

## Preferencia alimentaria de *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) en plantas acuáticas de diferente valor nutritivo

Food preference *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) by aquatic plants of different nutritional value

FEDRA SOLANGE MARTÍNEZ<sup>1,2</sup>, M. CELESTE FRANCESCHINI<sup>1,3</sup> y ALICIA POI<sup>1,3</sup>

**Resumen:** *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) es un herbívoro asociado a los camalotales de *Eichhornia crassipes* y *E. azurea* de áreas nativas. Los objetivos de este trabajo fueron: (1) evaluar la preferencia alimentaria de los adultos de *N. eichhorniae* bajo condiciones naturales, utilizando especies de macrófitas nativas que coexisten con las dos plantas huéspedes y (2) analizar la preferencia alimentaria en relación con el contenido de nitrógeno, fósforo y lignina, como indicadores del valor nutritivo de las hojas. Las especies de plantas estudiadas fueron: *E. crassipes*, *E. azurea*, *Oxycaryum cubense*, *Thalia multiflora*, *Salvinia biloba*, *Pistia stratiotes*, *Ludwigia peploides* y *Nymphaea prolifera*. Se realizaron pruebas de preferencia de opción doble y múltiple, utilizando raciones de las macrófitas, en presencia y ausencia de las plantas huéspedes. Se cuantificó, respectivamente, el área total dañada por macrófita y por curculiónido y se correlacionó con el valor nutritivo de las hojas. Las plantas huéspedes, cuya superficie dañada varió entre 115 y 284,76 mm<sup>2</sup>, fueron las especies preferidas. La superficie dañada tuvo correlación positiva con el contenido de nitrógeno de las hojas de las distintas especies de plantas. El contenido de fósforo, lignina y el cociente L: N no tuvieron relación con la preferencia. *Neochetina eichhorniae* tuvo especificidad por ambas plantas huéspedes, cuyas hojas tuvieron alto contenido de nitrógeno. Estos resultados constituyen una contribución preliminar debido a que todavía es poco conocido el efecto del valor nutritivo de las macrófitas sobre la preferencia alimentaria de los invertebrados herbívoros en los sistemas acuáticos subtropicales.

**Palabras clave:** Herbivoría. Gorgojos. *Eichhornia crassipes*. Especificidad. Nitrógeno.

**Abstract:** *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) is one herbivore associated to *Eichhornia crassipes* and *E. azurea* floating meadows in native areas. The aims of this study were: (1) to evaluate the feeding preference of adults of *N. eichhorniae* under natural conditions, using native species of macrophytes that coexist with the two host plants, and (2) to assess feeding preference in relation to nitrogen, phosphorous and lignin content as indicators of the nutritive value of the leaves. The plant species included in this study were: *E. crassipes*, *E. azurea*, *Oxycaryum cubense*, *Thalia multiflora*, *Salvinia biloba*, *Pistia stratiotes*, *Ludwigia peploides* and *Nymphaea prolifera*. Double and multiple-feeding choice tests were performed under natural conditions, using feeding rations, including and excluding the host plants. Total damaged area per macrophyte and leaf area damaged by weevil were quantified and correlated with the different nutritional values of leaves. The host plants, with damage area varied between 115 and 284.76 mm<sup>2</sup>, were the most preferred plants. There was a positive correlation between the damage area and the leaf nitrogen content of the plant species. Feeding preference was unrelated to either phosphorous and lignin content or L: N ratio. *Neochetina eichhorniae* have high specificity for both host plants, which leaves had high nitrogen content. Because the effect of the nutritive value on the feeding preference of invertebrate herbivores from the subtropical aquatic systems remain still unknown, these results are an preliminary contribution

**Key words:** Herbivory. Weevil. *Eichhornia crassipes*. Specificity. Nitrogen.

### Introducción

*Neochetina eichhorniae* (Warner, 1970) (Coleoptera: Curculionidae) tiene su ciclo de vida estrechamente asociado a *Eichhornia crassipes* (Mart.) (Solms-Laubach, 1883) y también ha sido encontrado en *E. azurea* (Swartz.) (Kunth, 1843) (Pontederiaceae) (Morrone y O'Brien 1999; Cordo *et al.* 2004). El área de distribución de este curculiónido abarca desde México hasta el sur de América del Sur (O'Brien 1976) y sus plantas huéspedes son malezas altamente invasivas (DeLoach *et al.* 1976c; Cordo *et al.* 1978) caracterizadas por formar extensos camalotales en los lagos de las planicies inundables de los grandes ríos y humedales sudamericanos (Barrett y Forno 1982; Rodríguez 1996; Neiff *et al.* 2001; Neiff 2003) en especial *Eichhornia crassipes*, cuya naturaleza invasiva que le ha permitido colonizar numerosos lagos tropicales y subtropicales del mundo (Gopal 1973; Waterhouse

y Norris 1987). Los adultos de *N. eichhorniae* se alimentan de las plantas huéspedes removiendo la capa epidérmica y subepidérmica formando pequeñas máculas en la lámina y parte superior del pecíolo, mientras que las larvas forman galerías a lo largo del pecíolo (DeLoach y Cordo 1976b). Las especies de *Neochetina* y *Cornops aquaticum* (Bruner, 1906) (Orthoptera: Acrididae) constituyen las poblaciones más abundantes de invertebrados herbívoros en los camalotales de *E. crassipes* y *E. azurea* del nordeste de Argentina (Casco y Poi de Neiff 1998; Poi de Neiff y Casco 2003; Franceschini *et al.* 2007; Franceschini *et al.* 2010; Franceschini *et al.* 2011a, 2011b), su herbivoría alcanza hasta el 19 % de la superficie foliar y consumen hasta el 30% de la biomasa de la lámina de la hoja por m<sup>2</sup> (Franceschini *et al.* 2010; 2011b).

