procesos patológicos relacionados con la tercera edad. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* 15(1):20-29.
- Satorre, E., R. Benech-Arnold, G. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M. Otegui, y R. Savin. 2003. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. 785 p. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Simopoulos, A.P. 2001. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. *European Heart Journal Supplements* 3 (Supplement D) D8-D21
- Simopoulos, A.P. 2006. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 60:502-507.
- Steinmaus, S., T. Prather, and J. Holt. 1999. Estimation of base temperatures of nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51:275-286.
- Surette, M.E., D. Stull, and J. Lindemann. 2008. The impact of a medical food containing gammalinolenic and eicosapentaenoic acids on asthma management and the quality of life of adult asthma patients. *Current Medical Research and Opinion* 4(2):559-567.
- Tapia F., L., y J. Rita L. 1985. Posibilidades de cultivo y aprovechamiento de *Portulaca oleracea* L. *Escuela Superior de Agricultura*. Barce-

- lona. Disponible en <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/8438/1/Article04.pdf> (Consultado 24 mayo 2013)
- Uddin, K., A. Juraimi, E. Ali, and M. Ismail. 2012. Evaluation of antioxidant properties and mineral composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.) at different growth stages. *International Journal of Molecular Sciences* 13:10257-10267.
- Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 914 p. Mundi-Prensa Libros, Madrid. España.
- Wien, H.C. 1997. The physiology of vegetables crops. 662 p. CAB Internacional, Oxon, UK.
- Yazici, I., I. Turkan, A. Sekmen, and T. Demira. 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany* 61:49-57.