

^{1,4}L. De Pedro ● ¹R. Martínez ● ^{1,2}A. Harbi ● ^{1,3}F. Ferrara,
⁴J. Tormos ● ⁴J.D. Asís ● ¹B. Sabater ● ¹F. Beitia

UN NUEVO ENEMIGO NATURAL DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA, TEPHRITIDAE) IDENTIFICADO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA: EL PARASITOIDE *Aganaspis daci* (HYMENOPTERA, FIGITIDAE).

¹ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA); Centro de Protección Vegetal y Biotecnología; Ctra. de Montcada a Náquera, km. 4.5; 46113-Montcada, Valencia. Email: beitia_fra@gva.es

² Institut Supérieure Agronomique de Chott-Mériem, Université de Sousse. 4042 Chott-Mériem (Túnez)

³ Instituto Federal Fluminense (IFF), Campus Bom Jesus do Itabapoana, RJ (Brasil)

⁴ Universidad de Salamanca, Facultad de Biología, Área de Zoología, 37001 Salamanca

Resumen

En los últimos años, el control biológico se ha convertido en una de las principales alternativas en la lucha contra plagas agrícolas. Por ello, la estrategia de gestión integrada de plagas (GIP) en cítricos que se está aplicando en la Comunidad Valenciana debe contemplar la utilización del control biológico contra la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*, una de las plagas clave de su producción citrícola.

En el IVIA se está analizando, desde hace varios años, la posibilidad de usar himenópteros parasitoides de moscas de las frutas, que sean capaces de incorporarse en el Plan estratégico de control integrado de esta plaga. Así, se han importado diversas especies de parasitoides exóticos y también se ha estudiado la presencia de especies de parasitoides nativos.

Recientemente, en el año 2009, se identificó en la provincia de Valencia una especie de himenóptero figítido parasitando larvas de *C. capitata* en higuera, *Aganaspis daci*, que ya había sido citada para la Cuenca Mediterránea en Grecia, en 2006. Se presenta aquí información sobre este parasitoide y los resultados preliminares de la investigación que sobre él se está efectuando, para poder considerarlo como un agente de control biológico de *C. capitata*.

Introducción

La mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), está considerada actualmente como una de las principales amenazas para frutales y cítricos de la Comunidad Valenciana, debido sobre todo a su gran adaptabilidad a las condiciones climáticas y al amplio espectro de frutales sobre los que se puede desarrollar, y concretamente sobre cítricos, a la coincidencia de elevadas poblaciones

del insecto con las épocas de maduración de clementinas tempranas y de naranjas tardías. Por todo ello, los daños económicos que produce en la citricultura valenciana son cuantiosos y las estrategias para su control adquieren una gran relevancia.

Entre estas estrategias, el empleo de fitosanitarios se ha ido abandonando en los últimos años

debido a la creciente concienciación por el uso de técnicas más respetuosas con el medio ambiente. Además, diversos estudios llevados a cabo hace algunos años han evidenciado que el producto más utilizado por entonces, el organofosforado malatión, tenía efectos negativos sobre enemigos naturales (Urbaneja *et al.*, 2004), efectos nocivos sobre la salud humana (Barr y Angerer, 2006) y que estaba

generando poblaciones resistentes de la plaga (Ortego *et al.*, 2005). Así, el Plan Integral de actuación contra *Ceratitis capitata* en la Comunidad Valenciana, iniciado en 2003, contempla la aplicación de un programa de gestión integrada de plagas (GIP) que, incluyendo una aplicación racional de determinados fitosanitarios, se centra en otras técnicas medioambientalmente aceptables, fundamentalmente la técnica del insecto estéril (TIE), apoyada en el trampeo masivo, las trampas quimioesterilizantes y otras medidas de control, entre las que se está estudiando la viabilidad del control biológico mediante parasitoides.

El control biológico de moscas de las frutas por medio de parasitoides es una técnica ya antigua; los primeros intentos datan de principios del siglo XX en Australia (Beitia *et al.*, 2007). Actualmente se está utilizando con bastante éxito en diversos países de América, habitualmente junto al empleo de la TIE, por medio de sueltas inundativas de la especie de parasitoide seleccionada para ello.