Numerosas especies de curculiónidos asociados a ambientes acuáticos han sido utilizados en pruebas de preferencia alimentaria debido a que las plantas huéspedes

<sup>1</sup> Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CECOAL-CONICET). Ruta 5 km 2,5 3400 Corrientes, Argentina. <sup>2</sup> Becaria Doctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Licenciada en Ciencias Biológicas. fedrasolange@yahoo.com.ar. Autor para correspondencia. <sup>3</sup> Catedra de Limnología. Universidad Nacional del Nordeste. Doctora en Biología. celestefranceschini@yahoo.com.ar; guadalupepoi@gmail.com, respectivamente.

son altamente invasivas (DeLoach *et al.* 1976c; Cordo *et al.* 1978; Forno *et al.* 1983; Sheldon y Creed 1995; Sousa 2008). Las pruebas de preferencia muestran en general que los curculiónidos consumen en laboratorio la planta huésped pero pueden también alimentarse de otras plantas, no consumidas en condiciones naturales (Cordo *et al.* 1981; Cordo y DeLoach 1982a; Cordo y DeLoach 1982b; Buckingham y Bennett 1998). En otros casos, los insectos consumen en pruebas de laboratorio las mismas plantas que en la condición de campo (Cordo *et al.* 1978; Cordo *et al.* 1981; Sheldon y Creed 1995; Hill 1998).

La selección de la planta huésped por los insectos herbívoros está relacionada con las propiedades químicas y el valor nutritivo que presentan las plantas, especialmente con el contenido de lignina y nutrientes presentes en los tejidos (Rosenthal y Beranbaum 1992; Bernays y Chapman 1994; Heard y Winterton 2000). El efecto del alto contenido de nitrógeno en los tejidos vegetales ha sido bien documentado por varios autores (Mattson 1980; Room *et al.* 1989; Center y Wright 1991; Morehouse y Rutowski 2010), tanto en los ambientes terrestres como en los acuáticos.

La alimentación y especificidad del género *Neochetina* fue estudiada en poblaciones de *N. bruchi* y *N. affinis*, criadas en laboratorio (DeLoach 1976; DeLoach y Cordo 1976b; Ding *et al.* 2002; Chen *et al.* 2005). En general, se encontró una alta especificidad de las especies de *Neochetina* hacia *E. crassipes*. DeLoach y Cordo (1981) registraron que los adultos de *N. affinis* O'Brien, 1976 durante las pruebas de laboratorio prefirieron a *E. azurea* y, en menor grado, *Pontederia* (= *Reussia*) *rotundifolia* (L. f., 1783), *E. crassipes* y *P. cordata* (L., 1753). La preferencia de *N. eichhorniae* utilizando a *E. crassipes* como planta huésped fue estudiada en áreas no nativas, bajo condiciones de laboratorio, incluyendo en las pruebas de alimentación plantas cultivadas y otras macrófitas (Shih *et al.* 1994).

Por su alta especificidad, *N. eichhorniae* junto con *N. bruchi*, están siendo utilizadas como agentes de control biológico de *E. crassipes* en áreas nativas y no nativas (DeLoach y Cordo 1976a, 1983; Cordo 1999; Center *et al.* 2002). En este contexto, las pruebas de opción múltiple y doble con diferentes macrófitas, incluyendo y excluyendo a las plantas huéspedes (Sheppard *et al.* 2005) son de mucha utilidad para realizar predicciones sobre la preferencia y comportamiento de las poblaciones de herbívoros, especialmente cuando la abundancia y cobertura de las plantas huéspedes disminuyen drásticamente por algún factor ambiental. Sumado a esto, en la amplia área nativa de distribución de estos curculiónidos, cada región presenta un ensamble particular de macrófitas que coexisten con las plantas huéspedes, que deben ser incluidas en las pruebas de preferencia. En ecosistemas no nativos donde los herbívoros son introducidos como agentes de control, este ensamble de macrófitas puede resultar aún bastante diferente respecto a las áreas nativas.

El objetivo de este trabajo fue 1) determinar la preferencia alimentaria de los adultos de *N. eichhorniae* bajo condición de campo, incluyendo plantas acuáticas que coexisten con las plantas huéspedes; 2) analizar la preferencia en relación al contenido de nitrógeno, fósforo y lignina, como indicadores del valor nutritivo de las hojas.

Se plantearon las siguientes hipótesis:

1) *Neochetina eichhorniae* tiene mayor preferencia por *E. crassipes*.

2) El consumo es mayor en las hojas de las macrófitas que tienen mayor contenido de nitrógeno y menor contenido de lignina.

### Materiales y métodos

Las plantas acuáticas utilizadas en las pruebas de preferencia fueron colectadas en una laguna de la planicie de inundación del río Paraná (Chaco: 27°26'S 58°51'O) y en una laguna no conectada a un sistema fluvial (Corrientes: 27°30'S 58°45'O), donde predominan camalotales de *E. crassipes* y *E. azurea*, respectivamente.

Las experiencias se realizaron en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL) (26°46'S 58°50'O) durante el verano y bajo la influencia del clima local, pero sin exposición solar directa, debido a que en los meses de verano se registran los picos de abundancia de las poblaciones de herbívoros en los ambientes naturales (Casco y Poi de Neiff 1998; Franceschini *et al.* 2007, 2011a; Franceschini 2008) y un mayor porcentaje de lámina foliar dañada en las plantas huéspedes (DeLoach y Cordo 1976a; Franceschini *et al.*, 2010, 2011b). El CECOAL está ubicado en las cercanías de los ambientes naturales donde se obtuvieron las plantas y los individuos de *Neochetina*. La temperatura promedio durante las experiencias varió entre 19,2 y 34,2 °C.

Para analizar la preferencia se realizaron pruebas de opción múltiple y doble con y sin las plantas huéspedes siguiendo el criterio de Sheppard *et al.* (2005). Se utilizaron las siguientes especies de macrófitas: *E. crassipes* y *E. azurea* (Pontederiaceae), *Oxycaryum cubense* (Poepp y Kunth, 1908) Palla (Cyperaceae), *Thalia multiflora* (Horkel ex Körn, 1862) (Marantaceae), *Salvinia biloba* (Raddi, 1825) (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* (L., 1753) (Araceae), *Ludwigia peploides* (Kunth) (P. H. Raven, 1963) (Onagraceae), *Nymphaea prolifera* (Wiersema, 1984) (Nymphaeaceae).

