

1 Selección de una la especie de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) para el control  
2 biológico de la polilla de la patata *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) mediante  
3 el estudio del comportamiento de parasitación del huésped

4 J.R. Gallego<sup>1</sup>, L. Mellado-López<sup>1</sup> y T. Cabello<sup>1</sup>\*

5 <sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Biología y Geología, Universidad de  
6 Almería, Ctra. Sacramento s/n, CP 04120 Almería, España

7 \*autor para correspondencia: tcabello@ual.es

## 8 Resumen

9 Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de patata de  
10 España son las denominadas “polilla común de la patata” *Phthorimaea operculella* y “polilla  
11 guatemalteca de la patata” *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). Por ello, se han llevado

12 a cabo un estudio, en condiciones de laboratorio, para evaluar el potencial biológico de dos  
13 especies de parasitoides de huevos: *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae* (Hym.:  
14 Trichogrammatidae) como agentes de control *P. operculella*. Se han realizado tres grupos de  
15 ensayos: “no elección” de huésped, “elección” de huésped y estudio del comportamiento de  
16 parasitación. En todos los ensayos se compararon los huevos de la plaga frente al huésped de  
17 cría de los parasitoides: *Ephestia kuehniella*. En los resultados, ensayo de “no elección”, se ha  
18 encontrado que *T. achaeae* parasitó significativamente más huevos huéspedes de ambas  
19 especies que *T. cacoeciae*. Así, la mortalidad total de huevos en *P. operculella* fue del

20 92,78±13,47% para *T. achaeae* frente al 70,88±15,11% para *T. cacoeciae*. A su vez, en el  
21 ensayo de “elección” se ha encontrado que las hembras adultas de ambas especies de  
22 parasitoides presentaron una preferencia por los huevos de *P. operculella* ( $\beta_2 = 0,58 \pm 0,10$  y  $\beta_2$   
23 =  $0,61 \pm 0,17$  para *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, respectivamente). Por último, en el ensayo de  
24 comportamiento de parasitación, se ha encontrado que *T. cacoeciae* presentó significativamente  
25 menores tiempo de búsqueda y menores tiempos de manipulación de ambos huevos huéspedes

Comentado [TCG1]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG2]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG3]: Revisor 1: propone la utilización de “hospedero” u “hospedador”, los autores prefieren conservar “huésped” por las razones alegadas en la Cover Letter

Comentado [TCG4]: Revisor 2: propone un cambio del título para mejor comprensión del contenido. Los autores consideramos que el título, con los cambios menores del Revisor 1 recoge bien el contenido del artículo

Comentado [TCG5]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG6]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG7]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG8]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG9]: Revisor 2: aclarado. Igual se ha reflejado en el Abstract

Comentado [TCG10]: Revisor 2: Hecho. Igual se ha reflejado en el Abstract

Comentado [TCG11]: Revisor 2: Aclarado

que *T. achaeae*. Ambas especies de *Trichogramma* parecen ser buenos candidatos como agentes de control biológico de *P. operculella*, lo que debe ser confirmado posteriormente mediante estudios en campo y en almacén.

**Palabras clave:** Parasitoides oófagos, selección de huésped, aceptación de huésped, Tiempo de búsqueda, tiempo de manipulación.

31 **Selection of a *Trichogramma* species (Hym., Trichogrammatidae) for the biological  
32 control of the potato moth *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) by host-parasitism  
33 behavioral study**

34 **Abstract**

35 Currently, the "potato tubeworm" *Phthorimaea operculella* and the "Guatemalan potato moth"  
36 *Tecia solanivora* (Lep.: Gelechiidae) are the two pests of the greatest economic importance in  
37 Spanish potato crops. For this reason, the potential as biological control agent of two egg  
38 parasitoid species (*Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*) (Hym.: Trichogrammatidae) of  
39 the pest species *P. operculella* has been studied, under laboratory conditions. Three groups of  
40 trials have been carried out: "non-choice" test, "choice" test, and study of parasitic behavior. In  
41 all the trials the eggs of the pest species were compared with the rearing host of the parasitoids:  
42 *Ephestia kuehniella*. In the results, "no choice" test, *T. achaeae* parasitized significantly more  
43 host eggs of both host species than *T. cacoeciae*. Thus, total egg mortality in *P. operculella* was  
44  $92.78 \pm 13.47\%$  by *T. achaeae* versus  $70.88 \pm 15.11\%$  by *T. cacoeciae*. In turn, in the "choice"  
45 test, it was found that adult females of both parasitoid species preferred *P. operculella* eggs ( $\beta_1$   
46  $= 0.58 \pm 0.10$  y  $\beta_2 = 0.61 \pm 0.17$  para *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, respectivamente). Finally, in the  
47 parasitic behavior test, it was found that *T. cacoeciae* showed significantly shorter host  
48 searching times and shorter host handling times than *T. achaeae*. Both *Trichogramma* species  
49 seem to be good candidates as biological control agents of *P. operculella*, which must be  
50 subsequently confirmed by field and warehouse trials.

Comentado [TCG12]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG13]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG14]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG15]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG16]: Revisor 1: eliminado

Comentado [TCG17]: Revisor 2: incluido al modificarse el Resumen como se indicó anteriormente

Comentado [TCG18]: Revisor 2: incluido al modificarse el Resumen como se indicó anteriormente

51   **Key words:** egg parasitoids, host selection, host acceptance, foraging behavior, searching time,  
52   handling time.

### 53   Introducción

54       La patata (*Solanum tuberosum* L.) está considerado como uno de los cuatro cultivos más  
55   importantes para la alimentación humana, es el cuarto, con una producción mundial de 195  
56   millones de toneladas y una superficie de 19 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2018). A su  
57   vez, en el año 1990 había en España una superficie cultivada de 271.300 ha que ha disminuido  
58   hasta las 72.000 ha en 2016 (MAPAMA, 2018). La producción también ha sufrido un descenso,  
59   pasando de los 5,3 millones de toneladas en 2007 a los 2,2 millones de 2016 (MAPAMA, 2018).  
60   En los últimos 12 años, el valor de mercado de la producción total este cultivo, en nuestro país,  
61   ha fluctuado entre 400 y 750 millones de euros observándose valores a la baja cuando aumenta  
62   la producción (MAPAMA, 2018). En dicha producción, destacan las Comunidades de Galicia,  
63   Andalucía y Castilla y León que representan el 71,2% de la superficie nacional.

Comentado [TCG19]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG20]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG21]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG22]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG23]: Editora: Texto eliminado

64       Las plagas que actualmente ocasionan mayores pérdidas económicas en el cultivo de  
65   patata de en España son las denominadas “polilla común de la patata” *Phthorimaea operculella*  
66   (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) y “polilla guatemalteca de la patata” *Tecia solanivora* (Povolný)  
67   (Lep.: Gelechiidae). Con relación a esta última especie plaga,

Comentado [TCG24]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG25]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG26]: Revisor 1: hecho

68       De ellas, *T. solanivora* fue detectada en Canarias en 1999, llegando a producir, en  
69   algunas campañas, pérdidas cercanas al 50% de la producción total en algunas campañas, en  
70   dicha área geográfica (Trujillo-García y Perera-González, 2017). Más recientemente en la  
71   Península, la esta plaga se detectó por primera vez en septiembre de 2015 en varios términos  
72   municipales de las provincias de A Coruña y Lugo (Galicia); así como en el Principado de  
73   Asturias (MAPAMA 2017).

Comentado [TCG27]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG28]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG29]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG30]: Revisor 1: hecho

74       A su vez, la polilla común de la patata (*P. operculella*) es una de las plagas más  
75   importantes de los cultivos de patata a nivel mundial, donde puede llegar a producir hasta un

Comentado [TCG31]: Revisor 1: hecho

76 80% de ~~daño~~ pérdidas en campo, así como ~~pérdidas~~ daños importantes durante el  
77 almacenamiento ([Mamani et al., 1997](#); Rondon, 2010). [Actualmente esta especie es considerada](#)  
78 Es una especie cosmopolita que está ~~and~~ ampliamente extendida en los cinco continentes  
79 (EPPO, 2015); así como en todas las zonas de cultivo de patata del territorio español. [Además,](#)  
80 ~~también puede desarrollarse sobre otras plantas como berenjena (*Solanum melongena* L.),~~  
81 ~~pimiento (*Capsicum annuum* L.), remolacha (*Beta vulgaris* L.) y tabaco (*Nicotiana tabacum*~~  
82 [L.](#)) ([CIP, 2000; EPPO, 2015](#)).  
  
Comentado [TCG32]: Revisor 2: hecho  
Comentado [TCG33]: Revisor 2: hecho  
Comentado [TCG34]: Editora: referencia eliminada  
Comentado [TCG35]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG36]: Editora: texto eliminado

83 En España, *P. operculella* se citó, por primera vez en el año 1925 en Valencia, aunque  
84 posiblemente llevase más tiempo en la Península Ibérica (García-Mercet, 1925). Sus larvas ~~al~~  
85 ~~alimentarse,~~ forman galerías en el interior de los tubérculos, inutilizándolos para el consumo.  
86 Además, ~~la polilla común~~, perforan los tallos y hojas de la planta, debilitándola y reduciendo  
87 los rendimientos, aunque los daños más importantes se producen después de la cosecha, cuando  
88 se almacenan los tubérculos (Kroschel y Schaub, 2013).

Comentado [TCG37]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG38]: Revisor 1: hecho

89 Hasta la fecha, el control químico con insecticidas ha dado buenos resultados para  
90 controlar la polilla común de la patata en campo y almacenamiento (Trujillo-García y Perera-  
91 González, 2014). Sin embargo, la aparición de resistencia a insecticidas, conjuntamente con la  
92 cada vez más restrictiva lista de sustancias activas permitidas y la importancia de los residuos  
93 químicos en las hortalizas, hace que ~~cada vez se tengan más~~ en cuenta ~~cada vez más~~, otros tipos  
94 de alternativas, como el uso de agentes de control biológico (Perera-González *et al.*, 2009).

Comentado [TCG39]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG40]: Revisor 1: hecho

95 ~~Esto, desde un punto de vista general, se encuentra recogido también en la normativa~~  
96 ~~vigente en materia de fitosanitarios, como el Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por~~  
97 ~~el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos~~  
98 ~~fitosanitarios (BOE, 2012), que traspone a la legislación española la Directiva 2009/128/CE del~~  
99 ~~Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco~~  
100 ~~de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas (DOUE, 2009).~~

101 El citado Real Decreto indica que se debe efectuar un uso responsable de los  
102 fitosanitarios para reducir los riesgos a la salud humana y el medio ambiente, lo cual obliga a  
103 realizar una Gestión Integrada de Plagas (GIP). Esto lleva a la necesidad de avanzar en el  
104 desarrollo de diferentes métodos de control cultural, biológico y tecnológico, prioritarios frente  
105 al uso de productos químicos de síntesis, especialmente en campo. Particularmente, dentro de  
106 la dieha nueva normativa, está disponible la Guía de Gestión Integrada de Plagas de la Patata  
107 (Martín Gil y Alonso Aree, 2015).

Comentado [TCG41]: Editora: texto eliminado  
Revisor 2: propone su reducción: hecho al haberse eliminado por extensión del MS

108 Las liberaciones de himenópteros parasitoides oófagos del género *Trichogramma*  
109 [Westwood] (Hym., Trichogrammatidae), constituyen un importante componente en los  
110 programas de manejo integrado de plagas para el control biológico de lepidópteros (Mills,  
111 2010). Así, las especies de *Trichogramma* son los parasitoides más empleados como agentes  
112 de control biológico de especies plaga en cultivos y masas forestales a nivel mundial debido,  
113 por una parte, a su efectividad; por la otra, por la facilidad para su producción en biofábricas, a  
114 bajos costes, y a su amplio rango de especies huésped [Knutson, 1998; Moreno y Grijalba, 2002  
115 Cabello, 1985]. Varias especies de este género son liberadas, a nivel mundial y anualmente, en  
116 más de 33 millones de hectáreas en diferentes cultivos; ello para el control biológico de diversas  
117 especies plaga de lepidópteros (Hajek y Eilenberg, 2018) (Li, 1994; Smith, 1996).

Comentado [TCG43]: Revisor 1: hecho  
Comentado [TCG44]: Editora: referencia eliminada  
Comentado [TCG45]: Referencia nueva

118 Por otra parte, existen pocos antecedentes disponibles sobre la ecología de aspectos  
119 relacionado con especies de *Trichogramma* como parasitoides de *P. operculella*. Se ha citado  
120 el potencial biótico de algunas especies de este género para controlar la plaga, como p. ej. *T.*  
121 *pretiosum* (Riley), *T. cacoeciae* (Marchal), *T. evanescens*, (Westwood) y *T. brasiliensis*  
122 (Ashmead) (Harwalkar *et al.* 1987; Pratissoli y Parra, 2000; Saour *et al.*, 2004). Además, este  
123 género especies no identificadas de este género ha aparecido en prospecciones de enemigos  
124 naturales de la polilla de la patata en Colombia (Kroschel y Schaub, 2013).