En los últimos años, en el IVIA se está analizando la utilización de parasitoides de tefrítidos para combatir las poblaciones de *C. capitata*, tanto en cítricos como en otros frutales, para lo cual ya se importaron tres especies de himenópteros braconídeos: *Fopius arisanus* (Sonan), *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) y *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Beitia *et al.*, 2003; Falcó *et al.*, 2003; Beitia *et al.*, 2011). Aparte de la importación de especies exóticas, otra opción considerada ha sido la búsqueda de parasitoides autóctonos, ya adaptados a las condiciones de la región. Se encontraron dos especies de pteromálicos parasitoides de pupas, *Spalangia cameroni*

Perkins y *Pachycrepoideus vindemmiæ* (Rondani), cuyas crías se mantienen en la actualidad mientras se sigue testando su efectividad.

Más reciente es la identificación en la Comunidad Valenciana de otra especie de parasitoide, el himenóptero figítido *Aganaspis daci* (Weld), que se capturó parasitando a *C. capitata* en higuera en el año 2009, durante un ensayo de campo que se realizaba con *D. longicaudata* (Verdú *et al.*, 2011). Esta especie había sido citada por primera vez en la Cuenca Mediterránea en el año 2003, en la isla griega de Chios (Papadopoulos y Katsoyannos, 2003), parasitando larvas de *C. capitata* que infestaban higueras y con una tasa de parasitismo del 45%, lo que hizo pensar que podía tratarse de una especie con potencial como agente de control de la plaga.

Aganaspis daci es un himenóptero de la subfamilia Eucoilinae, dentro de la familia Figitidae. Son 7 las especies pertenecientes a este género que, en algún momento, se han citado parasitando alguna especie de tefrítido, pero sólo dos de ellas se han intentado emplear en programas de control: *A. pelleranoi*, propia del continente americano, y la citada *A. daci*, de origen asiático, concretamente de la zona de Malasia y Taiwan, donde se describió como parasitoide de dípteros del género *Dacus* (Weld, 1951).

A. daci es una especie de endoparasitoide solitario de moscas de las frutas, cenobionte, que realiza la oviposición en el último estadio larvario del tefrítido correspondiente, emergiendo el adulto del pupario del díptero. Los individuos son de pequeño tamaño (1,5 - 2mm.), con aspecto negruzco y patas,

mandíbulas y abdomen rojizos. El dimorfismo sexual se encuentra especialmente en las antenas, siendo las de los machos más largas que las de las hembras (en machos superan la longitud del resto del cuerpo; en las hembras no) y mostrando 15 antenómeros los machos por 13 las hembras (Weld, 1951) (figuras 1 y 2).

Se ha comprobado que no existe mucha información básica sobre las características biológicas de esta especie de parasitoide, más allá de estudios aislados y realizados sobre especies de tefrítidos distintas a *C. capitata* (Ramadan *et al.*, 2007; Andleeb *et al.*, 2010; Marwa *et al.*, 2011). En nuestro caso, el interés se centra lógicamente en la eficacia que pudiera mostrar en el control de poblaciones de *C. capitata*. A continuación se resumen los trabajos que se están realizando con *A. daci* en el Departamento de Entomología del IVIA.

Cría del insecto

Tras su identificación en 2009 en el municipio de Bétera (Valencia), en el año 2010 se inició una cría de laboratorio en las instalaciones del IVIA (figura 3). Dicha cría se mantiene actualmente, tras más de 40 generaciones del insecto. Esta cría se estableció con poblaciones procedentes de la Universidad de Thesaly (Grecia), con la intención de acelerar los trabajos sobre el parasitoide. Posteriormente, en 2011, ya se inició una pequeña cría con ejemplares recogidos en parcelas experimentales del IVIA (Moncada, Valencia); se han comparado las dos poblaciones, española y griega, verificándose que se trata de la misma especie y de la misma raza, gracias a ensayos de identificación molecular.

