

Informe final del proyecto “Manejo Agroecológico del cuc de la Xufa (*Bactra bactrana*) mediante la Identificación de su feromona y control biológico (MAXIFERO-CB)” AGCOOP_A/2018/017

INTRODUCCIÓN

Las ciperáceas son una familia de plantas herbáceas monocotiledóneas ampliamente extendidas en el mundo, especialmente en zonas templadas, tropicales y subtropicales, con frecuencia ligadas a humedales. El ser humano ha contribuido enormemente a su dispersión, pero pueden encontrarse como elementos silvestres. Algunas especies de *Cyperus* se han visto favorecidas como pasto o como ornamentales, aunque desde el punto de vista agrícola son consideradas predominantemente como malas hierbas. Dos de ellas destacan por su ubicuidad: *Cyperus rotundus* L. (la juncia) y *Cyperus esculentus* L. (la juncia avellanada). Esta última, sin embargo, constituye un cultivo localmente relevante en la Comunidad Valenciana (Pascual-Seva *et al.*, 2013). Los tubérculos de la variedad cultivada *C. esculentus* L. var. *sativus* Boeck, comúnmente conocidos como chufas, son la base de una de las bebidas refrescantes más populares en España, la horchata, y cuenta con una Denominación de Origen Protegida –“Chufa de Valencia”– que garantiza la calidad y origen del producto. Su cultivo se extiende básicamente por la comarca valenciana de L’Horta Nord, que reúne las condiciones ideales para este

cultivo, que llega a ser dominante en algunos momentos del año. Recientemente, sin embargo, se observa un marcado interés por este cultivo a escala más internacional (Pascual, 2002). La chufa es un cultivo rústico y hasta finales del siglo XX y principios del XXI no presentaba problemática alguna, con rendimientos medios de 18.000-20.000 kg/ha, alcanzando en algunos casos los 24.000 kg/ha (Pascual, 2002). En las últimas décadas, sin embargo, se viene detectando un alarmante declive en la producción, con valores que descienden en algunos casos hasta los 14.000 kg/ha, que se contraponen a una creciente demanda del mercado. Varios factores parecen estar implicados en esta caída de la productividad, desde la menor calidad del material vegetal o el desgaste y sobreexplotación del suelo a afecciones por hongos, bacterias e insectos. Nuestro interés se dirige hacia este último aspecto y más concretamente hacia la que es sin duda la plaga más relevante de este cultivo singular (Maroto, 2003; Pascual y Pascual-Seva, 2017).

El género *Bactra* Stephens está constituido por más de 40 especies de pequeñas polillas de la familia Tortricidae, tradicionalmente consideradas como beneficiosas por ser enemigos naturales de las ciperáceas y otras plantas herbáceas. El uso de especies de *Bactra* en el control de malas hierbas se remonta a principios del s. XX (Poinar, 1964) y en España dos especies han sido objeto de interés por este motivo: *Bactra lancealana* Hübner y *B. fufurana* Haworth (Albajes y Garcia-Baudín, 1979). Sin embargo, una especie de este género es responsable de ocasionar cuantiosas pérdidas al cultivo de la chufa. Las orugas son endofíticas, producen galerías en el interior de la base de los brotes de la planta. Sus daños son conocidos popularmente en lengua vernácula entre los productores como “*grugat de la xufa*”. La literatura en castellano suele referirse a ella como “barrenador de la chufa”. En las primeras etapas la plaga es difícil de detectar

en el campo. Pero pronto aparecen daños obvios y hasta severos, la parte aérea de la planta se seca y finalmente se pudre. Pueden observarse rodales de plantas muertas a simple vista en las propias masas del cultivo (Figura 1C y 1D).



Figura 1. Trabajos de campo y parcelas. A, muestreo con manga sobre la vegetación. B, muestreo de insectos con aspirador. C, Aspecto de una parcela afectada, en primer término, una zona del cultivo seriamente dañada. D, detalle de matas afectadas por la polilla.

Los adultos, siempre crípticos (Figura 2A), pueden ser confundidos superficialmente con otras especies de polillas, incluidas especies comunes que se alimentan de malas hierbas. Aunque algunos muestreos puntuales realizados en los años 1980s permitieron identificar tempranamente la presencia en el cultivo y en la zona de *B. bactrana* Kennel (Baixeras, 1987), lo cierto es que esta especie también es conocida de ambientes silvestres, donde comparte hábitat con otros representantes del género como *B.*

lancealana, *B. venosana* Zeller o *B. robustana* Christoph. La falta de un seguimiento más riguroso y eficiente de los ataques y la presencia de otras especies responsables de pérdidas en los tubérculos almacenados, como *Plodia interpunctella*, han creado considerable confusión en el sector. Además, actualmente sabemos que este insecto es capaz de saltar ocasionalmente a otros cultivos, lo que debe preocupar en una comarca fundamentalmente hortícola (Roditakis et al. 2015).