Comentado [TCG46]: Revisor 2: actualizada la superficie y la referencia

Comentado [TCG47]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG48]: Revisor 2: solicita especificar las especies.  
Sin embargo, en la bibliografía no está identificadas las especies

125 No es la primera vez que se utiliza especies de *Trichogramma* el control biológico de la  
126 “polilla común de la patata” en España. Así, Urquijo (1944) introdujo desde Estados Unidos de  
127 América y llevó a cabo la cría en masa de ~~dos especies de *Trichogramma*: *T. minutum* y *T.*~~  
128 ~~*pretiosum*~~ en la antigua Estación Fitopatológica de A Coruña. De ellas, realizó sueltas de ~~la~~  
129 ~~especie *T. minutum* en más de 44 parcelas con cultivo comercial, para el control de la polilla~~  
130 ~~común de la patata, en las zonas costeras de Galicia, desde Muros, en la provincia de (A~~  
131 ~~Coruña), hasta la desembocadura del Miño, en la de (Pontevedra). Los resultados, en los casos~~  
132 ~~que se dispuso de datos, fueron muy buenos con un resultado favorable de control en el 54,6%~~  
133 ~~de los casos, en el control de la plaga en el 54,6% de los casos; no favorable en el 29,5% y~~  
134 ~~dudoso en el resto (15,9%). Destacando, este autor. Asimismo, este autor destacó la importancia~~  
135 ~~de la coincidencia de dichas liberaciones con los máximos de oviposición de los adultos de la~~  
136 ~~polilla común de la patata.~~  
137

138 ~~Como ha quedado patente, la importancia del cultivo, el daño de la plaga y la necesidad de~~  
139 ~~búsqueda de nuevos métodos de control de la polilla de la patata; es por lo que se pretendió~~  
140 ~~seleccionar y evaluar, en laboratorio, el potencial de control de la especie de *Trichogramma*~~  
141 ~~para el control biológico de la plaga en España. Las especies de *Trichogramma* ensayadas ha~~  
142 ~~sido *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagakartti usada comercialmente para el control de~~  
143 ~~otra especie de lepidóptero, pero de la misma familia Gelechiidae, en cultivos de tomate, *Tuta*~~  
144 ~~absoluta (Meyrick) (Cabello et al., 2012; Vila y Cabello, 2014) y *T. cacoeciae* citada para el~~  
145 ~~control de *Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller (Lep.: Tortricidae) también en nuestro país~~  
146 ~~(Moreno et al., 2009).~~

147 En el nuestro trabajo, dos especies autóctonas de *Trichogramma* fueron evaluadas en  
148 condiciones de laboratorio mediante el estudio del parasitismo, emergencia, desarrollo, elección  
149 de huésped en condiciones de “no-elección” y “elección” de huésped; así como por el estudio

150 del comportamiento de parasitación. Todo ello con el objetivo de seleccionar la especie de  
151 parasitoide de huevos con mejor potencial biótico para el control de la “polilla común de la  
152 patata”. En este sentido, hay que señalar que el parasitismo y la idoneidad de los huevos de  
153 especies plaga, usualmente determinado mediante el porcentaje de huevos parasitados y el  
154 número de adultos emergidos, entre otros parámetros, son fundamentales para la selección de  
155 un buen agente de control biológico (Hou *et al.*, 2018).

Comentado [TCG59]: Revisor 2: hecho. Texto movido desde Discusión a Introducción

156

## 157 Material y métodos

### 158 *Material biológico y condiciones experimentales*

159 Los ejemplares de los parasitoides *T. achaea* y *T. cacoeciae*, utilizados en los ensayos,  
160 se obtuvieron de poblaciones naturales recolectadas en de huevos parasitados de lepidópteros  
161 (Lep., Noctuidae) y heterópteros hemípteros (Hem., Scutelleridae) en las localizaciones de  
162 Fuencaliente (Isla de la Palma, España) (28° 28' 43" N, 17° 51' 42" W) y Sierra de Cazorla,  
163 (Jaén, España) (37°47'43.2" N, 2°54'26.9" W), respectivamente. Posteriormente dichas especies  
164 han sido fueron mantenidas artificialmente en eria en el laboratorio de Entomología Agrícola  
165 de la Universidad de Almería durante 9 y 6 años, respectivamente, antes del inicio de los  
166 ensayos.

Comentado [TCG61]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG62]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG63]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG64]: Revisor 1: hecho

167 *Trichogramma achaea* y *T. cacoeciae* fueron mantenidas en cría durante 9 y 6 años  
168 antes del inicio de los ensayos. Como huésped de Para la cría se utilizaron huevos de la “polilla  
169 mediterránea de la harina”, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lep., Pyralidae) siguiendo la  
170 metodología descrita por Cabello (1985). Para ello, en dos cartulinas de 2 x 7 cm, se adhirieron  
171 aproximadamente 2000 huevos con agua y se introdujeron en tubos de plástico de 130 ml donde  
172 se encontraban los parasitoides adultos en proporción de 1:4 (adultos del parasitoide:huevos  
173 huéspedes), como alimento se aportó una línea fina de miel aplicada con una aguja.

Comentado [TCG65]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG66]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG67]: Revisor 2: se explica la proporción

174 La población de *P. operculella*, fue criada en el mismo laboratorio y se inició con  
175 ejemplares suministrados por el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Almería (Junta de  
176 Andalucía, España). La cría de *P. operculella* se realizó siguiendo la metodología descrita por  
177 Fenemore (1977) utilizando patatas pequeñas, tipo guarnición, como alimento larvario para las  
178 larvas. Para completar que se iniciase el desarrollo larvario sobre las patatas, discos de papel de  
179 filtro con huevos de la polilla provenientes de las cámaras de apareamiento y oviposición de  
180 los adultos (aproximadamente 20 parejas de adultos confinadas en vasos de plástico de 1000  
181 ml de volumen cerrados con goma elástica y gasa quirúrgica) se dejaban en contacto con los  
182 tubérculos previamente agujereados superficialmente para facilitar la penetración de las larvas  
183 neonatas. Además, disponían de una capa de vermiculita para favorecer su posterior  
184 transformación en pupa. Una vez completado el desarrollo larvario, el sustrato era tamizado  
185 para retirar las pupas y colocarlas nuevamente en cámaras de oviposición hasta la emergencia  
186 de los adultos.

187 En todos los casos anteriores, las poblaciones de insectos fueron criadas en condiciones  
188 climáticas controladas a  $25\pm1^{\circ}\text{C}$ , 60-80% de humedad relativa (H.R.) y fotoperíodo de 16:8 h  
189 de luz:oscuridad (L:O). A su vez, los huevos de *E. kuehniella* (irradiados con luz UV)  
190 empleados en los diferentes ensayos fueron suministrados semanalmente por la empresa Biotop  
191 (Valbonne, Francia).

### 192 *Ensayo de “no elección” de huésped*

193 Se realizó un primer ensayo del tipo “no elección” en el que se evaluaron la aceptación  
194 y parasitación por parte de las dos especies de *Trichogramma* en las dos especies de huevos  
195 huéspedes (*P. operculella* y *E. kuehniella*) (huésped habitual de cría). Para ello, siguiendo la  
196 metodología descrita por Cabello et al. (2014), se emplearon el huésped habitual de cría, huevos  
197 de *E. kuehniella* y huevos de la polilla de la patata, *P. operculella*. A cada una de las hembras  
198 aisladas de cada especie de parasitoide se le ofrecieron 15 huevos de cada huésped, por separado

Comentado [TCG68]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG69]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG70]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG71]: Revisor 2: eliminado

Comentado [TCG72]: Revisor 2: se hace aclaración

199 y adheridos a una distancia equidistante, con un pincel fino y agua, en una cartulina blanca (0.9  
200 x 5 cm) colocada dentro de un tubo de ensayo (7 cm x 1 cm de diámetro); posteriormente, fue  
201 tapado con algodón. Las hembras fueron dejadas parasitar durante 24 horas. Todo  
202 ello, siguiendo la metodología descripción por Cabello *et al.* (2014). Además, como alimento se  
203 aportó una gota de miel colocada en el tubo de ensayo. Se utilizaron hembras de *T. achaea*  
204 (previamente apareadas) o *T. cacoeciae* que fueron colocadas individualmente en tubos de  
205 ensayo (7 cm x 1 cm de diámetro). A continuación, en cada tubo de ensayo se introdujo una  
206 cartulina blanca (0,9 x 5,0 cm) que llevaba adheridos 15 huevos de *E. kuehniella* o de *P.*  
207 *operculella*; también, en dicho momento, se aportó (sobre las paredes del tubo de ensayo) unas  
208 gotas de miel (como alimento de las hembras). Los tubos de ensayo fueron posteriormente  
209 tapados con algodón y las hembras fueron dejadas parasitar durante 24 horas, en las condiciones  
210 ambientales anteriormente indicadas.

Comentado [TCG76]: Revisor 2: párrafo reescrito

211

212 El diseño experimental fue univariante factorial, totalmente aleatorio, con dos factores  
213 implicados: especie de parásitoide (a dos niveles: *T. achaea* y *T. cacoeciae*) y especie de huevo  
214 huésped (a dos niveles: *P. opercula* y *E. kuehniella*); el número de repeticiones fue variable  
215 de 10 a 19 repeticiones por tratamiento. Al final del ensayo, los datos recogidos, al final del  
216 ensayo fueron: (1) el porcentaje de parasitismo aparente (huevos huéspedes parasitados que  
217 viraron a color negro; respecto a los huevos no parasitados que quedaban de color blanco-  
218 anacarado), (2) porcentaje de mortalidad total (por parasitismo y por depredación; en este caso,  
219 por alimentación en el huevo huésped, “host-feeding”, por parte de la hembra, sin llegar a ser  
220 parasitados) y (3) emergencia del parásitoide correspondiente adultos de *Trichogramma* en la  
221 descendencia ( $F_1$ ). Los valores del número de huevos huéspedes parasitados fueron analizados  
222 estadísticamente mediante modelo lineal generalizado (MLGZ) con la distribución de Poisson  
223 y la función de enlace logaritmo; a su vez, los valores medios fueron comparados por pares

Comentado [TCG77]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG78]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG79]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG80]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG81]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG82]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG83]: Revisor 2: hecho

224 mediante el test de Wald. Para ello se usó el software estadístico IBM SPSS versión 23 [IBM,  
225 2014]. El resto de los datos recogidos se dan con sus valores medios ( $\pm$ EE).

Comentado [TCG84]: Editora: referencia eliminada. Al tratarse de un software no sería necesario citar el manual del mismo

## 226 *Ensayo de “elección” de huésped*

227 El segundo ensayo fue del tipo “elección”. Para ello, se siguió la misma metodología  
228 anteriormente señalada, pero con la excepción de que a cada hembra aislada de las dos especies  
229 de *Trichogramma* se le ofrecieron simultáneamente, huevos de las dos especies de huevo  
230 huésped, *E. kuehniella* y *P. operculella*, a las densidades de 8 huevos huéspedes de cada una  
231 de ambas especies. El diseño experimental fue univariante factorial, totalmente aleatorio, con  
232 dos factores implicados: especie de parásitoide (a dos niveles: *T. achaeae* y *T. cacoeciae*) y  
233 especie de huevo huésped (a dos niveles: *P. operculella* y *E. kuehniella*). Al final del ensayo se  
234 registró los datos registrados, al final de ensayo, fue el número de huevos huéspedes  
235 parasitados. Estos datos los cuales también se analizaron estadísticamente mediante el modelo  
236 lineal generalizado (MLGZ). Las medias se compararon, usando el mismo test y software  
237 estadístico antes indicado. En este ensayo, el número de repeticiones por tratamiento, en este  
238 ensayo, fue de 20.

Comentado [TCG87]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG88]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG89]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG90]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG91]: Revisor 2: hecho

239 Además, en este ensayo, Se evaluó también la preferencia de las hembras de cada  
240 especie de *Trichogramma* por los huevos de las dos especies de huevos huéspedes. Para ello se  
241 utilizó el índice de preferencia de Manly ( $\beta_2$ ) (Manly *et al.*, 1972; Chesson 1978; Coek, 1978).  
242 Como estableció Coek (1978), este índice es el único método que tiene en cuenta la reducción  
243 de la densidad de huéspedes que se presenta durante la realización del ensayo, lo que ha sido  
244 corroborado en la revisión realizada por Sherratt y Harvey (1993). La expresión de dicho índice,  
245 según Chesson (1983), fue la siguiente:

$$\beta_2 = \frac{\ln \frac{(n_i - r_i)}{n_i}}{\sum_{i=1}^{i=2} \ln \frac{(n_i - r_i)}{n_i}}$$

248 donde  $\beta_2$  es el índice de preferencia de Manly (sin reposición),  $r_i$  es el número de huevos  
249 huéspedes parasitados y  $n_i$  es el número de huevos huéspedes ofertados;  $i = 1$  y  $2$ , representa  
250 las dos diferentes especies de huevos huésped utilizados. Hay que señalar que cuando el valor  
251 del índice de preferencia de Manly es  $\beta_2 > 0,5$  indica preferencia, indiferencia cuando  $\beta_2 = 0,5$   
252 y rechazo si  $\beta_2 < 0,5$ . Los valores del índice de Manly, obtenidos para cada especie de  
253 *Trichogramma*, especie de huevo huésped y repetición fueron analizados estadísticamente  
254 mediante test de Wilcoxon usando el mismo software estadístico antes indicado.