Para armar las raciones se cortaron porciones de 25 cm<sup>2</sup> de las hojas de cada especie de planta (Cronin *et al.* 1998; Dorn *et al.* 2001), cuidando de no incluir en las mismas algún tipo de daño. Las raciones se distribuyeron en ocho tratamientos (Tabla 1) con seis repeticiones en el tratamiento 5 y cinco repeticiones en los tratamientos restantes.

Las raciones se colocaron en recipientes transparentes de 32 cm longitud, 23 cm de ancho x 11 cm profundidad, con una base de algodón y papel de filtro humedecido y fueron tapados en la parte superior para mantener un microclima con elevada humedad, característico de los camalotales. Los gorgojos utilizados en los ensayos fueron obtenidos de poblaciones naturales con dominancia de *N. eichhorniae*.

Se colocaron diez curculiónidos por recipiente, alcanzando un N total de 387 individuos al final de la experiencia. Previamente, los curculiónidos fueron sometidos a cuatro horas de ayuno con la intención de descartar los posibles errores metodológicos relacionados con los mecanismos de saciedad (Basset 1994), experiencia y aprendizaje (Bernays 1989; Bernays y Simpson 1990; Bernays y Chapman 1994; Sheppard *et al.* 2005).

Para analizar la preferencia, las especies de plantas se sometieron al consumo de los adultos durante 24 horas; transcurrido ese tiempo, las plantas ofrecidas se retiraron de los recipientes y la preferencia se evaluó considerando que la planta preferida es la más consumida. El consumo se evaluó contando el número de máculas producidas por los gorgojos en cada especie de planta. Como la superficie promedio de

**Tabla 1.** Preferencia alimentaria de *Neochetina eichhorniae* mostrando el área dañada total para cada macrófita (mm<sup>2</sup>), área dañada por curculiónido (mm<sup>2</sup>) y los resultados obtenidos con MGL Mixtos (P < 0,05). Letras distintas indican diferencias significativas con el post test.

Tratamientos y número de curculiónidos	Especies de plantas	Área dañada total (mm <sup>2</sup> )		Área dañada por curculiónido (mm <sup>2</sup> )		Valores de p
N° 1 (N=46)	<i>Eichhornia crassipes</i> <sup>a</sup>	156,78	± 45,75	17,42	± 6,15	<0,0001
	<i>Ludwigia peploides</i> <sup>b</sup>	6,65	± 7,22	0,73	± 0,77	
	<i>Nymphaea prolifera</i> <sup>b</sup>	1,66	± 3,71	0,17	± 0,37	
	<i>Pistia stratiotes</i> <sup>b</sup>	4,99	± 5,32	0,57	± 0,67	
	<i>Salvinia biloba</i> <sup>b</sup>	0,00	± 0	0,00	± 0	
N° 2 (N=46)	<i>Eichhornia azurea</i> <sup>a</sup>	284,76	± 52,86	30,86	± 4,03	<0,0001
	<i>Ludwigia peploides</i> <sup>b</sup>	6,65	± 5,03	0,71	± 0,55	
	<i>Nymphaea prolifera</i> <sup>b</sup>	15,51	± 16,68	1,62	± 1,66	
	<i>Pistia stratiotes</i> <sup>b</sup>	2,22	± 4,95	0,22	± 0,49	
	<i>Salvinia biloba</i> <sup>b</sup>	6,65	± 5,74	0,73	± 0,63	
N° 3 (N=45)	<i>Ludwigia peploides</i> <sup>a</sup>	2,22	± 2,31	0,25	± 0,24	0,1963
	<i>Nymphaea prolifera</i> <sup>a</sup>	3,88	± 4,63	0,46	± 0,57	
	<i>Pistia stratiotes</i> <sup>a</sup>	13,30	± 20,85	1,45	± 2,32	
	<i>Salvinia biloba</i> <sup>a</sup>	17,73	± 13,08	1,96	± 1,32	
N° 4 (N=47)	<i>Eichhornia azurea</i> <sup>a</sup>	192,24	± 30,38	20,51	± 3,35	<0,0001
	<i>Eichhornia crassipes</i> <sup>b</sup>	149,58	± 60,24	15,90	± 6,31	
	<i>Ludwigia peploides</i> <sup>c</sup>	6,65	± 6,95	0,71	± 0,73	
	<i>Nymphaea prolifera</i> <sup>c</sup>	4,99	± 6,00	0,55	± 0,66	
	<i>Pistia stratiotes</i> <sup>c</sup>	1,11	± 1,51	0,12	± 0,16	
N° 5 (N=57)	<i>Eichhornia crassipes</i> <sup>a</sup>	127,88	± 36,72	13,36	± 3,39	<0,0001
	<i>Eichhornia azurea</i> <sup>a</sup>	113,57	± 64,91	12,16	± 7,30	
	<i>Oxycaryum cubense</i> <sup>b</sup>	2,77	± 5,54	0,31	± 0,61	
	<i>Thalia multiflora</i> <sup>b</sup>	0,92	± 2,26	0,10	± 0,25	
N° 6 (N=49)	<i>Eichhornia azurea</i> <sup>a</sup>	170,63	± 72,16	17,62	± 8,06	<0,0001
	<i>Oxycaryum cubense</i> <sup>b</sup>	0,55	± 1,23	0,06	± 0,12	
	<i>Thalia multiflora</i> <sup>b</sup>	1,66	± 3,71	0,17	± 0,37	
N° 7 (N=50)	<i>Oxycarium cubense</i> <sup>a</sup>	14,96	± 15,37	1,50	± 1,53	>0,9999
	<i>Thalia multiflora</i> <sup>a</sup>	14,96	± 12,32	1,50	± 1,23	
N° 8 (N=47)	<i>Eichhornia crassipes</i> <sup>a</sup>	115,23	± 81,31	11,82	± 7,92	0,1582
	<i>Eichhornia azurea</i> <sup>a</sup>	192,79	± 76,15	20,82	± 8,60	

la mácula es de 2,77 mm<sup>2</sup> en el haz y 0,87 mm<sup>2</sup> en el envés (Franceschini *et al.* 2010), una vez contado el número de máculas, se calculó la superficie dañada para cada hoja. Se calculó el daño por cada individuo, no considerando aquellos gorgojos que al refugiarse quedaban atrapados en la cama de algodón; este número siempre fue inferior a dos por cada recipiente, sobre un total de diez. Finalizada las experiencias, los gorgojos fueron fijados en alcohol al 70% y se procedió a la identificación taxonómica (DeLoach 1975), que requiere

para la separación de las especies de *Neochetina* una cuidadosa observación bajo microscopio estereoscópico de los caracteres morfológicos. Las repeticiones donde se detectó la presencia de *N. bruchi* fueron excluidas de este estudio.