Ensayos de laboratorio

Utilizando ejemplares de la cría, en el año 2011 se inició el estudio básico de los parámetros biológicos de esta especie de parasitoide sobre *C. capitata*. Según se refleja en el trabajo desarrollado por Martínez (2011), se analizó:

1. La longevidad de adultos y el parasitismo producido por la hembra, a 21-25 °C. Se comprobó que ambos sexos no difieren significativamente en su longevidad media (25,69 días para la hembra y de 23,47 días para el macho); mientras que la progenie media generada por cada hembra en dichas condiciones de temperatura fue de 182 individuos, valor superior al de otras especies de parasitoides también estudiadas en el IVIA, como el caso de *D. longicaudata*, con una progenie media producida por hembra de 70 individuos. Esto sugiere que *A. daci* podría tener una buena acción parasitaria en campo sobre *C. capitata*.

2. La longevidad de los adultos y la duración del desarrollo de los estados inmaduros (desde huevo hasta emergencia de adulto) en función de la temperatura (figura 4). Se estudió la incidencia de 5 temperaturas constantes (15°C, 20°C, 25°C, 30°C y 35°C), siempre con una humedad relativa de 60-70 % y un fotoperiodo de 16:8 (día:noche). Se comprobó que la longevidad media no difería significativamente entre sexos a una temperatura determinada (como ya ocurrió en el ensayo anterior), observándose máxima longevidad a 15°C (28 días el macho y 34 días la hembra, de media) y mínima longevidad a 35°C (6 días de media para macho y hembra). Por su parte, se determinó que a 35°C existe una mortalidad del 100% de los inmaduros (no hubo emergen-

cia de adultos), mientras que a 15°C el desarrollo medio de inmaduros se extendió a 102 días.

En conjunto, se concluyó que el rango óptimo de desarrollo de esta especie se sitúa entre los 20°C y los 30°C, es decir, condiciones de temperatura habituales en la Comunidad Valenciana.

3. Respuesta del insecto a la variación en la densidad larvaria del hospedante, *C. capitata* (figura 5). En unidades de puesta con 3 parejas del parasitoide, se ofrecía por tres días consecutivos distinta densidad larvaria, del orden de 5, 20 y 40 larvas/hembra/día. Se comprobó que el parasitoide responde positivamente al incremento de larvas de la mosca, aumentando a su vez el número de larvas parasitadas y, por lo tanto, la progenie producida. En este aspecto, *A. daci* evidenció un comportamiento similar al de otras especies estudiadas en el IVIA, también parasitoides de larvas de tefrítidos, como *D. longicaudata* y *D. tryoni*, como ya indicaron Martins *et al.* (2010).

Ensayos de campo

También desde el año 2011 se están desarrollando diversos ensayos en campo, para corroborar los datos obtenidos en laboratorio y poder comprender mejor la acción real del parasitoide y su potencialidad para controlar poblaciones de *C. capitata*.

Ensayo de detección. Se viene realizando un seguimiento de la presencia de poblaciones de *A. daci* en una parcela experimental de cítricos del IVIA, en la cual se habían recogido ejemplares de la especie, para tratar de determinar su dinámica poblacional (figuras 6 y 7). Para ello se ha puesto en marcha un sistema de detección que

consiste en colocar fruta-cebo (manzanas infestadas artificialmente en laboratorio con larvas de 2º-3º estadio de *C. capitata*) en dicha parcela para permitir la actuación del parasitoide, si estuviera presente en la misma. Esta fruta-cebo se coloca en fiambresas de plástico, con vermiculita como sustrato para facilitar el enterramiento de las larvas de mosca al salir de la fruta y su posterior pupación, y se reparten por la parcela. Tras una semana de exposición en campo, la fruta es llevada al laboratorio y se recogen las pupas que hay en las fiambresas, dejando que evolucionen y puedan emerger los adultos del parasitoide. Este sistema de detección se lleva a cabo mensualmente desde su inicio.

Hasta la fecha, este ensayo ha permitido determinar la presencia de la especie durante los meses de junio, agosto y septiembre de 2011, así como en el mes de septiembre de 2012. Esto podría sugerir, en parte y atendiendo también a los datos obtenidos en laboratorio, una fuerte influencia de las condiciones ambientales sobre el desarrollo poblacional de la especie, si bien es conveniente continuar con este estudio durante un período más largo de tiempo para obtener resultados más definitivos.