Comentado [TCG93]: Revisor 2: texto cambiado de Resultados M&M

#### 255 *Estudio del comportamiento de parasitación del huésped*

256 A una hembra aislada de cada especie de parásitoide se le ofreció una cantidad de 5  
257 huevos de *E. kuehniella* o de *P. operculella*, en tandas por separado, pegados con agua en papel  
258 vegetal (círculo de diámetro = 3 cm) y una distribución tipo “cinco de oros” (“patch” o parche).  
259 Para ello, cada hembra y patch de huevos huéspedes fueron colocados dentro de una placa Petri  
260 de vidrio (diámetro = 3 cm), permitiendo la parasitación durante 1 hora.

Comentado [TCG95]: Revisor 2: párrafo movido. Hecho

261 En el tercer ensayo se estudió el comportamiento de parasitación. El diseño  
262 experimental fue univariante factorial, no totalmente aleatorio, con tres factores implicados:  
263 especie de parásitoide (a dos niveles: *T. achaeae* y *T. cacoeciae*), especie de huevo huésped (a  
264 dos niveles: *P. operculella* y *E. kuehniella*) y orden de parasitación de los huevos huéspedes (a  
265 5 niveles).

Comentado [TCG96]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG97]: Revisor 1: hecho

266 En este ensayo los valores medidos fueron el tiempo empleado en la búsqueda del huevo  
267 huésped, dentro del “patch” o parche ( $T_s$ ) y el tiempo de manipulación del huésped ( $T_h$ ). El  
268 primero, ( $T_s$ ) representa el tiempo empleado en la búsqueda del huevo huésped, dentro del  
269 “patch” o parche; a su vez, el  $T_h$  que corresponde a la suma de los tiempos empleados en la  
270 secuencia de oviposición estándar de las hembras adultas de *Trichogramma*: (1) contacto con  
271 el huevo huésped (primer contacto con el huésped mediante las antenas con el huésped); (2)  
272 examen de la superficie del huevo huésped (examen del mismo mediante las antenas de la

Comentado [TCG98]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG99]: Revisor 2: hecho

273 ~~superficie del huevo del huésped~~ antes de su perforación mediante con el ovipositor); (3)  
274 perforación (punción con éxito del corion del huésped); (4) inserción completa del ovipositor y  
275 movimiento abdominal (pero antes del bombeo abdominal del huevo propio), y (5) oviposición  
276 (deposición del huevo propio en el huevo huésped) (Nurindah *et al.*, 1999a)

Comentado [TCG100]: Revisor 2: hecho

277 ~~Para ello, a una hembra aislada de cada especie de parasitoide se le ofrecieron una~~  
278 ~~cantidad de cinco huevos de *E. kuehniella* o de *P. operculella*, en tandas por separado, pegados~~  
279 ~~con agua en papel vegetal (círculo de diámetro = 3 cm) y una distribución del cinco de oros~~  
280 ~~(“patch” o parche). Para ello, cada hembra y patch de huevos huéspedes fueron colocados~~  
281 ~~dentro de una placa Petri de vidrio (diámetro = 3 cm), usada como “arena”. Cada hembra adulta~~  
282 ~~de *Trichogramma* fue dejada parasitar a los huevos huéspedes durante 1 hora.~~

Comentado [TCG101]: Revisor 2: párrafo movido

283 Hay que señalar que la observación directa del comportamiento por parte de un  
284 observador humano puede causar interferencias en el comportamiento del animal observado y  
285 comprometer así la validez de los datos, tal y como ha sido señalado por Wade *et al.* (2005).  
286 Por este motivo y para facilitar el procesado de recogida de la información, en dichas  
287 condiciones y sin interferencia humana, se tomó una foto cada 10 segundos durante la  
288 realización de los ensayos mediante una cámara digital Eos 550D® (Canon), lente: EFS 18-55  
289 con función macro y dotada de un tubo de extensión de 12 mm para permitir una menor  
290 distancia de enfoque. La cámara se conectó mediante cable a un ordenador mediante el software  
291 “communication software for the camera EOS utility”, Versión 2.14 ([Canon, 2014](#)). Se utilizó  
292 iluminación diascópica (luz transmitida) para obtener las fotografías. Debido al tipo de lente  
293 utilizada y la resolución en píxeles necesarios, solo se pudieron capturar las imágenes de 6  
294 arenas placas Petri al mismo tiempo. Por este motivo el proceso se debió repetir durante varios  
295 días; en cada sesión de fotos se dispusieron al azar los distintos tratamientos y repeticiones  
296 utilizadas. Ya que el ensayo no pudo realizarse al mismo tiempo, las repeticiones son en  
297 realidad pseudo-repeticiones y como tales fueron tratadas en los análisis estadísticos llevados a

Comentado [TCG102]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG103]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG104]: Editora: referencia suprimida por la misma razón antes indicada sobre el software

Comentado [TCG105]: Revisor 2: propuso el cambio por “recintos”; sin embargo, consideramos que queda más claro con placas Petri que ya se indicaron al inicio de esta sección.

298 cabot tal y como se explica más adelante. Las fotografías, después de tomadas, fueron montadas  
299 secuencialmente mediante el software Virtual Dub versión 1.49 (Avery, 2013) lo que permitió  
300 la visualización del comportamiento y anotar los tiempos empleados por cada uno de los  
301 parasitoides en función de la especie huésped en cada repetición.

Comentado [TCG106]: Editora: referencia suprimida por la misma razón antes indicada sobre el software

302 Como se ha comentado en el párrafo anterior, debido a tener que llevar a cabo el ensayo  
303 en diferentes días, las repeticiones de los tratamientos no representan verdaderas repeticiones  
304 en un diseño totalmente aleatorio. Esto es frecuente en estudios de comportamiento de insectos.  
305 , por ejemplo, cuando se usan, por ejemplo, olfactómetros (de los cuales se dispone de uno o  
306 pocos equipos), como ha sido señalado por Ramírez *et al.*, (2000) y por Wajnberg y Haenou  
307 (2008). Ante dicha situación no son de aplicación los clásicos análisis estadísticos mediante el  
308 análisis de la varianza (ANOVA), ni los más recientes de modelo lineal general (MLG). En  
309 cambio, sí le son de aplicación los modelos lineales generalizados (MLGZ) (Turlings y  
310 Wackers, 2004; D'Alessandro y Turlings, 2006; Ricard, 2008). Por este motivo, se aplicaron  
311 MLGZ en los análisis estadísticos de los tiempos registrados ( $T_s$  y  $T_h$ ), utilizando la función de  
312 distribución gamma y función de enlace logaritmo, con el mismo software estadístico  
313 anteriormente indicado. El número de repeticiones, o mejor pseudo-repeticiones, fue variable  
314 de 11 a 24 por tratamiento.

Comentado [TCG107]: Editora: texto y referencia suprimida

Comentado [TCG108]: Editora: referencias eliminadas

Comentado [TCG109]: Revisor 2: hecho

## 315 Resultados

### 316 *Ensayo de “no elección” de huésped*

317 En la de la Tabla 1 (parte superior) se recogen los valores medios del número de huevos  
318 parasitados, en el ensayo de “no elección”. de huésped por las hembras adultas de *T. achaearae*  
319 frente a *T. eaeoeciae*, según la de especie de huésped. A su vez, en la Figura 1 se representa  
320 dichos valores expresados en porcentaje.

Comentado [TCG110]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG111]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG112]: Eliminado. Se trata de un error nuestro. La figura 1 se refiere a los datos del ensayo de “no elección”.

323 de efectos del modelo se encontró significación estadística de la especie de parásitoide ( $\chi^2$  de  
324 razón de verosimilitud = 4,661, g.l. = 1;  $P = 0,031$ ) y de la especie de huevos huésped ( $\chi^2$  de  
325 razón de verosimilitud = 3,953, g.l. = 1;  $P = 0,047$ ); pero no de su interacción ( $\chi^2$  de razón de  
326 verosimilitud = 1,468, g.l. = 1;  $P = 0,226$ ).

327 En la Figura 2 se muestra la mortalidad total causada por cada especie de parásitoide,  
328 que ~~Esta mortalidad total engloba a los huevos huéspedes muertos a consecuencia del~~  
329 parasitismo ~~por oviposición de la hembra adulta del parásitoide~~ y de la depredación o “host-  
330 feeding”, en ambos casos por la hembra adulta ~~(en este caso, este “host feeding” sirve para~~  
331 ~~alimentación de las hembras adultas del parásitoide, sin que se origine oviposición por las~~  
332 ~~mismas)~~. Dicha mortalidad total fue mayor para *T. achaea*, independientemente del tipo de  
333 huésped, para *T. achaea*. Para los huevos huéspedes de la polilla común de la patata dicho  
334 valor fue del  $92,78 \pm 13,47\%$  para *T. achaea* frente al  $70,88 \pm 15,11\%$  para *T. cacoeciae*.

335 En la Figura 3 se muestran la emergencia de adultos, ~~en el ensayo de “no elección”~~,  
336 según especie de huésped y especie de *Trichogramma* empleada. El porcentaje de adultos  
337 emergidos (generación  $F_1$ ) fue mayor para la especie *T. achaea* que para *T. cacoeciae*.

338 Se puede observar que la hembra adulta, de ambas especies de parásitoideos, aceptaron  
339 como huésped y consiguieron un desarrollo completo en los huevos de la plaga *P. operculella*  
340 (Tabla 1, Figura 3).

#### 341 *Ensayo de “no elección” de huésped*

342 Los datos obtenidos para el número de huevos ~~huéspedes~~ parasitados en el ensayo de  
343 “elección” (preferencia) se recogen en la Tabla 1(parte inferior). En el ~~análisis estadístico se~~  
344 presentó una alta significación estadística del modelo (Prueba Ómnibus:  $\chi^2$  de ~~razón de~~  
345 verosimilitud = 12,247; g.l. = 3,  $P = 0,007$ ). En las pruebas de efectos del modelo se encontró  
346 también alta significación estadística de la especie de parásitoide ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud  
347 = 8,906, g.l. = 1;  $P = 0,003$ ); pero no de la especie de huevos huésped ( $\chi^2$  de razón de

Comentado [TCG113]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG114]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG115]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG116]: Revisor 2: solicita especificar si hubo o no diferencias significativas. No se puede indicar debido a que no se llevó a cabo el correspondiente análisis estadístico. Por ello, dichos valores se expresan como medias±EE.

Comentado [TCG117]: Revisor 1: hecho  
Revisor 2: hecho

Comentado [TCG118]: Revisor 2: indica que esta frase es más propia de la discusión. Los autores discrepan y lo consideran como resultados

Comentado [TCG119]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG120]: Revisor 2: propone quitar los valores de los resultados de los análisis estadísticos del texto e incluirlos en tablas y figuras. Los autores, con se indica en la Cover Letter, proponen mantenerlos en el texto

Comentado [TCG121]: Revisor 2: indica que se elimine “razón de verosimilitud”. Los autores proponen mantenerlos para evitar confusiones con la prueba con el estadístico Chi-cuadrado de Pearson. Ya que la razón de verosimilitud Chi-cuadrado es una alternativa diferente al estadístico Chi-cuadrado de Pearson.

348 verosimilitud = 3,350, g.l. = 1;  $P = 0,067$ ), ni de su interacción ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud =  
349 0,028, g.l. = 1;  $P = 0,867$ ).

350 En este ensayo, Puede observarse cómo *T. cacoeciae* parasitó significativamente un Comentado [TCG122]: Revisor 2: hecho  
351 mayor número de huevos de *P. operculella* ( $6,70 \pm 0,58$ ) respecto a *T. achaea* ( $5,10 \pm 0,51$ ).

352 Con relación a la preferencia de la especie de huevo huésped, hay que indicar que  
353 cuando el valor del índice de preferencia de Manly es  $\beta_2 > 0,5$  indica preferencia, indiferencia Comentado [TCG123]: Revisor 2: hecho. Movido texto a M&M  
354 cuando  $\beta_2 = 0,5$  y rechazo si  $\beta_2 < 0,5$ . Según lo anterior, las hembras adultas de *T. achaea* Comentado [TCG124]: Revisor 2: hecho  
355 presentaron una preferencia por los huevos de *P. operculella* ( $\beta_2 = 0,58 \pm 0,10$ ) respecto a los de  
356 *E. kuehniella* ( $\beta_2 = 0,42 \pm 0,10$ ) ( $Z = -2,772$ ,  $P = 0,006$ ). Similar preferencia muestra mostró las  
357 hembras adultas de *T. cacoeciae* por los huevos de *P. operculella* ( $\beta_2 = 0,61 \pm 0,17$ ) respecto a  
358 los de *E. kuehniella* ( $\beta_2 = 0,39 \pm 0,17$ ) ( $Z = -2,501$ ,  $P = 0,012$ ).