Para analizar el valor nutritivo de las hojas, se tomaron muestras de diez hojas de cada especie de macrófita, las cuales se secaron en estufa a 60 °C para el posterior análisis del contenido de nitrógeno y fósforo (Método de Kjendahl) y lignina (método de análisis de fibra de Ankon) en los tejidos.

Los análisis químicos fueron realizados por el Laboratorio de Análisis de la Universidad Católica Argentina (Buenos Aires, Argentina) y el Laboratorio de Química-Física de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Nordeste (Corrientes, Argentina).

Los valores se expresaron como promedio ( $\bar{x}$ ) y desvío estándar. Para analizar las diferencias en el consumo entre especies de plantas y determinar la preferencia se utilizaron los Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLG Mixtos), ya que estos contemplan la dependencia existente entre tratamientos y son más potentes que otros modelos (Mangeaud y Videla 2005). Se consideraron significativas las diferencias con un  $P < 0,05$ . Se realizaron correlaciones utilizando el coeficiente de Spearman para probar las asociaciones entre los factores químicos indicadores del valor nutritivo de las plantas estudiadas y el consumo total de cada una de ellas. Los análisis estadísticos se realizaron con el Software Infostat (versión 2011).

## Resultados

**Preferencia alimentaria de *N. eichhorniae*.** Los valores de superficie dañada oscilaron entre 115 y 156 mm<sup>2</sup> para *E. crassipes* y para *E. azurea* entre 113,57 y 284,76 mm<sup>2</sup> (Tabla 1). Independiente que estuvieran o no las plantas huéspedes, los valores de consumo para *O. cubense*, *T. multiflora*, *S. biloba*, *P. stratiotes*, *L. peploides*, *N. prolifera* fueron inferiores a 17,7 mm<sup>2</sup> (Tabla 1). La superficie dañada por *N. eichhorniae* varió significativamente entre las especies de plantas utilizadas en los tratamientos 1 (MLG Mixtos  $F = 41,61$ ;  $P = < 0,0001$ ) y 2 (MLG Mixtos  $F = 121,75$ ;  $P = < 0,0001$ ) resultando *E. crassipes* y *E. azurea* las plantas preferidas en cada tratamiento, respectivamente (Tabla 1). En el tratamiento 3 el consumo no varió significativamente entre las especies de plantas analizadas (MLG Mixto  $F = 1,75$ ;  $P = 0,1963$ ).

Por lo contrario, en el tratamiento 4 la superficie dañada por los adultos de *N. eichhorniae* fue significativamente diferente entre las distintas especies de plantas (MLG Mixtos  $F = 46,15$ ;  $P = < 0,0001$ ). El post test separó a *P. stratiotes*, *N. prolifera*, *L. peploides* con bajos valores de superficie dañada, de *E. crassipes* y *E. azurea* que resultaron las plantas preferidas. En el tratamiento 5 la superficie dañada por los adultos de *N. eichhorniae* en *E. crassipes* y *E. azurea* fue significativamente mayor respecto de *T. multiflora* y *O. cubense* (MLG mixtos  $F = 20,34$ ;  $P = < 0,0001$ ). La superficie dañada

por *N. eichhorniae* varió significativamente entre *E. azurea*, *O. cubense* y *T. multiflora* en el tratamiento 6 (MLG Mixtos  $F = 27,51$ ;  $P = < 0,0001$ ) en el cual *E. azurea*, resultó la especie preferida.

Cuando no se incluyeron a las plantas huéspedes (tratamiento 7), el consumo no varió significativamente entre *O. cubense* y *T. multiflora* (MLG Mixtos  $F = 0,00$ ;  $P = > 0,9999$ ). No hubo diferencias significativas entre el daño registrado en *E. crassipes* y *E. azurea* (MLG Mixtos  $F = 2,42$ ;  $P = 0,1582$ ) en el tratamiento 8, que consideró sólo a las dos plantas huéspedes. En las hojas de *E. azurea*, la superficie dañada registrada en el haz ( $\bar{x} = 76,45$ ) no fue significativamente diferente (MLG Mixtos  $F = 1,49$ ;  $P = 0,2573$ ) respecto al envés ( $\bar{x} = 116,34$ ). En *E. crassipes* tampoco se observaron diferencias significativas (MLG Mixtos  $F = 0,73$ ;  $P = 0,4172$ ) entre el daño producido en el haz ( $\bar{x} = 43,77$ ) y el envés ( $\bar{x} = 71,47$ ) de la hoja.

**Valor nutritivo de las macrófitas y preferencia de *N. eichhorniae*.** *Eichhornia azurea* fue la macrófita que presentó mayor porcentaje de nitrógeno; estos valores también fueron altos en *L. peploides* y *E. crassipes*, mientras que fueron bajos en *S. biloba*, *O. cubense*, *P. stratiotes* y *T. multiflora*. *E. azurea* registró también el mayor contenido de fósforo, seguida en orden de importancia por *E. crassipes* (Tabla 2). En cuanto al contenido de lignina, los porcentajes más altos correspondieron a *S. biloba*, *T. multiflora* y los más bajos a *E. crassipes* y *E. azurea*. En *S. biloba* los valores de lignina fueron menores en las hojas (15,47%) que en las lacinias (17,24%). El coeficiente de correlación de Spearman obtenido entre el contenido de nitrógeno y consumo total de cada especie de planta fue de 0,76 (prueba de Spearman  $p < 0,05$ ). El contenido de lignina, el cociente lignina- nitrógeno y contenido de fósforo no tuvieron correlación con el consumo total de cada especie de planta (prueba de Spearman  $P = > 0,05$ ).