Ensayo de parasitismo. Con el fin de determinar la capacidad parasitaria de *A. daci* sobre *C. capitata* en las condiciones climáticas mediterráneas, en 2012 se dio inicio a un ensayo colocando "unidades de parasitismo" en una parcela experimental del IVIA (figura 8); estas unidades consisten en cilindros de plástico con ventilación, en los que se introducen 5 parejas de *A. daci* con una manzana que porta 30 larvas de *C. capitata* colocadas artificialmente dentro de la manzana en el laboratorio, y se deja una semana en campo

para permitir la acción parasitaria del himenóptero en condiciones naturales. Pasado este tiempo, la mitad de las unidades de parasitismo se llevan a laboratorio y el resto se deja en campo, de manera que se pueda determinar el efecto de las condiciones climáticas del campo, no sólo sobre la puesta de huevos sino también sobre el desarrollo de los inmaduros del parasitoide. Este proceso se está repitiendo durante diversas semanas a lo largo del año, de manera que se contemplen condiciones climáticas diferentes y se pueda determinar el periodo óptimo para la actuación del parasitoide.

Por el momento, se está comprobando la importancia de las condiciones climáticas en la oviposición de la hembra, pero especialmente sobre el desarrollo de inmaduros del parasitoide: en todos los periodos estudiados existe puesta (pues se comprueba con la emergencia de adultos en las tandas llevadas a laboratorio), aunque varía según la temperatura; sin embargo, en muchas tandas que quedan en campo no se recuperan adultos del insecto, lo que implica mortalidad durante el desarrollo del parasitoide dentro de los puparios, debido a las temperaturas existentes; en general se está comprobando que temperaturas inferiores a 20°C y superiores a 30°C tienen una incidencia negativa en el desarrollo de inmaduros, aunque se debe continuar este estudio para poder precisar mejor esta influencia de las condiciones climáticas en el desarrollo del parasitoide.

Consideraciones finales

De todos los ensayos resumidos en este trabajo, así como de otros diversos ensayos que están actualmente en marcha, se puede deducir que las propiedades biológicas de este insecto parecen adecuadas

para considerarlo como un buen candidato a agente de control biológico de *Ceratitis capitata* en la región mediterránea.

La elevada tasa de parasitismo que genera, al menos en laboratorio, en relación a otras especies estudiadas y de uso en control biológico de tefrítidos a escala mundial, le confieren buenas opciones de uso; a lo que hay que sumar, además, la adaptación a la climatología mediterránea. Debe no obstante continuarse con ensayos de campo y laboratorio para determinar, no sólo su potencialidad real y rango climático de acción, sino también la estrategia de su empleo, ya sea: potenciando sus poblaciones naturales, mediante introducción de ejemplares procedentes de una cría masiva, o con una combinación de ambas estrategias.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Dr. Nikos Papadopoulos (Universidad de Thessaly, Grecia), por el envío de ejemplares del parasitoide para el inicio de su cría de laboratorio. Igualmente agradecen la participación del personal auxiliar del laboratorio de Entomología, Amparo Duato y M^a José Camaró, en el mantenimiento de las crías de *C. capitata* y *A. daci*. El trabajo aquí desarrollado se ha beneficiado, en parte, de la financiación del proyecto AGL2010-21349-C02-02 del Ministerio de Economía y Competitividad de España. La participación de F. Ferrara ha sido gracias a una beca del CNPq de Brasil y la de A. Harbi a una beca del Ministère d'Enseignement Supérieure de Túnez.

Bibliografía

Andleeb S, Shahid MS, Mehmood R (2010) Biology of parasitoid *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Eucolilidae). *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 53(4): 201-204

Barr DB, Angerer J (2006) Potential uses of biomonitoring data: a case study using the organophosphorus pesticides chlorpyrifos and malathion. *Environmental Health Perspectives* 114(11): 1763-1769

Beitia F, Falcó JV, Pérez-Hinarejos M, Santiago S, Castañera P (2003) Importación de parasitoides exóticos para el control biológico de *C. capitata* en la Comunidad Valenciana. *Comunitat Valencia Agraria* 24: 10-15

Beitia F, Pérez-Hinarejos M, Santiago S, Garzón E, Tarazona I, Falcó JV (2007) Control biológico con parasitoides. *Levante Agrícola* 385 (Monografía *Ceratitis capitata*): 145-150