### 359 *Comportamiento de parasitación*

360 Los valores de  $T_s$  y  $T_h$  encontrados de los tiempos de búsqueda del huevo huésped ( $T_s$ )  
361 y manipulación del mismo ( $T_h$ ) para las dos especies de *Trichogramma*: *T. achaea* y *T.* Comentado [TCG126]: Revisor 1: hecho  
362 *cacoeciae* en relación al huésped *E. kuehniella* se recogen en las Figuras 4 y 5 4A y 5A. A su Comentado [TCG127]: Revisor 1: hecho  
363 vez, los valores correspondientes para el otro huevo huésped *P. operculella* se muestran en las Comentado [TCG128]: Editora: figuras reagrupadas para reducir extensión del MS.  
364 Figuras 6 y 7 4B y 5B.

365 En el análisis estadístico mediante MLGZ del tiempo de búsqueda ( $T_s$ ), mediante  
366 MLGZ, se encontró una alta significación del modelo (Prueba ómnibus:  $\chi^2$  de razón de Comentado [TCG131]: Revisor 1: hecho  
367 verosimilitud = 324,882, g.l. = 19,  $P < 0,0001$ ); en las pruebas de los efectos del modelo se  
368 encontraron efectos altamente significativos de la especie de parasitoide ( $\chi^2$  de razón de  
369 verosimilitud = 124,754, g.l. = 1,  $P < 0,0001$ ), especie de huevo huésped ( $\chi^2$  de razón de  
370 verosimilitud = 139,421, g.l. = 1,  $P < 0,0001$ ) y orden de parasitación del huésped ( $\chi^2$  de razón  
371 de verosimilitud = 341,602, g.l. = 4,  $P < 0,0001$ ); así como de las interacciones  
372 parasitoide\*huésped ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 124,754, g.l. = 1,  $P < 0,0001$ ),

373 parasitoide\*orden ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 237,311, g.l. = 4,  $P < 0,0001$ ), huésped\*orden  
374 ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 135,774, g.l. = 4,  $P < 0,0001$ ) y parasitoide\*huésped\*orden ( $\chi^2$   
375 de razón de verosimilitud = 148,462, g.l. = 4,  $P < 0,0001$ ). Lo anterior parece indicar De su  
376 análisis se observa un comportamiento de búsqueda del huésped muy diferente entre ambas Comentado [TCG132]: Revisor 2: hecho  
377 especies de parasitoides; así como el hecho de estar muy condicionado por la especie de huevo  
378 huésped parasitado y el orden de parasitación. No obstante, a efectos globales, los valores Comentado [TCG133]: Revisor 1: hecho  
379 medios del tiempo de búsqueda , encontrados en el ensayo, no presentaron diferencias Comentado [TCG134]: Revisor 1: hecho  
380 significativas entre las dos especies de parasitoides ( $\chi^2$  de Wald = 0,763; g.l. = 1;  $P = 0,382$ ).  
381 Así, el valor medio para *T. achaeae* fue de  $1,67 \pm 0,12$  min y para *T. cacoeciae* de  $1,51 \pm 0,15$   
382 min.

383 Sin embargo, si tenemos se tiene en cuenta el orden de parasitación si se presentaron Comentado [TCG135]: Revisor 2: hecho  
384 marcadas diferencias. En este sentido, hay que señalar que el  $T_s$  del huevo huésped parasitado Comentado [TCG136]: Revisor 1: hecho  
385 en primer lugar por la hembra adulta de *T. achaeae* fue, tanto para el huevo huésped de *E. kuehniella* ( $21,15 \pm 4,24$  min) como para *P. operculella* ( $13,88 \pm 2,99$  min), significativamente  
386 mayores que el empleado por *T. cacoeciae* para dichos ambos huéspedes y número de orden Comentado [TCG137]: Revisor 1: hecho  
387 ( $1,91 \pm 0,52$  y  $2,01 \pm 0,60$  min, respectivamente) ( $\chi^2$  de Wald = 111,883; g.l. = 19;  $P < 0,0001$ )  
388 (Figuras 4 y 6 4A y B).

390 A su vez, en el análisis estadístico mediante MLGZ del tiempo de manipulación ( $T_h$ ,  
391 mediante MLGZ, se encontró una alta significación del modelo (Prueba ómnibus:  $\chi^2$  de razón  
392 de verosimilitud = 138,780, g.l. = 19,  $P < 0,0001$ ); en las pruebas de los efectos del modelo se  
393 encontraron efectos altamente significativos de la especie de parasitoide ( $\chi^2$  de razón de  
394 verosimilitud = 14,863, g.l. = 1,  $P < 0,0001$ ) y orden de parasitación del huésped ( $\chi^2$  de razón  
395 de verosimilitud = 94,188, g.l. = 4,  $P < 0,0001$ ); así como de las interacciones  
396 parasitoide\*huésped ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 8,163, g.l. = 1,  $P = 0,004$ ), y  
397 parasitoide\*orden ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 10,073, g.l. = 4,  $P = 0,039$ ); pero no se

Comentado [TCG132]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG133]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG134]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG135]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG136]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG137]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG138]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG139]: Editora: figuras reagrupadas para reducir extensión del MS.

Comentado [TCG140]: Revisor 1: hecho

398 encontraron efectos significativos de la especie de huevo huésped ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud  
399 = 0,001, g.l. = 1,  $P$  = 0,977), huésped\*orden ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 3,398, g.l. = 4,  $P$   
400 = 0,494) y parasitoide\*huésped\*orden ( $\chi^2$  de razón de verosimilitud = 2,063, g.l. = 4,  $P$  =  
401 0,724). A diferencia de lo encontrado en el  $T_s$ , parece que los tiempos de manipulación del  
402 huevo huésped, por ambas especies de *Trichogramma*, presentaron menos variabilidad.

403 El promedio del tiempo de manipulación, en función de la especie de *Trichogramma*

Comentado [TCG141]: Revisor 1: hecho

404 fue de  $4,18 \pm 0,14$  min, como promedio, para *T. achaeae* y de  $3,32 \pm 0,16$  min para *T. cacoeciae*,

Comentado [TCG142]: Revisor 1: hecho  
Revisor 2: hecho

405 con diferencias altamente significativas entre dichos valores ( $\chi^2$  de Wald = 16,427; g.l. = 1;  $P$

406 < 0,0001). Pero Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los valores medios

Comentado [TCG143]: Revisor 2: hecho,

407 encontrados para el huevo huésped *E. kuehniella* ( $3,72 \pm 0,15$  min) y el de *P. operculella*

408 ( $3,73 \pm 0,15$  min) ( $\chi^2$  de Wald = 0,001; g.l. = 1;  $P$  = 0,977). Ello parece indicar un

409 comportamiento de parasitación distinto entre *T. achaeae* y *T. cacoeciae*, más debido por las

410 características propias de las hembras de cada especie e independiente del huevo huésped.

411 Aunque, por otra parte, hay que señalar, Según los datos obtenidos (Figuras 5 y 7 5A y B), se

Comentado [TCG144]: Revisor 1: hecho

412 debe señalar que las hembras de *T. achaeae* emplearon un  $T_h$  ( $4,54 \pm 0,23$  min) en huevos de *P.*

Comentado [TCG145]: Editora: figuras reagrupadas para reducir extensión del MS.

413 *operculella* significativamente mayor que para *T. cacoeciae* ( $3,06 \pm 0,20$  min); pero no con

Comentado [TCG146]: Revisor 1: hecho

414 relación al otro huevo huésped ( $\chi^2$  de Wald = 24,568; g.l. = 3;  $P$  < 0,0001). A su vez, se puede

415 observar, en ambas especies de parasitoides y ambas especies de huevos huéspedes, que el valor

416 medio del  $T_h$  decreció a medida que las hembras adultas fueron parasitando los huevos, según

Comentado [TCG147]: Revisor 2: hecho

417 orden. Así, el valor medio para todas las especies fue de  $6,39 \pm 0,39$  min, para el primer huevo,

Comentado [TCG148]: Revisor 1: hecho

418 hasta disminuir disminuyendo significativamente hasta los  $2,87 \pm 0,21$  min en el quinto huevo

Comentado [TCG149]: Revisor 2: hecho

419 huésped ( $\chi^2$  de Wald = 66,421; g.l. = 4;  $P$  < 0,0001). Este hecho fue más acusado para el huésped

Comentado [TCG150]: Editora: figuras reagrupadas para reducir extensión del MS.

420 *P. operculella* que para *E. kuehniella* (Figuras 5 y 7 5A y B). Ello, probablemente debido a un

421 proceso de aprendizaje que redujo dichos tiempos a medida que se produce la parasitación de

422 huevos, comportamiento que ya ha sido citado para otras especies de *Trichogramma* (Nurindah  
423 et al., 1999a).

Comentado [TCG151]: Revisor 2: hecho. Texto eliminado.

## 424 Discusión

425 Como se indicó en la Introducción, no es la primera vez que se aborda el control  
426 biológico de la “polilla común de la patata” mediante especies de *Trichogramma*. Así, el  
427 presente trabajo se puede considerar una continuación de dicha línea con la diferencia, en el  
428 presente caso, de que se aborda el control biológico de la especie plaga con especies autóctonas  
429 de este parasitoide de huevos.

Comentado [TCG152]: Texto nuevo

430 No es la primera vez que se utiliza especies de *Trichogramma* el control biológico de la  
431 polilla común de la patata en España. Así, Urquijo (1944) introdujo desde Estados Unidos de  
432 América y llevó a cabo la cría en masa de dos especies de *Trichogramma*: *T. minutum* y *T.*  
433 *pretiosum* en la antigua Estación Fitopatológica de A Coruña. De ellas, realizó sueltas de la  
434 especie *T. minutum* en más de 44 parcelas con cultivo comercial, para el control de la polilla

Comentado [TCG153]: Revisor 1: hecho

435 común de la patata, en las zonas costeras de Galicia, desde Muros, en la provincia de (A  
436 Coruña), hasta la desembocadura del Miño, en la de (Pontevedra). Los resultados, en los casos  
437 que se dispuso de datos, fueron muy buenos con un resultado favorable de control en el 54,6%  
438 de los casos, en el control de la plaga en el 54,6% de los casos, no favorable en el 29,5% y  
439 dudoso en el resto (15,9%). Destacando, este autor, Asimismo, este autor destaca la importancia  
440 de la coincidencia de dichas liberaciones con los máximos de oviposición de los adultos de la  
441 polilla común de la patata.

Comentado [TCG154]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG155]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG156]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG157]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG158]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG159]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG160]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG161]: Revisor 2: hecho. Texto pasado a la  
Introducción

442 En nuestro trabajo, dos especies autóctonas de *Trichogramma* fueron evaluadas en  
443 condiciones de laboratorio mediante el estudio del parasitismo, emergencia, desarrollo, elección  
444 de huésped en condiciones de “no elección” y “elección” de huésped; así como por el estudio  
445 del comportamiento de parasitación. Todo ello con el objetivo de seleccionar la especie de

446 parasitoide de huevos con mejor potencial biótico para el control de la polilla común de la patata

Comentado [TCG162]: Revisor 2: hecho. Texto movido al final de la Introducción

447 *P. opereulella*.

Comentado [TCG163]: Revisor 1: hecho

448 En este sentido, hay que en parasitoides señalar que el parasitismo y la idoneidad de los  
449 huevos de especies plaga, en parasitoides, es viene usualmente determinado mediante el  
450 porcentaje de huevos parasitados y el número de adultos emergidos, entre otros parámetros  
451 (Hou *et al.*, 2018), tal y como se ha indicado Como se ha indicado que se ha llevado a cabo en  
452 el presente trabajo.

Comentado [TCG164]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG165]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG166]: Revisor 2: hecho. Texto movido a la introducción

Comentado [TCG167]: Revisor 2: hecho. Párrafo movido desde Discusión a Introducción

Comentado [TCG168]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG169]: Revisor 2: hecho

453 Los resultados encontrados en el ensayo de “no elección”, nos ha permitido comprobar  
454 demuestra la capacidad de reconocimiento y aceptación de los huevos de la plaga *P. operulella*  
455 como huésped de las especies de *Trichogramma* estudiadas. Para ambas especies de  
456 parasitoides, el número de huevos parasitados de la plaga *P. operulella* supera a los del  
457 huésped alternativo habitualmente empleado para la cría *E. kuehniella* (Tabla 1), lo que es  
458 destacable de cara al control de la misma. Además, en este mismo ensayo se ha constatado  
459 cómo las dos especies de *Trichogramma* consiguen completar su desarrollo dentro del huevo  
460 de la especie plaga con un buen porcentaje de emergencia, lo cual es un indicativo de la  
461 idoneidad del huésped, ya que ésta hace referencia a la capacidad del parasitoide para completar  
462 el desarrollo usando el huésped en cuestión (Pak, 1990; Wührer y Hassan, 1993).

Comentado [TCG170]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG171]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG172]: Editora: referencia eliminada

463 Por otra parte, al comparar la emergencia en ambos huéspedes el huésped de cría *E.*  
464 *kuehniella* con la emergencia del parasitoide en la polilla común de la patata, ésta ha sido  
465 ligeramente inferior sin llegar a presentar diferencias significativas en ambas especies de  
466 parasitoides (Figura 3). Con relación a este parámetro, hay algunos autores, p.ej. como van  
467 Lenteren (1980), que no consideran la idoneidad del huésped como un criterio importante para  
468 la selección de enemigos naturales que van a ser liberados en sueltas inundativas, siempre y  
469 cuando la acción de los parasitoides conlleve la muerte del huésped, aunque éstos no lleguen a  
470 desarrollarse. Por el contrario, hay otros autores que sostienen que si los huevos de la plaga no

Comentado [TCG173]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG174]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG175]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG176]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG177]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG178]: Revisor 1: hecho

471 mueren cuando son atacados, la emergencia debería ser considerada un criterio en la selección  
472 del enemigo natural (Pak *et al.* 1990; Hou *et al.*, 2018).