## Discusión

Existen diversos estudios que demuestran la importancia de *N. eichhorniae* como herbívoro, por el daño que ocasiona a los camalotales de *E. crassipes* en áreas nativas (Poi de Neiff *et al.* 1977; Casco y Poi de Neiff 1998; Poi de Neiff y Casco 2003; Franceschini *et al.* 2010) y no nativas (Julien *et al.* 2001). Los resultados de este estudio bajo condiciones controladas durante las pruebas de preferencia de opción múltiple, muestran que *N. eichhorniae* prefiere por igual a las dos plantas huéspedes. Bajo condiciones de laboratorio y utilizando plantas enteras en las pruebas de preferencia, DeLoach (1976) registra un mayor consumo de *E. crassipes* respecto a *E. azurea* por este curculiónido. Similares valores de daño en el haz y envés de las hojas de las plantas huéspedes es coincidente con lo encontrado por DeLoach y Cordo (1976b). En condiciones de campo no hemos observado poblaciones de *Neochetina* spp. en los camalotales de *E. azurea*, a diferencia de lo que ocurre en *E. crassipes*. Si bien en las hojas de ambas plantas huéspedes se ha obtenido similar valor nutritivo y según Sculthorpe (1967) presentan similares características anatómicas, la arquitectura de la planta de *E. crassipes*, principalmente las hojas envainadas dispuestas en rosetas, proporcionarían refugio para los adultos de *Neochetina* spp. creando un hábitat propicio (DeLoach y Cordo 1976b).

En experiencias de preferencia realizadas con larvas de *Bagous affinis* (Hustache, 1926) (Coleoptera: Curculioni-

**Tabla 2.** Valor nutritivo de las especies de las macrófitas analizadas en las pruebas de preferencia de *Neochetina eichhorniae*. L: Lignina; N: Nitrógeno; P: Fósforo; L/N: cociente Lignina Nitrógeno.

Especies de plantas	Componentes químicos de las plantas			
	L (%)	N (%)	P (%)	L/N (%)
<i>Eichhornia crassipes</i>	2,76	3,48	0,36	0,79
<i>Eichhornia azurea</i>	3,20	3,70	0,38	0,86
<i>Oxycaryum cubense</i>	2,14	1,79	0,20	1,20
<i>Thalia multiflora</i>	19,17	2,26	0,33	8,48
<i>Pistia stratiotes</i>	9,07	2,09	0,23	4,34
<i>Salvinia biloba</i>	15,47	1,31	0,22	11,81
<i>Ludwigia peploides</i>	2,87	3,68	0,34	0,78
<i>Nymphaea prolifera</i>	4,38	3,13	0,23	1,40



dae) con tallos y tubérculos de *Hydrilla verticillata* (L. filis.) (Royle, 1839), los tubérculos, con menor contenido de nitrógeno fueron preferidos sobre los tallos debido a que son más apropiados como hábitat para el crecimiento y desarrollo larval (Wheeler y Center 2007). En *Salvinia molesta* (D.S. Mitchell, 1972) y *S. minima* (Baker, 1886) (Salviniaceae) la elección de planta huésped por *Cyrtobagous salviniae* (Calder y Sands, 1985) (Coleoptera: Curculionidae), se basó en el tamaño de la planta, siendo más preferidas las plantas con rizoma de suficiente diámetro para la actividad minadora de las larvas (Tipping y Center 2005).

DeLoach (1976) encontró que las poblaciones de *Neochetina bruchi* del centro de Argentina son altamente específicas de *E. crassipes* y que raras veces se alimentan y oviponen en *E. azurea* y otras Pontederiaceae. Coincidentemente, en áreas no nativas, *N. eichhorniae* y *N. bruchi* muestran también alta preferencia alimentaria por *E. crassipes* (Shih *et al.* 1994; Ding *et al.* 2002; Chen *et al.* 2005).

Los valores bajos de preferencia registrados en este estudio para *P. stratiotes*, *L. peploides*, *T. multiflora*, *O. cubense*, *N. prolifera* y *S. biloba* indican que estas especies no serían consumidas en condiciones naturales por *N. eichhorniae*. En el área de estudio, Poi de Neiff y Casco (2003) y Casco y Poi de Neiff (1998) registran otras especies de Curculionidae asociadas a estas macrófitas.

Los resultados en este estudio muestran que los insectos prefirieron en general las plantas con mayor contenido de nitrógeno. Según Bernays y Chapman (1994), este nutriente es requerido para el desarrollo y crecimiento óptimo de los insectos herbívoros. Los valores de proteína bruta registrados en *E. crassipes*, *N. prolifera* y *P. stratiotes* por otros autores (Boyd 1969; Boyd y Blackburn 1970; Linn *et al.* 1975; Henry-Silva y Camargo 2006) indican que el contenido de nitrógeno obtenido para estas macrófitas en este estudio, está dentro de ese rango de valores.

Las plantas con mayor contenido de lignina fueron en general las menos preferidas. Esto es coincidente con lo mencionado por varios autores que puntualizan que este compuesto actúa como elemento disuasorio de la alimentación, interviniendo en la dureza de los tejidos y reduciendo la palatabilidad (Rosenthal y Beranbaum 1991; Zamora *et al.* 1999; Elger *et al.* 2006). Los valores de lignina registrados en *S. biloba* fueron comparables a los obtenidos para *S. molesta* (Moozhiyil y Pallauf 1986). Según estos autores, la alta cantidad de lignina de esta especie reduce la aceptación y la digestibilidad y, por lo tanto, el uso de esta macrófita como potencial recurso alimentario para los rumiantes. La concentración de lignina de *P. stratiotes* registrado en este estudio, es comparable al encontrado por Rodríguez y Palma (2000) quienes mencionan la limitación del uso de esta especie como alimento. El valor de lignina de *N. prolifera* es similar al registrado para *N. tuberosa* por Linn *et al.* (1975). Las plantas más preferidas, *E. azurea* y *E. crassipes*, presentaron porcentajes bajos de lignina, coincidiendo con lo obtenido por Poi de Neiff *et al.* (2006). Sin embargo, nuestros resultados muestran que la alimentación de *N. eichhorniae* está correlacionada solamente con los niveles de nitrógeno.