Beitia F, Sabater-Muñoz B, Malagón J (2011) Estrategias de manejo integrado de la mosca mediterránea de la fruta en la Comunidad Valenciana. *Vida Rural*, 323: 40-46

Falcó JV, Pérez-Hinarejos M, Hermoso de Mendoza A, Beitia F (2003) Rearing methods of two braconid parasitoids used on the biological control of *Ceratitis capitata*. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26(6): 99-102

Hosni ME, El Hussein MM, El-Heneidy AH, Atallah FA (2011) Biological Aspects of the Peach Fruit Fly, *Bactrocera zonata* (Saund.) (Diptera: Tephritidae) and its Parasitoid Species, *Aganaspis daci* Weld. (Hymenoptera: Eucolilidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 21(2): 137-142

Martínez, R (2011) Determinación de la eficacia de *Aganaspis daci* (Weld, 1951) como agente de control biológico de *Ceratitis capitata* (Wiedemann), la mosca mediterránea de la fruta. Trabajo fin de carrera, ETSIAMN, Universidad Politécnica de Valencia, 74pp

Martins DS, Skouri W, Chermiti B, Aboussaid H, El Messoussi S, Oufdou K, Carbonell E, Sabater-Muñoz B, Beitia F (2010) Analysis of two larval-pupal parasitoids (Hymenoptera, Braconidae) in the biological control of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) in Spanish Mediterranean areas. *Proceedings of the 8th International Symposium on fruit flies of economic importance*; B. Sabater-Muñoz, V. Navarro y A. Urbaneja (eds.), UP de Valencia, Valencia, España: 252-258

Ortego F, Magaña C, Hernández-Crespo P, Castañera P (2005) Detección de resistencia a insecticidas en *Ceratitis capitata*: bases bioquímicas y moleculares. *Phytoma España* 173: 63-66

Papadopoulos NT, Katsoyannos BI (2003) Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl* 48: 191-195

Ramadan M, Bokonon-Ganta A, Vargas R, Papadopoulos N (2007) Potential of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Eucolilidae) for biological control of tephritid fruit flies. *Journal of Insect Science*, 7(16): 20

Urbaneja A, Castañera P, Tortosa D, Dembilio O, Viñuela E (2004) Efectos secundarios de tratamientos cebo usados para el control de *Ceratitis capitata* sobre fauna útil. *Phytoma España* 160: 28-41

Verdú MJ, Falcó JV, Beitia F, Sabater-Muñoz B (2011) Identificación de un nuevo agente de control biológico de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) en España, el eucoílido *Aganaspis daci* (Weld 1951). XXVIII Jornadas de la Asociación española de Entomología, Ponferrada (León), 6-8 de julio de 2011.

Weld, LH (1951) A new species of Trybliographa (Hymenoptera: Cynipidae) Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 14:331-332