473 En línea con estas argumentaciones, ~~cabe destacar en los resultados de que en la~~ Comentado [TCG179]: Revisor 2: hecho  
474 mortalidad total causada por el parasitismo y el “host feeding” ~~que como se comentó~~ Comentado [TCG180]: Autores: añadido para dar consistencia al  
475 ~~anteriormente, incluye la mortalidad de huevos huéspedes debidos al efecto depredador de las~~  
476 ~~hembras adultas del parasitoide)~~, destaca es particularmente importante en la especie de Comentado [TCG181]: Revisor 1: hecho  
477 parasitoide *T. achaeae* frente a *T. cacoeciae*. En ambos casos, el porcentaje de “host feeding”  
478 es similar ~~en ambas especies, en torno al 12 %, por lo que las diferencias en la mortalidad se~~ Comentado [TCG182]: Autores: reescrito  
479 deben a un mayor parasitismo por parte de *T. achaeae*. En algunas especies de *Trichogramma*,  
480 el “host feeding” contribuye significativamente al control de la plaga (Vasquez *et al.*, 1997).

481 En el caso de *T. achaeae*, usado para el control de *T. absoluta* en invernaderos, se ha Comentado [TCG184]: Revisor 1: hecho  
482 demostrado, ~~en otros trabajos,~~ la importancia de la mortalidad causada por el parasitoide sin  
483 que este llegue a desarrollarse en el huevo huésped (“host-feeding”), siendo un mecanismo Comentado [TCG185]: Revisor 2: hecho. Aclarado el tipo de  
484 importante para en el control de la plaga (Cabello *et al.*, 2009; Cabello *et al.*, 2012; Cabello *et*  
485 *al.*, 2014). Comentado [TCG186]: Editora: referencia eliminada

486 ~~En general principio, la polilla común de la patata es un~~ puede ser considerado como un Comentado [TCG187]: Revisor 2: hecho. Redactado como  
487 buen huésped para *Trichogramma* spp. En parte, debido por el tamaño de su huevo, ~~tal y como~~ hipótesis  
488 se ha indicado en los resultados que es ~~(así, por mediciones llevadas a cabo en el presente~~  
489 ~~trabajo, en *P. opercularis* el huevo presenta una longitud de 608,09±17,70 µm y una anchura~~  
490 ~~máxima de 438,66±10,59 µm; N=12) con un tamaño~~ ligeramente superior al del huésped de Comentado [TCG188]: Revisor 1: hecho  
491 cría *E. kuehniella*; que presenta valores de longitud y anchura inferiores a las 600 y 300 µm,  
492 según Cabello *et al.* (2009).

493 Los resultados encontrados no nos deben extrañar, *Trichogramma* es un género  
494 compuesto por parasitoides generalistas y altamente polífagos ~~ovipositan y se alimentan de un~~  
495 ~~amplio rango de huevos de lepidópteros y otras especies)~~ (Cabello 1985; Fournier y Boivin, Comentado [TCG189]: Revisor 1: hecho

496 2000; Polaszek, 2010). Sin embargo, algunos estudios han encontrado preferencias en la  
497 oviposición entre algunas especies de *Trichogramma* y, además de otros factores como son: la  
498 edad del huésped, si éste ha sido previamente parasitado e incluso si los huevos huésped están  
499 fertilizados o no (Pak, 1988; Monje *et al.*, 1999; Du *et al.*, 2018). Además, se conoce su  
500 preferencia por huéspedes con tamaños de huevos relativamente grandes (Chailleux *et al.*,  
501 2012; Pizzol *et al.*, 2012). Sin embargo, el nivel de parasitismo puede variar en diferentes  
502 especies de huevos. Ello, debido a factores como son: preferencia del parasitoide; estado,  
503 tamaño y edad del huevo huésped; entre otros (Pak, 1988; Monje *et al.*, 1999; Chailleux *et al.*,  
504 2012; Pizzol *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2018).

Comentado [TCG190]: Editora: referencia suprimida

505 Así, en este En el presente estudio ambas las dos especies de *Trichogramma* evaluadas  
506 prefirieron los huevos de *P. operculella* frente a los de *E. kuehniella*, como se refleja  
507 en el ensayo de “elección” de huésped. Encontrándose observando los valores de un número  
508 mayor de huevos parasitados con síntomas de parasitismo aparente (viran a color negro) de *P.*  
509 *operculella*, y como lo corrobora el y del índice de preferencia de Manly en ambas especies,  
510 mostrando una preferencia de por la polilla común de la patata similar.

Comentado [TCG193]: Revisor 2: hecho. Texto reescrito para mejor claridad.

511 Por otra parte, parecería que los huevos de la plaga son un huésped menos idóneo que  
512 la *E. kuehniella* debido a que De forma que emergieron un menor número de adultos de los  
513 parasitoídes de los huevos parasitados de la “polilla de la patata” frente a los que emergieron  
514 de los huevos los del huésped de cría (Figura 3). Esto puede deberse a varios factores; en un  
515 primer lugar, se ha citado como una baja emergencia puede deberse a la una baja calidad  
516 nutricional del huevo huésped que repercute el desarrollo larvario de *Trichogramma* (Huang *et*  
517 *al.*, 2018); otra posible causa puede ser el o la existencia de superparasitismo, que puede  
518 incrementar significativamente la mortalidad de la descendencia en parasitoídes oófagos, por  
519 competencia intraespecífica (Duval *et al.*, 2018).

Comentado [TCG194]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG195]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG196]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG197]: Revisor 2: hecho

520 De los resultados encontrados en los ensayos de “no elección” y “elección” de huésped,  
521 cabe destacar que *T. achaea* y *T. cacoeciae* aceptan bien los huevos de la polilla común de la  
522 patata, *P. operculella*. Es la primera vez que se cita a *T. achaea* como potencial agente de  
523 control de esta especie plaga, según la bibliografía consultada. Por el contrario, *T. cacoeciae*,  
524 ya ha sido evaluada, en condiciones de laboratorio, y con buenos resultados como potencial  
525 agente de control biológico de la polilla común de la patata por Saour (2004).

Comentado [TCG198]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG199]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG200]: Revisor 2: hecho

526 Con relación al ensayo del comportamiento de parasitación, la actividad de la hembra  
527 de *Trichogramma* puede ser considerada una respuesta a su estado fisiológico (Nurindah *et al.*,  
528 1999b). El comportamiento de búsqueda es consecuencia de un “apetito innato por parasitar” o  
529 “impulso por ovipositar”, el cual puede estar mediado por el número de huevos en sus ovarios  
530 y oviductos (Hassell y Southwood, 1978).

Comentado [TCG201]: Revisor 2: hecho. Párrafo eliminado

531 En los resultados obtenidos en los ensayos hemos se ha encontrado que los tiempos de  
532 búsqueda ( $T_s$ ) y, en menor medida, los tiempos de manipulación ( $T_m$ ) de las hembras adultas de  
533 *T. cacoeciae* eran menores que los correspondientes a *T. achaea* (Figuras 4-5 y 6-7). Dichas  
534 diferencias pueden ser debidas a la diferente forma de reproducción de *T. cacoeciae* y *T. achaea*  
535 ambas especies. Por una parte, se conoce que la primera especie presenta una reproducción por  
536 partenogénesis telítiquica, con presencia en la descendencia de hembras únicamente (Vavre *et*  
537 *al.*, 2004). Por el contrario, *T. achaea* se reproduce por partenogénesis arrenotóquica, con  
538 existencia de machos y hembras en la descendencia (Gallego, 2017); los machos son haploides  
539 y se desarrollan de óvulos no fecundados en el interior de la hembra; por el contrario, las  
540 hembras son diploides y se desarrollan de huevos fecundados (determinación del sexo por  
541 haplo-diploidia) (Cabello, 1985; Wajnberg, 2010).

Comentado [TCG202]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG203]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG204]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG205]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG206]: Revisor 2: hecho

Comentado [TCG207]: Editora: referencia suprimida

542 Por otra parte, se conoce que las hembras adultas de *Trichogramma*, con  
543 reproducción arrenotóquica, tienen que decidir, en función del huevo huésped, tamaño del  
544 patch, etc. (Wajnberg, 2010) si ovipositar un óvulo que no sea fecundado (que generará a un

Comentado [TCG208]: Revisor 2: hecho

545 macho) o un óvulo fecundado (que generará a una hembra) (Waage y Soek Ming, 1984; Comentado [TCG209]: Editora: referencia suprimida

546 Wajnberg, 1993; Luek *et al.*, 2004). Contrariamente, las hembras adultas de *T. cacoeciae* no Comentado [TCG210]: Editora: referencia suprimida

547 tiene que hacer dicha asignación del sexo y a que siempre ovipositan óvulos con embriones Comentado [TCG211]: Revisor 2: hecho

548 diploides viables que originaron dan lugar a hembras en la descendencia; por ello, sus valores Comentado [TCG212]: Revisor 2: hecho

549 de *T<sub>s</sub>* y *T<sub>h</sub>* van a ser notablemente serían menores, como se ha encontrado en el presente trabajo. Comentado [TCG213]: Revisor 2: hecho

## 550 Conclusiones

551 Los resultados de los ensayos de aceptación, desarrollo en el huésped, preferencia y  
552 comportamiento de parasitación por parte de *T. achaea* y *T. cacoeciae* por sobre la “polilla  
553 común de la patata”, *P. operculella*, muestran que ambas especies de *Trichogramma* son buenas  
554 candidatas para el control biológico de la plaga con ciertas peculiaridades. Por una parte, *T.  
555 achaea* parasita más, se desarrolla mejor y causa una mayor mortalidad en los huevos de la  
556 “polilla de la patata”. Por otra parte, *T. cacoeciae* encuentra los huevos de la plaga más rápido  
557 y los parasita en menor tiempo. En vista a la complementariedad de ambas especies de  
558 *Trichogramma*, podría ser interesante se puede plantear el empleo simultáneo de ambas  
559 especies. El Ese uso simultáneo de varias especies de *Trichogramma* ha sido reportado con  
560 anterioridad como exitoso para el control de esta plaga en invernaderos (Zimmerman y Wührer,  
561 2010). Sin embargo, estos resultados deben ser corroborados con posteriores estudios en  
562 condiciones de semi-campo y campo; así como en condiciones de almacenamiento de la patata.  
563 Pero con buenas perspectivas, ello en función de los resultados encontrados por Urquijo (1944)  
564 previamente en nuestro país con otra especie de *Trichogramma*. Comentado [TCG214]: Revisor 2: hecho

## 565 Agradecimientos

566 Este trabajo ha sido financiado dentro del proyecto titulado: Desarrollo de nuevos  
567 métodos para el manejo integrado para las polillas de la patata *Phthorimaea operculella* y *Tecia  
568 solanivora* (Ref.: RTA2015-00074-C02-00), financiado en la convocatoria de 2015 de  
569 proyectos de investigación fundamental orientada y acciones complementarias en el marco del

570 programa estatal de I+D+I orientada a los retos de la sociedad (reto de seguridad y calidad  
571 alimentaria, actividad agraria productiva y sostenible, sostenibilidad de los recursos naturales e  
572 investigación marina y marítima). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y  
573 Alimentaria (INIA) y Ministerio de Economía y Competitividad. España.

574 **Conflicto de intereses**

575 Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

576 **Referencias bibliográficas**

577 Avery L (2014). Virtualdub Setup, version 1.10.4. Disponible en: <http://www.virtualdub.org/>

578 (Consultado: 30 mayo 2018).

579 BOE (2012). Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el mapeo  
580 de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. Boletín Oficial  
581 del Estado, núm. 223, del 15 de septiembre de 2012, pp. 65124-65171.

Comentado [TCG215]: Editora: referencias suprimidas

582 Cabello, T. (1985). Biología de dos especies de *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae)  
583 parasitas de *Heliothis* spp. Lep.: Noctuidae) en algodonero. Posibilidades de su empleo  
584 como agente de control. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, España.

585 Cabello T, Bonfil F, Gallego, JR, Fernandez Maldonado FJ, Gamez M, Garay J (2014). Can  
586 interactions between an omnivorous hemipteran and a specialist egg parasitoid limit the  
587 level of biological control for the tomato pinworm? Environmental Entomology 44 (1): 12-  
588 26. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/aab.12341>

Comentado [TCG216]: Editora: referencia suprimida

589 Cabello T, Gallego JR, Fernandez FJ, Gamez M, Vila E, del Pino M, Hernandez-Suarez E  
590 (2012). Biological control strategies for the South American tomato moth (Lep.:  
591 Gelechiidae) in greenhouse tomatoes. Journal of Economic Entomology 105: 2085-2096.  
592 Disponible en: <https://doi.org/10.1603/EC12221>

593 Cabello T, Gallego JR, Vila E, Soler A, del Pino M, Carnero A, Hernandez-Suarez E, Polaszek  
594 A (2009). Biological control of the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Lep.:

595 Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in  
596 tomato greenhouses of Spain. IOBC WPRS Bulletin 49: 225-230.