En el caso de *N. prolifera* y *L. peploides* hay que destacar que, si bien registró un alto contenido de nitrógeno y bajo de lignina, estas especies fueron consumidas en bajas proporciones, por lo que serían otros factores los que limitarían su selección por parte de los curculiónidos. Bolser *et al.* (1998) señalan que la palatabilidad de las macrófitas está

determinada principalmente por la dureza de los tejidos y también por la cantidad de productos químicos disuasivos, mientras que para Newman *et al.* (1996) la calidad nutritiva de los tejidos puede también influir en la palatabilidad, pero es de importancia secundaria en la preferencia del herbívoro. Según Lodge *et al.* (1998) para que una macrófita tenga un alto consumo por un invertebrado herbívoro, debe tener una estructura morfológica y consistencia adecuada de los tejidos, ser nutritiva y carecer de sustancias químicas disuasivas. Los resultados de preferencia obtenidos indican la especificidad de *N. eichhorniae* hacia las dos plantas huéspedes, por lo tanto se acepta parcialmente la primera hipótesis propuesta. La segunda hipótesis, i.e. que el consumo de *N. eichhorniae* es mayor en macrófitas que tienen mayor contenido de nitrógeno y menor contenido de lignina, también es aceptada parcialmente, debido a que algunas macrófitas fueron poco consumidas aún cuando presentaron alto contenido de nitrógeno y bajos valores de lignina.

En la mayoría de las macrófitas consideradas en las pruebas de preferencia, el nitrógeno fue un factor determinante en la preferencia de *N. eichhorniae*. Sin embargo en el caso de *N. prolifera* y *L. peploides* se plantea que el valor nutritivo no es el único motivo de selección por parte de los curculiónidos, y que sería aconsejable evaluar factores tales como la presencia de otras sustancias químicas, la consistencia de las hojas, las características morfoanatómicas de las plantas, entre otras.

En síntesis, *N. eichhorniae* tiene especificidad hacia las plantas huéspedes y los valores de consumo se relacionan con el contenido de nitrógeno de las hojas. Estos resultados constituyen una contribución preliminar debido a que todavía es poco conocido el efecto del valor nutritivo de las macrófitas sobre la preferencia alimentaria de los invertebrados herbívoros en los sistemas acuáticos subtropicales.

### Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el proyecto PICT 07-12755 y PICT 2011-2160 del FONCYT (Argentina).

### Literatura citada

- BARRETT, S. C. H.; FORNO, I. W. 1982. Style morph distribution in new world populations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (water hyacinth). *Aquatic Botany* 13: 299-306.
- BASSET, Y. 1994. Palatability of tree foliage to chewing insects: a comparison between a temperate and a tropical site. *Acta Oecologica* 15 (2): 181-191.
- BERNAYS, E. A. 1989. *Insect plant interactions*. Vol. I. CRC Press. Florida. Estados Unidos. 198 p.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. 1994. *Host-plant selection by phytophagous insects*. Chapman & Hall. New York. Estados Unidos. 312 p.
- BERNAYS, E. A.; SIMPSON, S. J. 1990. *Nutrition*. pp. 105-128. En: Chapman, R. F.; Joern, A. (Eds.). *Biology of grasshoppers*. John Wiley & Sons. New York. Estados Unidos. 563 p.
- BOLSER, R. C.; HAY, M. E.; LINDQUIST, N.; FENICAL, W.; WILSON, D. 1998. Chemical defenses of freshwater macrophytes against crayfish herbivory. *Journal of Chemical Ecology* 24 (10): 1639-1658.
- BOYD, C. E. 1969. The nutritive value of three species of water weed. *Economic Botany* 23 (2): 123-127.
- BOYD, C. E.; BLACKBURN, R. D. 1970. Seasonal changes in the proximate composition of some common aquatic weeds. *Hyacinth Control Journal* 8 (2): 42-44.