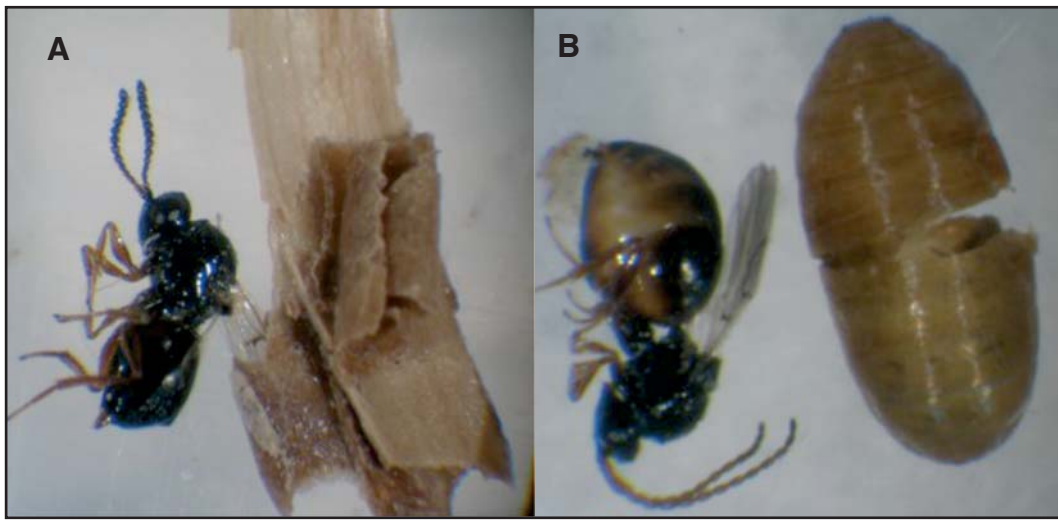
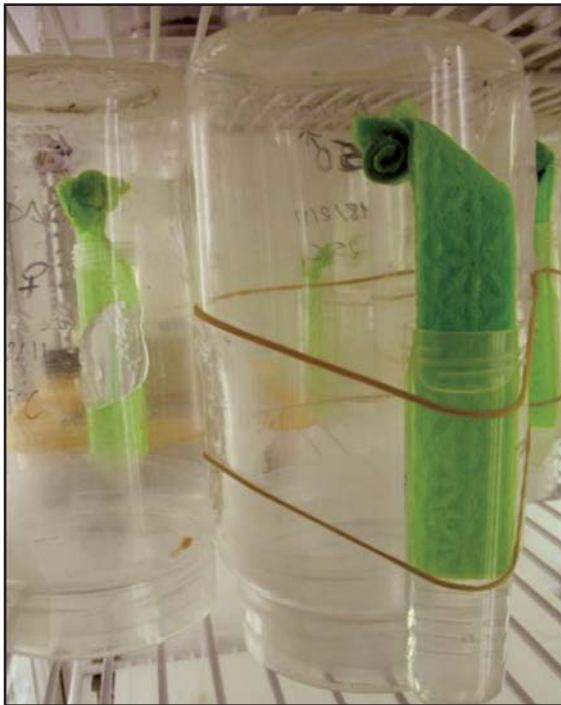


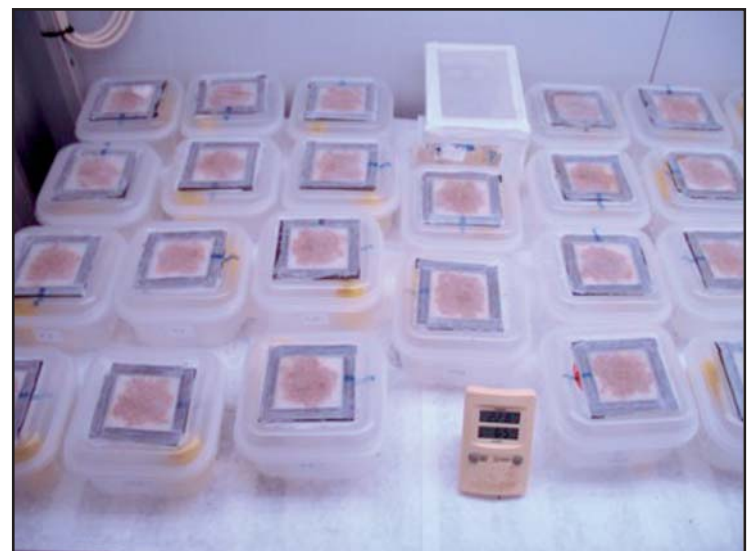
Figura 1. Hembra adulta (A) y macho adulto (B) de *Aganaspis daci*



Figura 2. Cría de *A. daci* en las instalaciones del IVIA.



◀ **Figura 3.** Cilindros de plástico para el ensayo de longevidad de adultos de *A. daci*



▶ **Figura 4.** Unidades de parasitismo del ensayo de respuesta de *A. daci* a la densidad de larvas de *C. capitata*.



Figura 5. (A) Detalle de manzana utilizada en el ensayo de detección de *A. daci* en campo. Se aprecia la zona de inoculación artificial de las larvas de *C. capitata*. (B) Sistema empleado para exponer las manzanas a los ejemplares de *A. daci* presentes en campo



▶ **Figura 6.** (A) Detalle de los cilindros con las manzanas infestadas artificialmente con larvas de *C. capitata*. (B) Sistema utilizado en el ensayo de parasitismo de *A. daci* en campo.