597 Canon, 2014. Communication Software for the Camera EOS Utility, Version 2.14. Canon Inc.  
598 Chailleur A, Desneux N, Seguret J, Khanh HDT, Maignet P, Tabone E (2012). Assessing  
599 European egg parasitoids as a mean of controlling the invasive South American tomato  
600 pinworm *Tuta absoluta*. PLoS One 7(10): e48068. Disponible en:  
601 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048068>

602 Chesson J (1978). Measuring preference in selective predation. Ecology 59(2): 211-215.  
603 Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1936364>

604 Chesson J (1983). The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging  
605 models. Ecology 64(5): 1297-1304. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1937838>

606 CIP (2000). Control biológico de la polilla de la patata con Baculovirus: *Phthorimaea*. Boletín  
607 de capacitación. Ed. CIP, 2, Lima, Perú. 43 pp.

608 Cock MJW (1978). The assessment of preference. The Journal of Animal Ecology, 47(3): 805-  
609 816. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3672>

610 D'Alessandro M, Turlings TC (2006). Advances and challenges in the identification of volatiles  
611 that mediate interactions among plants and arthropods. Analyst 131: 24-32. Disponible en:  
612 <https://doi.org/10.1039/B507589K>

613 DOUE, (2009). Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre  
614 de 2009, por la que se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso  
615 sostenible de los plaguicidas. Diario Oficial de la Unión Europea núm. 309, de 24 de  
616 noviembre de 2009, pp. 71-86.

617 Du WM, Xu J, Hou Y-Y, Lin Y, Zang L-S, Yang X, Desneux N (2018). *Trichogramma*  
618 parasitoids can distinguish between fertilized and unfertilized host eggs. Journal of Pest  
619 Science 91(2): 771-780. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0919-z>

Comentado [TCG217]: Editora: referencias suprimidas

Comentado [TCG218]: Editora: referencias suprimidas

- 620 Duval J-F (2018). Quantification des effets du superparasitisme sur la valeur adaptative et la  
621 survie des couvées chez *Trichogramma euproctidis* Girault. Tesis Doctoral, Université de  
622 Montréal, Canada.
- 623 EPPO (2015). *Phthorimaea operculella* (PHTOOP). EPPO Global Database. Disponible en:  
624 <https://gd.eppo.int/taxon/PHTOOP> (Consultado: 30 de agosto de 2018).
- 625 FAOSTAT (2018). Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en:  
626 <http://www.fao.org/statistics/es/> (Consultado: 30 agosto 2018).
- 627 Fenemore PG (1977). Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lep.:  
628 Gelechiidae); fecundity in relation to mated state, age, and pupal weight. New Zealand  
629 Journal of Zoology 4(2): 187-191. Disponible en:  
630 <https://doi.org/10.1080/03014223.1977.9517952>
- 631 Fournier F, Boivin G (2000). Comparative dispersal of *Trichogramma evanescens* and  
632 *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in relation to environmental  
633 conditions. Environmental Entomology 29(1): 55-63. Disponible en:  
634 <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.1.55>
- 635 Gallego JR (2017). Biological control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) using  
636 egg parasitoids of genus *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae), and its chemical  
637 control compatibility in tomato crops. Tesis Doctoral, Universidad de Almería, España.
- 638 García-Mercet R (1925). La polilla de la patata. Boletín de la Real Sociedad Española de  
639 Historia Natural 25: 469-476.
- 640 Hajek A, Eilenberg J (2018). Natural enemies: an introduction to biological control. 2<sup>a</sup> Edición  
641 Cambridge University, Cambrige, UK, 439 pp.
- 642 Harwalkar MR, Ranavare HD, Rahaikar GW (1987). Development of *Trichogramma*  
643 *brasiliensis* (Hym: Trichogrammatidae) on eggs of radiation sterilized females of potato

Comentado [TCG219]: Revisor 2: hecho, Sangrado corregido

Comentado [TCG220]: Editora: referencias suprimidas

Comentado [TCG221]: Revisor 2: nueva referencia

644 tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Lep.: Gelechiidae). Entomophaga 32(2): 159-162.

645 Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02373126>

646 Hassell M, Southwood TRE (1978). Foraging strategies of insects. Annual Review of Ecology  
647 and Systematics 9(1): 75-98. Disponible en:  
648 <https://doi.org/10.1146/annurev.es.09.110178.000454>

649 Hou Y-Y, Yang X, Zang L-S, Zhang C, Monticelli LS, Desneux N (2018). Effect of oriental  
650 armyworm *Mythimna separata* egg age on the parasitism and host suitability for five  
651 *Trichogramma* species. Journal of Pest Science 91: 1181. Disponible en:  
652 <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0980-2>

653 Huang J, Hua HQ, Zhang F, Li YX (2018). Suitability assessment of three *Trichogramma*  
654 species in the control of *Mythimna separata* (Lep.: Noctuidae). Journal of Applied  
655 Entomology 142(1-2): 131-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jen.12414>

656 IBM. 2014. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 Ed. IBM Corp. Armonk, NY,  
657 EEUU.

658 Knutson, A. (1998). The *Trichogramma* Manual. A guide to the use of *Trichogramma* for  
659 biological control with special reference to augmentative releases for control of bollworm  
660 and budworm in cotton. Ed Agricultural Communications, The Texas A & M University  
661 System, College Station, Texas, USA. 37 pp.

662 Kroschel J, Schaub B (2013). Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of  
663 potato. En Insect Pests of Potato Global Perspective on Biology and Management, (Eds.  
664 Alyokhin A, Giordanengo P, Vincent C), pp. 165-192. Ed Elsevier, Massachusetts, USA.

665 Li LY (1994). Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a  
666 survey. En Biological control with egg parasitoids (Eds Wajnberg E, Hassan SA), pp 37-  
667 53. Ed CAB International, Wallingford, UK.

Comentado [TCG222]: Revisor 2: por eliminación de párrafo  
del MS, también eliminada esta referencia

Comentado [TCG223]: Editora: referencias suprimidas

668 Luck, RF; Janssen, JAM; Pinto, JD; Oatman, ER (2001). Precise sex allocation, local mate  
669 competition, and sex ratio shifts in the parasitoid wasp *Trichogramma pretiosum*.  
670 Behavioral Ecology and Sociobiology, 49: 311-321. Disponible en: [https://doi.org/10.  
671 1007/s002650000294](https://doi.org/10.1007/s002650000294)

672 Mamani D, Sporleder M, Kroschel J (2011). Efecto de materiales inertes de fórmulas  
673 bioinsecticidas en la protección de tubérculos almacenados contra las polillas de papa.  
674 Revista Peruana de Entomología 46: 43-49.

Comentado [TCG224]: Editora: referencias suprimidas

675 Manly BFJ, Miller P, Cook LM (1972). Analysis of a selective predation experiment. The  
676 American Naturalist 106(952): 719-736. Disponible en:  
677 <https://www.jstor.org/stable/2459502>

678 MAPAMA (2017). Áreas demarcadas de *Tecia solanivora* en España. Disponible en:  
679 [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-  
680 vegetal/zonasdemarcadasteciaspana-14junio2017\\_tcm30-381566.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/zonasdemarcadasteciaspana-14junio2017_tcm30-381566.pdf) (Consultado: 4 de  
681 diciembre de 2018).

682 MAPAMA (2018). Estadísticas agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación,  
683 Madrid. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/va/estadistica/temas/estadisticas-  
684 agrarias/agricultura/](https://www.mapa.gob.es/va/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/) (Consultado: 30 de agosto de 2018).

685 Martín Gil A, Alonso Arce F (Cord.) (2015). Guía de gestión integrada de plagas: patata.  
686 Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, ES: 133 pp.

Comentado [TCG225]: Editora: referencias suprimidas

687 Mills N (2010). Egg parasitoids in biological control and integrated pest management. En Egg  
688 parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma* (Eds Consoli FL, Parra JRP,  
689 Zucchi RA), pp 389-411. Ed Springer, Dordrecht, NL. Disponible en:  
690 [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9110-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9110-0_15)

691 Monje JC, Zebitz CP, Ohnesorge B (1999). Host and host age preference of *Trichogramma*  
692 *gallai* and *T. pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on different hosts.

- 693 Journal of Economic Entomology 92(1): 97-103. Disponible en:  
694 <https://doi.org/10.1093/jee/92.1.97>
- 695 Moreno F, Pérez Moreno I, Marco V (2009). Effects of *Lobesia botrana* (Lepidoptera:  
696 Tortricidae) egg age, density, and UV treatment on parasitism and development of  
697 *Trichogramma cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae). Environmental Entomology 38(5):  
698 1513-1520. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/022.038.0520>
- 699 Moreno IP, Grijalba FM (2002). El empleo de *Trichogramma* en control biológico de plagas:  
700 problemas taxonómicos. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa, 31: 239-242.
- 701 Nurindah, Bronwen WC, Gordh G (1999a). Experience acquisition by *Trichogramma*  
702 *australicum* (Hym.: Trichogrammatidae). Australian Journal of Entomology, 38: 115-119.  
703 Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1440-6055.1999.00084.x>
- 704 Nurindah, Cribb BW, Gordh G (1999b). Effects of physiological condition and experience on  
705 oviposition behaviour of *Trichogramma australicum* Girault (Hym.: Trichogrammatidae)  
706 on eggs of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae). Australian Journal of Entomology  
707 38:104-114. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1440-6055.1999.00085.x>
- 708 Pak GA (1988). Selection of *Trichogramma* for inundative biological control. Tesis Doctoral,  
709 Wageningen Agricultural University, Netherlands.
- 710 Pak G (1990). Inundative release of *Trichogramma* for the control of cruciferous lepidoptera:  
711 preintroductory selection of an effective parasitoid. En Diamondback moth and other  
712 crucifers pests: Proceedings of the second International Workshop (Ed Talekar NS), pp 297-  
713 308. Ed Asian vegetable Research and development Center, Tainan, Taiwan,
- 714 Pak G, Kaskens J, De Jong E (1990). Behavioural variation among strains of *Trichogramma*  
715 spp.: host-species selection. Entomologia Experimentalis et Applicata 56(1): 91-102.  
716 Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01384.x>

Comentado [TCG226]: Editora: referencias suprimidas

- 717 Perera-González S, Cubas-Hernández F, Padilla-Cubas Á, Carnero-Hernández A, Hernández-  
718 Borges J, Asensio Ramos M. (2009). Ensayo de eficacia en el control de la polilla  
719 guatemalteca de la patata (*Tecia solanivora*) mediante la aplicación en campo de nematodos  
720 entomopatógenos. Cabildo Insular de Tenerife, 24 pp.
- 721 Pizzol J, Desneux N, Wajnberg E, Thiéry D (2012). Parasitoid and host egg ages have  
722 independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species. Journal of Pest  
723 Science 85(4): 489-496. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10340-012-0434-1>
- 724 Polaszek A (2010). Species diversity and host associations of *Trichogramma* in Eurasia. En  
725 Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*. (Eds. Consoli FL,  
726 Parra JRP, Zucchi RA), pp 237-266. Ed. Springer, Dordrecht, NL.
- 727 Pratirossi D, Parra JRP (2000). Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma*  
728 *pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira  
729 35(7): 1281-1288. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X200000700001>
- 730 Ramírez CC, Fuentes Contreras E, Rodríguez LC, Niemeyer HM (2000). Pseudo replication  
731 and its frequency in olfactometric laboratory studies. Journal of Chemical Ecology 26(6):  
732 1423-1431. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1005583624795>
- 733 Ricard I (2008). Statistical methods for insect choice experiments. Tesis Doctoral, Ecole  
734 Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH.
- 735 Rondon SI (2010). The potato tuberworm: a literature review of its biology, ecology, and  
736 control. American Journal of Potato Research 87(2): 149-166. Disponible en:  
737 <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9123-x>
- 738 Saour G (2004). Efficacy assessment of some *Trichogramma* species (Hym.:  
739 Trichogrammatidae) in controlling the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zell.  
740 (Lep.: Gelechiidae). Journal of Pest Science 77(4): 229-234. Disponible en:  
741 <https://doi.org/10.1007/s10340-004-0058-1>

Comentado [TCG227]: Editora: referencia suprimida

- 742 Sherratt TN, Harvey IF (1993). Frequency dependent food selection by arthropods: a review.  
743 Biological Journal of the Linnean Society 48(2): 167-186. Disponible en:  
744 <https://doi.org/10.1006/bijl.1993.1013>
- 745 Smith SM (1996). Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential  
746 of their use. Annual Review of Entomology, 41(1): 375-406. Disponible en:  
747 <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002111>
- 748 Trujillo-García E, Perera-González S (2014). Guía de lucha contra las plagas y enfermedades  
749 de la patata. Cabildo Insular de Tenerife, ES. 24 pp.
- 750 Trujillo-García E, Perera-González S (2017). Polilla guatemalteca de la pata (*Tecia*  
751 *solanivora*): identificación y control. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural,  
752 Cabildo de Tenerife, ES: 8 pp.
- 753 Turlings TCJ, Wackers F (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-  
754 injured plants. En: Advances in insect chemical ecology (Eds. Cardé RT, Millar JC), pp 21-  
755 75. Ed Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 756 Urquijo, L. (1944). Ensayo del parásito útil *Trichogramma minutum* en la lucha contra la polilla  
757 de la patata. Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, 13, 281-300.
- 758 van Lenteren JC (1980). Evaluation of control capabilities of natural enemies: Does art have  
759 to become science? Netherlands Journal of Zoology 30: 369-381. Disponible en:  
760 <https://doi.org/10.1163/002829679X00467>
- 761 Vasquez LA, Shelton AM, Hoffmann MP, Roush RT (1997). Laboratory evaluation of  
762 commercial Trichogrammatidae products for potential use against *Plutella xylostella* (L.)  
763 (Lep.: Plutellidae). Biological Control 9(2): 143-148.
- 764 Vavre F, Jong JH, Stouthamer R (2004). Cytogenetic mechanism and genetic consequences of  
765 thelytoky in the wasp *Trichogramma cacoeciae*. Heredity 93: 592-596. Disponible en:  
766 <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800565>

Comentado [TCG228]: Editora: referencias suprimidas

Comentado [TCG229]: Editora: referencia suprimida

767 Vila E, Cabello T (2014). Biosystems engineering applied to greenhouse pest control. En:  
768 Biosystems engineering: Biofactories for food production in the XXI Century (Eds. Torres  
769 I, Guevara R), pp 99-128. Springer, Cham, CH.