- BUCKINGHAM, G. R.; BENNETT, C. A. 1998. Host range studies with *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae), an indian weevil that feeds on *Hydrilla* tubers. *Environmental Entomology* 27 (2): 469-470.
- CASCO, S. L.; POI DE NEIFF, A. S. 1998. Daño ocasionado por adultos de *Neochetina* spp. (Coleoptera: Curculionidae) a *Eichhornia crassipes* en la planicie del río Paraná. *FACENA* (Argentina) 14: 31-43.
- CENTER, T. D.; WRIGHT, A. D. 1991. Age and phytochemical composition of waterhyacinth (Pontederiaceae) leaves determine their acceptability to *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology* 20 (1): 323-334.
- CENTER, T. D.; HILL, M. P.; CORDO, H.; JULIEN, M. H. 2002. Waterhyacinth. pp. 41-64. En: Van Driesche, R. G.; Blossey, B.; Hoddle, M.; Lyon, S.; Reardon, R. (Eds.). *Biological control of invasive plants in the eastern United States*. USDA-Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. Morgantown. West Virginia. Estados Unidos. 413 p.
- CHEN, R. X.; YE, G. Y.; WANG, Y. J.; GU, B. Q.; ZHANG, C. F.; YING, X. L.; SHEN, J. 2005. The host specificity of water hyacinth weevils and their controlling effects against water hyacinth in Ningbo district. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* (China) 17 (2): 74-78.
- CORDO, H. A. 1999. New agents for biological control of water hyacinth. pp. 68-74. En: Hill, M. P.; Julien, M. H.; Center, T. D. (Eds.). *Proceeding of the first IOBC global working group meeting for the biological and integrated control of water hyacinth*. Plant Protection Research Institute. Pretoria. Sudáfrica. 182 p.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J. 1982a. Notes on the weevils *Tyloderma*, *Auleutes*, and *Onychylis* that feed on *Ludwigia* and other aquatic plants in southern South America. *The Coleopterists Bulletin* 36 (2): 291-297.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J. 1982b. Weevils *Listronotus marginicollis* and *L. cinnamomeus* that feed on *Limnium* and *Myriophyllum* in Argentina. *The Coleopterists Bulletin* 36 (2): 302-308.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J.; RUNNACLES, J.; FERRER, R. 1978. *Argentinorhynchus bruchi*, a weevil from *Pistia stratiotes* in Argentina: biological studies. *Environmental Entomology* 7 (2): 329-333.
- CORDO, H. A.; DELOACH, C. J.; FERRER, R. 1981. Biological studies on two weevils, *Ochetina bruchi* and *Onychylis cretatus*, collected from *Pistia* and other aquatic plants in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 74 (4): 363-369.
- CORDO, H. A.; LOGARZO, G.; BRAUN, K.; DI IORIO, O. R. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. South American Biological Control Laboratory USDA-ARS y Sociedad Entomológica Argentina. Buenos Aires. Argentina. 734 p.
- CRONIN, G.; WISSING, K. D.; LODGE, D. M. 1998. Comparative feeding selectivity of herbivorous insects on water lilies: aquatic vs. semi-terrestrial insects and submersed vs. floating leaves. *Freshwater Biology* 39: 243-257.
- DELOACH, C. J. 1975. Identification and biological notes on the species of *Neochetina* that attack Pontederiaceae in Argentina (Coleoptera: Curculionidae: Bagoini). *The Coleopterists Bulletin* 29 (4): 257-266.
- DELOACH, C. J. 1976. *Neochetina bruchi*, a biological control agent of waterhyacinth: host specificity in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (4): 635-642.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1976a. Ecological studies of *Neochetina bruchi* and *N. eichhorniae* on waterhyacinth in Argentina. *Journal of Aquatic Plant Management* 14: 53-59.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1976b. Life cycle and biology of *Neochetina bruchi*, a weevil attacking waterhyacinth in Argentina, with notes on *N. eichhorniae*. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (4): 643-652.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1981. Biology and host range of the weevil *Neochetina affinis*, which feeds on Pontederiaceae in Argentina. *Annals of the Entomological Society of America* 74 (1): 14-19.
- DELOACH, C. J.; CORDO, H. A. 1983. Control of waterhyacinth by *Neochetina bruchi* (Coleoptera: Curculionidae: Bagoini) in Argentina. *Environmental Entomology* 12 (1): 19-23.
- DELOACH, C. J.; DELOACH, A. D.; CORDO, H. A. 1976c. *Neohydronomus pulchellus*, a weevil attacking *Pistia stratiotes* in South America: biology and host specificity. *Annals of the Entomological Society of America* 69 (5): 830-834.
- DING, J.; CHEN, Z.; FU, W.; FAN, Z.; WANG, R. 2002. The biology and host range of water hyacinth weevil, *Neochetina eichhorniae*, an insect agent for the control of the weed. *Chinese Journal of Biological Control* 18 (4): 153-157.
- DORN, N. J.; CRONIN, G.; LODGE, D. M. 2001. Feeding preferences and performance of an aquatic lepidopteran on macrophytes: plant hosts as food and habitat. *Oecologia* 128: 406-415.
- ELGER, A.; BARRAT-SEGRETAIN, M. H.; WILLBY, N. J. 2006. Seasonal variability in the palatability of freshwater macrophytes: a case study. *Hydrobiologia* 570: 89-93.
- FORNO, I. W.; SANDS, D. P. A.; SEXTON, W. 1983. Distribution, biology and host specificity of *Cyrtobagous singularis* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) for the biological control of *Salvinia molesta*. *Bulletin of Entomological Research* 73 (1): 85-95.
- FRANCESCHINI, M. C. 2008. Biología y ecología de la tucura semiacuática *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae: Leptysminae) en relación a dos macrófitas dominantes en humedales del nordeste de Argentina: *Eichhornia crassipes* y *E. azurea* (Pontederiaceae). Universidad de la Plata. La Plata. Argentina. 222 p.
- FRANCESCHINI, M. C.; ADIS, J.; POI DE NEIFF, A. S.; DE WY-SIECKI, M. L. 2007. Fenología de *Cornops aquaticum* Bruner (Orthoptera: Acrididae: Leptysminae), en un camalotal de *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) en Argentina. *Amazoniana* 19: 149-158.
- FRANCESCHINI, M. C.; POI DE NEIFF, A.; GALASSI, M. E. 2010. Is the biomass of water hyacinth lost through herbivory in native areas important?. *Aquatic Botany* 92: 250-256.
- FRANCESCHINI, M. C.; DE WY-SIECKI, M. L.; POI DE NEIFF, A.; GALASSI, M. E.; MARTÍNEZ, F. S. 2011a. The role of the host-specific grasshopper *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) as consumer of native *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) floating meadows. *Revista de Biología Tropical* 59 (3): 1407-1418.
- FRANCESCHINI, M. C.; MARTÍNEZ, F. S.; POI, A. S. 2011b. Herbivoría en hojas de *Eichhornia azurea* y *E. crassipes* (Pontederiaceae). IX Congreso Venezolano de Ecología. Instituto Nacional de Investigaciones. Venezuela. 335 p.
- GOPAL, B. 1973. A survey of the indian studies on ecology and production of wetland and shallow water communities. *Polish Archives of Hydrobiology* 20 (1): 21-29.
- HEARD, T. A.; WINTERTON, S. L. 2000. Interactions between nutrient status and weevil herbivory in the biological control of water hyacinth. *The Journal of Applied Ecology* 37: 117-127.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. 2006. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Planta Daninha* 24 (1): 21-28.
- HILL, M. P. 1998. Life history and laboratory host range of *Stenopelmus rufinasus*, a natural enemy for *Azolla filiculoides* in South Africa. *Biocontrol* 43 (2): 215-224.
- JULIEN, M. H.; HILL, M. P.; CENTER, T. D.; Ding, J. 2001. Biological and integrated control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Proceedings of the Second Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth*, Beijing, China, 9-12 October 2000. Australian Centre for International Agricultural Research Proceedings N° 102. Canberra. Australia. 152 p.
- LINN, J. G.; STABA, E. J.; GOODRICH, R. D.; MEISKE, J. C.; OTTERBY, D. E. 1975. Nutritive value of dried or ensiled aqua-