Comentado [TCG230]: Editora: referencia suprimida

770 Wade MR, Zalucki MP, Franzmann BA (2005). Influence of observer presence on pacific  
771 damsel bug behavior: who is watching whom?. Journal of Insect Behavior 18(5): 651-667.  
772 Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10905-005-7017-4>

773 Waage JK, Sook Ming NG (1984). The reproductive strategy for a parasitic wasp: I. Optimal  
774 progeny and sex allocation in *Trichogramma evanescens*. Journal of Animal Ecology, 53:  
775 401-415. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/4524>

Comentado [TCG231]: Editora: referencia suprimida

776 Wajnberg E (1993). Genetic variation in sex allocation in a parasitic wasp: variation in sex  
777 pattern within sequence of oviposition. Entomologia Experimentalis et Applicata 69: 221-  
778 229. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb01745.x>

779 Wajnberg E (2010) Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. En: Egg parasitoids  
780 in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma* (Eds. Consoli FL, Parra JRP, Zucchi  
781 RA), pp 149-165. Ed Springer Science+Business Media BV, Dordrecht, NL.

782 Wajnberg E, Haceou P (2008). Statistical tools for analyzing data on behavioral ecology of  
783 insect parasitoids. En: Behavioural Ecology of Insect Parasitoids: From Theoretical  
784 Approaches to Field Applications (Eds. Wajnberg E, Bernsteinand C, Van Alphen JJM), pp  
785 402-429. Ed Blackwell publishing, Oxford, UK.

786 Wührer B, Hassan S (1993). Selection of effective species/strains of *Trichogramma* (Hym.,  
787 Trichogrammatidae) to control the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lep.,  
788 Plutellidae). Journal of Applied Entomology 116: 80-89. Disponible en:  
789 <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1993.tb01170.x>

Comentado [TCG232]: Editora: referencias suprimidas

790 Zimmerman O, Wührer B (2010). The South American Tomato Moth, *Tuta absoluta*, a new  
791 pest in Germany: An assessment of biological control options. Journal of Plant Diseases and  
792 Protection 117 (2): 88-95.

793

794 **Tabla 1.** Número medio ( $\pm E.E$ ) de huevos parasitados (parasitismo aparente) en los ensayos  
 795 de “elección” y “no elección”, cuando a las hembras de dos especies de parasitoídes  
 796 (*Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*) se les ofertaron huevos de dos especies huéspedes (E.  
 797 kuehniella y *P. operculella*), llevados a cabo en condiciones de laboratorio ( $25 \pm 2^\circ C$ ; 60-80 %  
 798 de H.R. y luz continua) (\* Valores, para cada ensayo, seguidos por distinta letra presenta  
 799 diferencias significativas mediante test de Wald de comparación por pares:  $\chi^2$  de Wald =  
 800 9,546, g.l. = 3, P = 0,023 y  $\chi^2$  de Wald = 12,318, g.l. = 3, P = 0,006, respectivamente para el  
 801 primer y segundo ensayo).

Comentado [TCG233]: Revisor 1: hecho

802 **Table 1.** Mean number ( $\pm SE$ ) of parasitized eggs (apparent parasitism) in the "choice" and  
 803 "no choice" trials, when eggs of two parasitoid species (*Trichogramma achaeae* and *T.  
 804 cacoeciae*) were offered eggs of two host species (*E. phesia* kuehniella and *P. lithorimaea*  
 805 *operculella*), carried out under laboratory conditions ( $25 \pm 2^\circ C$ , 60-80% RH and continuous  
 806 light) (\* Values, for each test, followed by different letter shows significant differences by Wald  
 807  $\chi^2$  pairwise test:  $\chi^2$  de Wald = 9,546, g.l. = 3, P = 0,023 y  $\chi^2$  de Wald = 12,318, g.l. = 3, P =  
 808 0,006, respectively for the first and second trial).

Comentado [TCG234]: Revisor 1: hecho

Comentado [TCG235]: Revisor 1: hecho

#### Huevo huésped Parasitismo aparente (Media±EE)

Comentado [TCG236]: Revisor 2: hecho

Ensayo	Parasitoide	<i>E. kuehniella</i>			<i>P. operculella</i>		
		N	Media	EE(*)	N	Media	EE(*)
No elección	<i>T. achaeae</i>	10	9,10	$\pm 0,95$ b	12	12,00	$\pm 1,00$ a
	<i>T. cacoeciae</i>	19	8,37	$\pm 0,66$ b	19	8,95	$\pm 0,69$ b
Elección	<i>T. achaeae</i>	20	4,20	$\pm 0,46$ c	20	5,10	$\pm 0,51$ bc
	<i>T. cacoeciae</i>	20	5,70	$\pm 0,53$ ab	20	6,70	$\pm 0,58$ a

809 **Figura 1.** Porcentajes medios de parasitismo de los huevos huéspedes de *E. phestia* kuehniella  
 810 y *P. phthorimaea* operculella, causado por las hembras adultas de *T. ricohogramma* achaeae y *T.  
 811 cacoeciae* en el ensayo de "no elección" de huésped, llevado a cabo bajo condiciones de  
 812 laboratorio ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , 60-80% HR y luz continua) (Lineas verticales indican los errores  
 813 estándares de las medias).

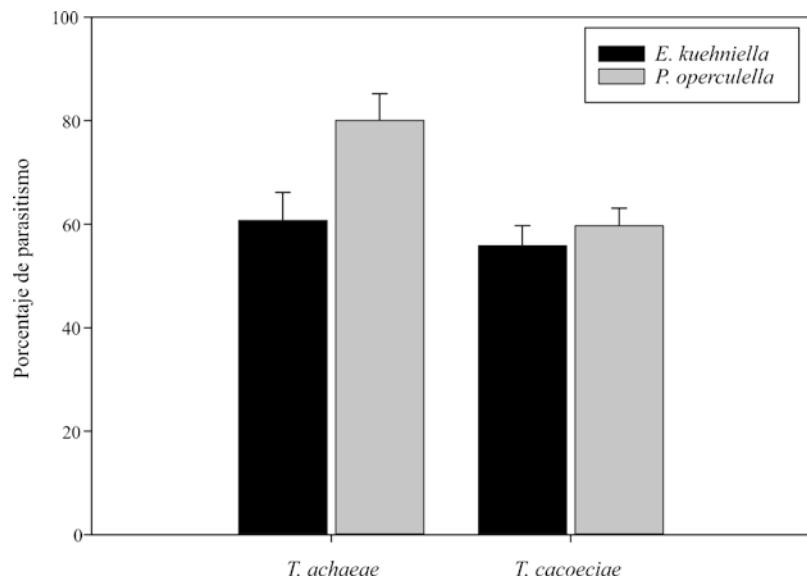
814 **Figure 1.** Average percentages of parasitism of the host eggs: *E. phestia* kuehniella and  
 815 *Phthorimaea operculella* by the adult females of *T. ricohogramma* achaeae and *T. cacoeciae* in  
 816 the host "no choice" test, carried out under laboratory conditions ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , 60-80% RH and  
 817 continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).

**Comentado [TCG238]:** Revisor 2: solicita indicar en la figura si hay o no diferencias significativas. Los autores deben de señalar que los porcentajes contenidos en la figura no fueron sometidos a análisis estadístico, por lo que no se puede incluir las significaciones. Por ello no se pueden incluir

**Comentado [TCG239]:** Revisor 1: hecho

**Comentado [TCG240]:** Revisor 1: hecho

**Comentado [TCG241]:** Revisor 1: hecho



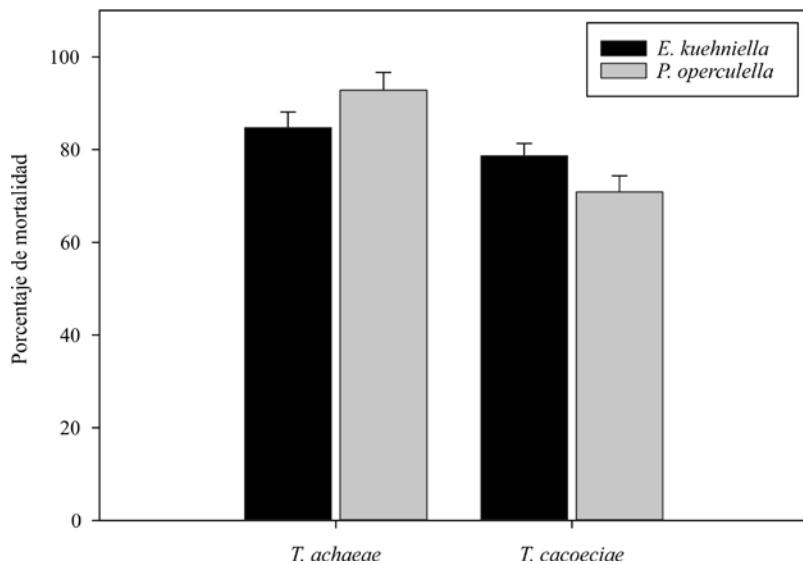
819 **Figura 2.** Porcentajes medios de mortalidad total (parasitismo + depredación por alimentación)  
820 en huevos huéspedes de *E. kuehniella* y *P. operculella*, causado por las hembras de *T. achaeae*  
821 y *T. cacoeciae* en el ensayo de “no elección” de huésped, llevado a cabo en condiciones de  
822 laboratorio ( $25\pm2$  °C; 60-80 % de H.R. y luz continua) (Líneas verticales indican los errores  
823 estándares de las medias).

**Comentado [TCG245]:** Revisor 2: solicita indicar en la figura si hay o no diferencias significativas. Los autores deben de señalar que los porcentajes contenidos en la figura no fueron sometidos a análisis estadístico, por lo que no se puede incluir las significaciones. Por ello no se puede incluir.

824 **Figure 2.** Average percentages of total mortality (parasitism + host feeding) in host eggs of  
825 *E. phestia* *kuehniella* and *P. helorimaea* *operculella*, by females of *T. richogramma* *achaeae* and  
826 *T. cacoeciae* in the host "no choice" test, carried out in laboratory conditions ( $25\pm 2$  °C, 60-  
827 80% RH and continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).

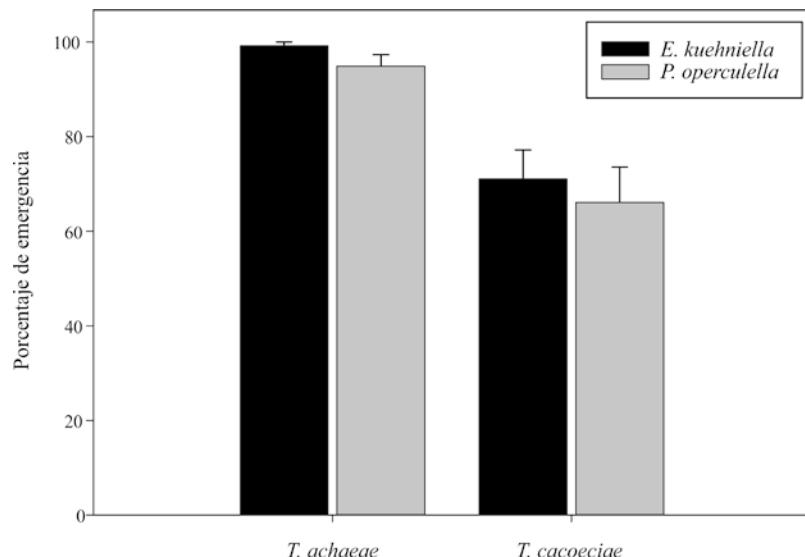
**Comentado [TCG246]:** Revisor 1: hecho

**Comentado [TCG247]:** Revisor 1: hecho



830 **Figura 3.** Porcentajes medios de emergencia de *T. richogramma* achaea y *T. cacoeciae* en  
831 función del huésped (*E. phestia* kuehniella y *P. hthorimaea* operculella) parasitado previamente  
832 por las hembras adultas en el ensayo de “no elección”, llevado a cabo en condiciones de  
833 laboratorio ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ; 60-80 % de H.R. y luz continua) (Líneas verticales indican los errores  
834 estándares de las medias).

835 **Figure 3.** Average emergency of *T. richogramma* achaea and *T. cacoeciae* adults, according to  
836 the host egg (*E. phestia* kuehniella and *P. hthorimaea* operculella) previously parasitized by the  
837 adult females in the "no choice" test, carried out under laboratory conditions ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 60-  
838 80% RH and continuous light) (Vertical lines indicate the standard errors of the means).



839

840

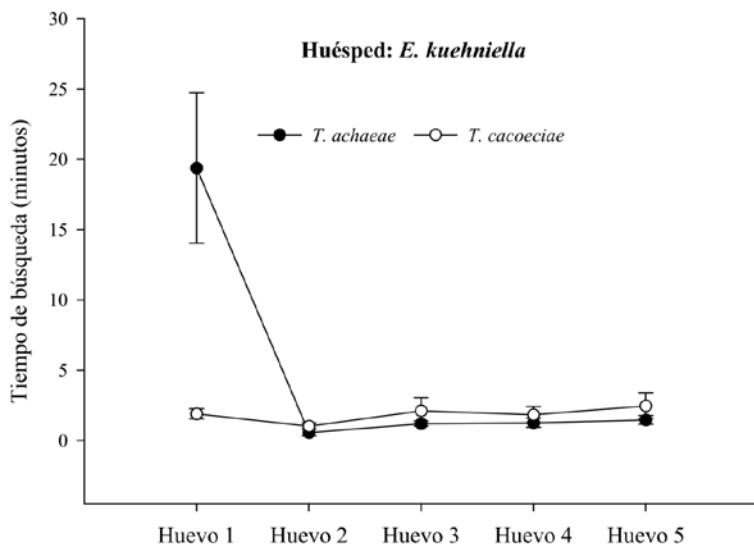
**Comentado [TCG248]:** Revisor 2: solicita indicar en la figura si hay o no diferencias significativas. Los autores deben de señalar que los porcentajes contenidos en la figura no fueron sometidos a análisis estadístico, por lo que no se puede incluir las significaciones. Por ello no se puede incluir.

**Comentado [TCG249]:** Revisor 1: hecho

**Comentado [TCG250]:** Revisor 1: hecho

841 **Figura 4.** Variación del tiempo medio de búsqueda del huésped ( $T_s$ ), expresados en minutos,  
842 de las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
843 oviposición, en el caso de la especie huésped *Ephestia kuehniella* en condiciones de laboratorio  
844 ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 60–80% H.R. y luz continua) (líneas verticales indican los errores estándares de las  
845 medias).

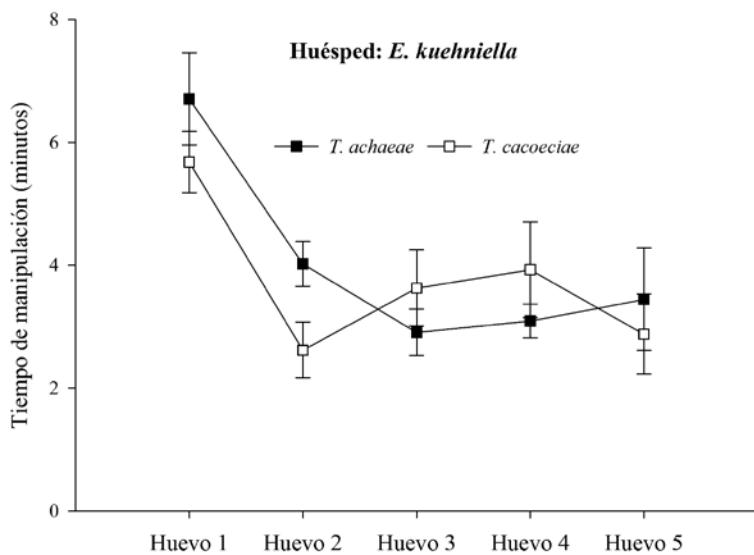
846 **Figure 4.** Progression of the average of searching time ( $T_s$ ) per egg host, in minutes, of the  
847 adult females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition  
848 sequence, in the case of the host species *Ephestia kuehniella* under laboratory conditions ( $25 \pm$   
849  $1^\circ\text{C}$ , 60–80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the  
850 means).



851  
852

853 **Figura 5.** Variación del tiempo medio de manipulación del huésped ( $T_h$ ), expresados en  
854 minutos, en las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
855 oviposición, en el caso de la especie huésped *Ephestia kuehniella* en condiciones de laboratorio  
856 ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 60–80% H.R. y luz continua) (líneas verticales indican los errores estándares de las  
857 medias).

858 **Figure 5.** Progression of the average of handling time ( $T_h$ ) per egg host, in minutes, of the adult  
859 females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition sequence, in  
860 the case of the host species *Ephestia kuehniella* under laboratory conditions ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 60–  
861 80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the means).

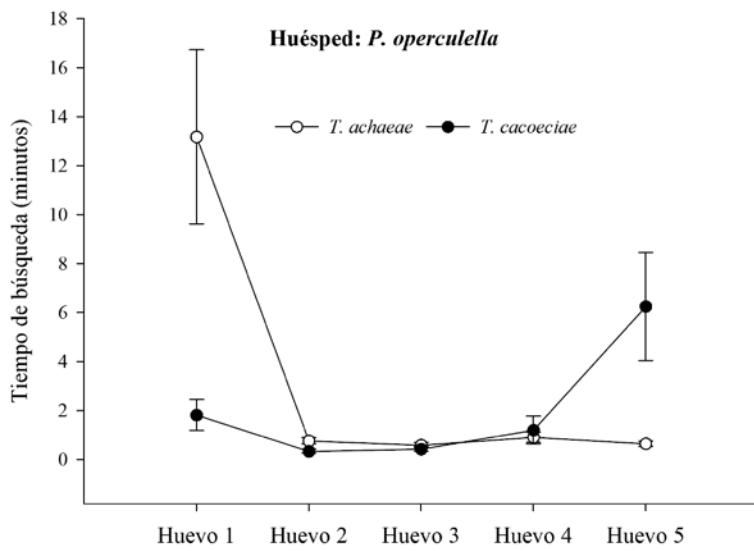


862

863

864 **Figura 6.** Variación del tiempo medio de búsqueda del huésped ( $T_s$ ), expresados en minutos,  
865 de las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
866 oviposición, en el caso de la especie huésped *Phthorimaea operculella* en condiciones de  
867 laboratorio ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% H.R. y luz continua) (líneas verticales indican los errores  
868 estándares de las medias).

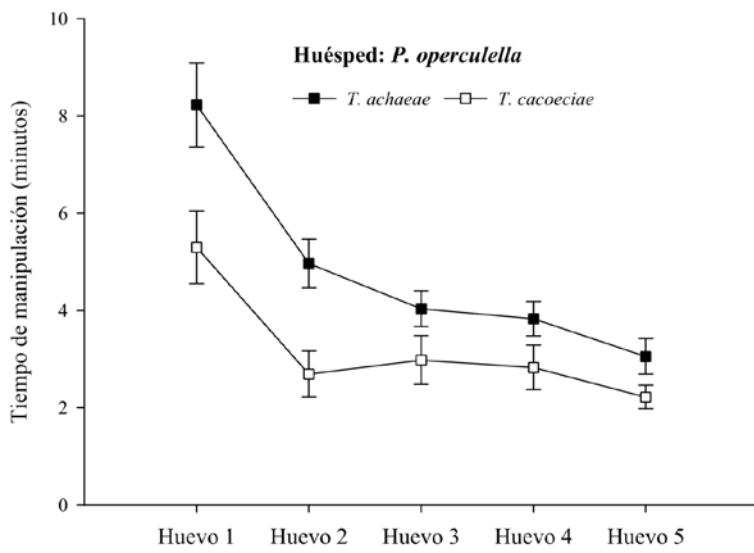
869 **Figure 6.** Progression of the average of searching time ( $T_s$ ) per egg host, in minutes, of the  
870 adult females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition  
871 sequence, in the case of the host species *Phthorimaea operculella* under laboratory conditions  
872 ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the  
873 means).



874  
875

876 **Figura 7.** Variación del tiempo medio de manipulación del huésped ( $T_h$ ), expresados en  
877 minutos, en las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
878 oviposición, en el caso de la especie huésped *Phthorimaea operculella* en condiciones de  
879 laboratorio ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% RH y luz continua) (líneas verticales indican los errores  
880 estándares de las medias).

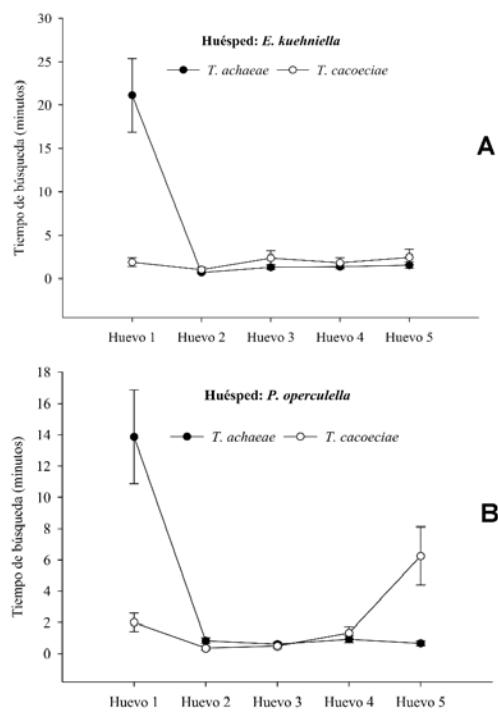
881 **Figure 7.** Progression of the average of handling time ( $T_h$ ) per egg host, in minutes, of the adult  
882 females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition sequence, in  
883 the case of the host species *Phthorimaea operculella* under laboratory conditions ( $25 \pm 1^\circ C$ ,  
884 60–80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the standard errors of the means).



Comentado [TCG251]: Editora: figuras reagrupadas para reducir extensión del MS.

887 **Figura 4.** Variación del tiempo medio de búsqueda del huésped ( $T_s$ ), expresados en minutos,  
888 de las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
889 oviposición, en el caso de la especie huésped *Ephestia kuehniella* (A) y *Phthorimaea operculella*  
890 (B) en condiciones de laboratorio ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% H.R. y luz continua) (líneas verticales  
891 indican los errores estándares de las medias).

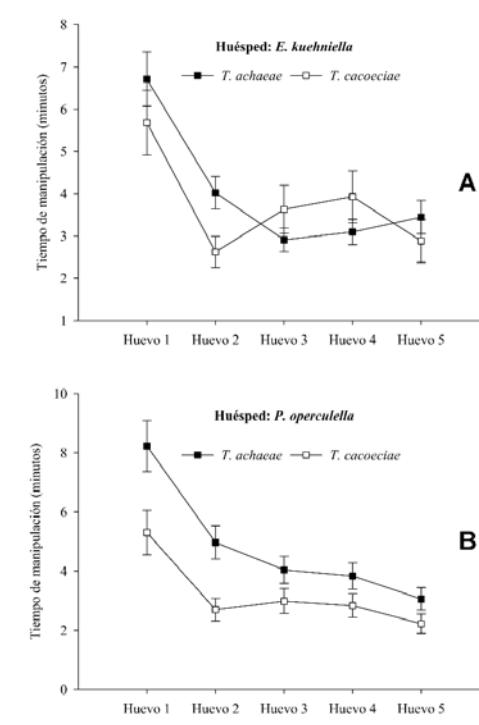
892 **Figure 4.** Progression of the average of searching time ( $T_s$ ) per egg host, in minutes, of the  
893 adult females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition  
894 sequence, in the case of the host species *Ephestia kuehniella* (A) and *Phthorimaea operculella*  
895 (B) under laboratory conditions ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% RH and continuous light) (vertical lines  
896 indicate the standard errors of the means).



897

898 **Figura 5.** Variación del tiempo medio de manipulación del huésped ( $T_h$ ), expresados en  
 899 minutos, en las hembras adultas de *Trichogramma achaeae* y *T. cacoeciae*, según secuencia de  
 900 oviposición, en el caso de la especie huésped *Ephestia kuehniella* (A) y *Phthorimaea operculella*  
 901 (B) en condiciones de laboratorio ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% H.R. y luz continua) (líneas verticales  
 902 indican los errores estándares de las medias).

903 **Figure 5.** Progression of the average of handling time ( $T_h$ ) per egg host, in minutes, of the adult  
 904 females of *Trichogramma achaeae* and *T. cacoeciae*, according to the oviposition sequence, in  
 905 the case of the host species *Ephestia kuehniella* and *Phthorimaea operculella* (B) under  
 906 laboratory conditions ( $25 \pm 1^\circ C$ , 60–80% RH and continuous light) (vertical lines indicate the  
 907 standard errors of the means).



Comentado [TCG252]: Nuevas Figuras 4 y 5 que reagrupa las anteriores 4–7, como se ha indicado anteriormente