- tic plants. I. Chemical composition. *Journal of Animal Science* 41 (2): 601-609.
- LODGE, D. M.; CRONIN, G.; VAN DONK, E.; FROELICH, A. J. 1998. Impact of herbivory on plant standing crop: comparisons among biomes, between vascular and nonvascular plants, and among freshwater herbivore taxa. pp. 149-174. En: Jeppesen, E.; Søndergaard, M.; Søndergaard, M.; Christoffersen, K. (Eds.). *The structuring role of submerged macrophytes in lakes*. Springer-Verlag, New York. Estados Unidos. 452 p.
- MATTSON, W. J. JR. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 119-161.
- MANGEAUD, A.; VIDELA, M. 2005. En busca de la independencia perdida: la utilización de modelos lineales generalizados mixtos en pruebas de preferencia. *Ecología Austral* 15 (2): 199-206.
- MOOZHYYIL, M.; PALLAUF, J. F. 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. *Economic Botany* 40 (3): 375-383.
- MOREHOUSE, N. I.; RUTOWSKI, R. L. 2010. Developmental responses to variable diet composition in the cabbage white butterfly, *Pieris rapae*: the role of nitrogen, carbohydrates and genotype. *Oikos* 119: 636-645.
- MORRONE, J. J.; O'BRIEN, C. W. 1999. The aquatic and semiaquatic weevils (Coleoptera: Curculionidae: Curculionidae, Dryophthoridae and Eirrhiniidae) of Argentina, with indication of their host plants. *Physis Sección C* 57 (132-133): 25-37.
- NEIFF, J. J. 2003. Distribución de la vegetación acuática y palustre del Iberá. pp. 3-15. En: Poi de Neiff, A. (Ed.) *Limnología del Iberá. Aspectos físicos, químicos y biológicos de las aguas*. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. Argentina. 191 p.
- NEIFF, J. J.; NEIFF, A. P.; CASCO, S. A. L. 2001. The effect of prolonged floods on *Eichhornia crassipes* growth in Paraná river floodplain lakes. *Acta Limnologica Brasiliensia* 13 (1): 51-60.
- NEWMAN, R. M.; KERFOOT, W. C.; HANSCOM III, Z. 1996. Watercress allelochemical defends high-nitrogen foliage against consumption: effects on freshwater invertebrate herbivores. *Ecology* 77 (8): 2312-2323.
- O'BRIEN, C. W. 1976. A taxonomic revision of the New World subaquatic genus *Neochetina* (Coleoptera: Curculionidae: Bagoini). *Annals of the Entomological Society of America* 69 (2): 165-174.
- POI DE NEIFF, A. S.; CASCO, S. L. 2003. Biological agents that accelerate winter decay of *Eichhornia crassipes* Mart. Solms. in northeastern Argentina. pp. 127-144. En: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.). *Ecología e manejo de macrófitas acuáticas*. Maringá. Brasil. 341 p.
- POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J. J.; BONETTO, A. 1977. Enemigos naturales de *Eichhornia crassipes* en el nordeste argentino y posibilidades de su aplicación al control biológico. *Ecosur* 4 (8): 137-156.
- POI DE NEIFF, A.; NEIFF, J. J.; CASCO, S. L. 2006. Leaf litter decomposition in three wetland types of the Paraná river floodplain. *Wetlands* 26 (2): 558-566.
- RODRÍGUEZ, R. J. C. 1996. Estudios taxoecológico y de la dinámica poblacional de macrófitas acuáticas flotantes en la Laguna Castillero de Caicara del Orinoco, estado Bolívar. Informe Final, Proyecto CI-2011-00685/94. Universidad de Oriente. Venezuela. 177 p.
- RODRÍGUEZ, R. J. C.; PALMA, J. 2000. Valor nutritivo del repollito de agua (*Pistia stratiotes* L.) y su posible uso en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical* (Venezuela) 18 (2): 213-226.
- ROOM, P. M.; JULIEN, M. H.; FORNO, I. W. 1989. Vigorous plants suffer most from herbivores: latitude, nitrogen and biological control of the weed *Salvinia molesta*. *Oikos* 54 (1): 92-100.
- ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. 1991. Herbivores. Their interactions with secondary plant metabolites. Vol I: The Chemical participants. Academic Press INC. New York. Estados Unidos. 468 p.
- ROSENTHAL, G. A.; BERENBAUM, M. R. 1992. Herbivores. Their interactions with secondary plant metabolites. Vol. II: Evolutionary and ecological processes. Academic Press INC. New York. Estados Unidos. 493 p.
- SCULTHORPE, C. D. 1967. The biology of aquatic vascular plant. Edward Arnold, Ltd. Londres. Inglaterra. 610 p.
- SHEPPARD, A. W.; VAN KLINKEN, R. D.; HEARD, T. 2005. Scientific advances in the analysis of direct risks of weed biological control agents to non-target plants. *Biological Control* 35: 215-226.
- SHELDON, S. P.; CREED, R. P. JR. 1995. Use of a native insect as a biological control for an introduced weed. *Ecological Applications* 5 (4): 1122-1132.
- SHIH, C. I. T.; CHEN, H. Y.; WANG, C. J. 1994. Host range and preference of water hyacinth weevils, *Neochetina eichhorniae* Warner (Coleoptera: Curculionidae). *Chinese Journal of Entomology* 14: 281-290.
- SOUZA, O. W. 2008. Curculionídeos (Insecta, Coleoptera) associados às macrófitas aquáticas no pantanal Mato-Grossense e Amazônia Central: Taxonomia, ecologia, testes alimentar e de mergulho. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 179 p.
- TIPPING, P. W.; CENTER, T. D. 2005. Influence of plant size and species on preference of *Cyrtobagous salviniae* adults from two populations. *Biological Control* 32: 263-268.
- WATERHOUSE, D. F.; NORRIS, K. R. 1987. *Eichhornia crassipes* (Marthius) Solms-Laubach. pp. 332-341. En: Waterhouse, D. F.; Norris, K. R. (Eds.). *Biological control pacific prospect*. Inkata Press. Melbourne. Australia. 454 p.
- WHEELER, G. S.; CENTER, T. D. 2007. Hydrilla stems and tubers as hosts for three *Bagous* species: two introduced biological control agents (*Bagous hydrillae* and *B. affinis*) and one native species (*B. restrictus*). *Environmental Entomology* 36 (2): 409-415.
- ZAMORA, R. J.; HODAR, A.; GÓMEZ, J. M. 1999. Plant-herbivore interaction beyond a binary vision. pp. 677-718. En: Pugnaire, F.; Valladares, F. (Eds.). *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker. New York. Estados Unidos. 920 p.

Recibido: 17-abril-2012 • Aceptado: 24-abr-2013