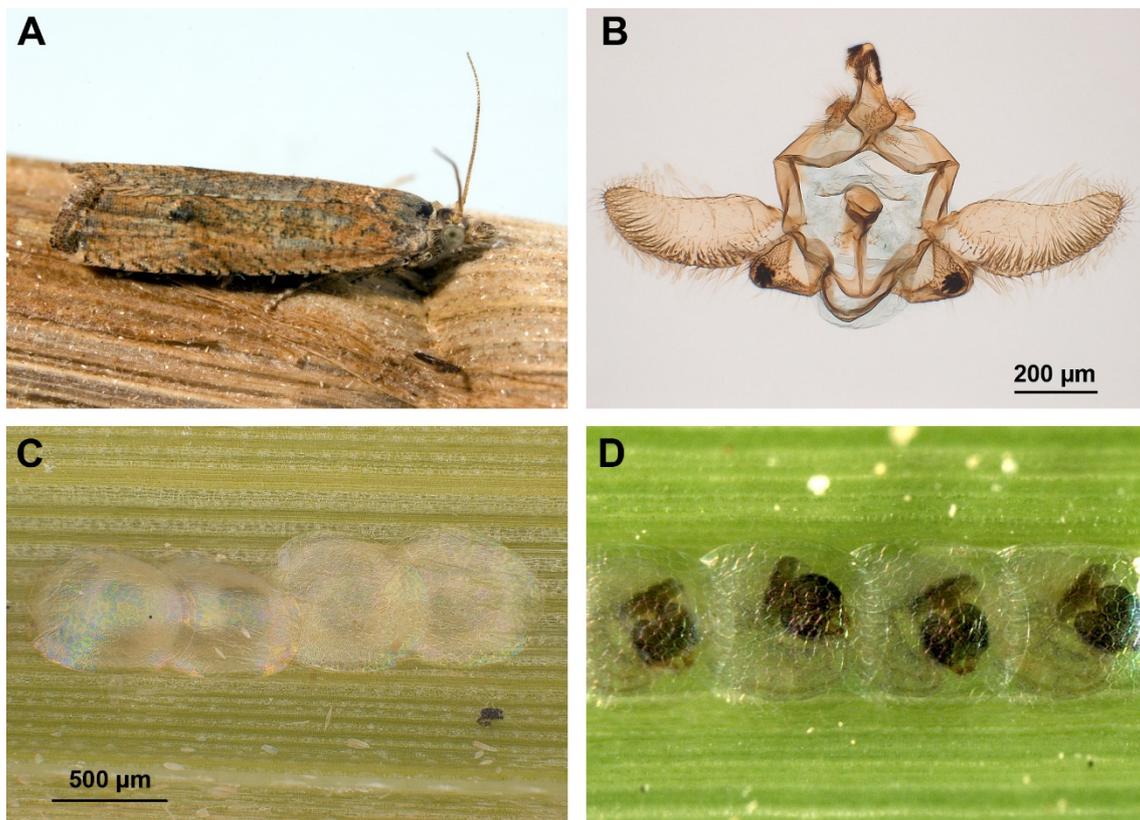


Figura 2. Adulto y huevos de *B. bactrana*. A, aspecto de la polilla adulta, puede observarse su coloración críptica. B, genitalia masculinos de *B. bactrana*. C, puesta reciente de huevos. D, pueden observarse las larvas en avanzado estado de desarrollo en el interior del corion.

Este cultivo nunca ha sido objeto de una estrategia de gestión integrada de plagas (GIP). Históricamente los ataques del barrenador han sido controlados químicamente mediante tratamientos de choque con organofosforados como el clorpirifós o el metilclorpirifós (Pascual y Pascual-Seva, 2017), sustancias que desde enero de 2020 han quedado definitivamente prohibidas. Más recientemente se ha autorizado

excepcionalmente el uso de clorantranilol (Altacor®). La impresión de que los daños se han incrementado en los últimos años provoca tratamientos fitosanitarios discrecionales a intervalos de 10-15 días durante la época de cultivo. Pero la ausencia de un marco de GIP genera sin duda excesivos tratamientos, más basados en la intuición que en un criterio técnico. Dado que no existen otras materias activas recomendadas para alternar con estos tratamientos, existe también el peligro real de que se produzcan resistencias en las poblaciones de la plaga a corto o medio plazo. Más difícil es aún la situación en el cultivo ecológico de la chufa. No existe ningún insecticida autorizado para su uso contra el barrenador en agricultura ecológica y los campos deben compartir amplias zonas donde la aplicación de químicos es frecuente. Incluso para la aplicación de *Bacillus thuringensis*, que podría actuar sobre las larvas de primeros estadios, serían necesarios ensayos adecuados para saber cuándo exactamente es recomendable su aplicación, ya que sus larvas son difíciles de alcanzar por productos no sistémicos. Una estrategia de GIP permitiría establecer un seguimiento preciso de la plaga, estimar el umbral económico de daños y en definitiva orientar el cultivo de forma más sostenible. En este escenario se hace necesario el desarrollo de métodos de control alternativos a los insecticidas de síntesis. El control biológico o la utilización de semioquímicos para la captura masiva o la confusión sexual parecen opciones válidas y realistas.

El equipo pluridisciplinar formado por investigadores del Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM) de la Universitat Politècnica de València, el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva (ICBiBE) de la Universidad de Valencia (Estudio General), el Consejo Regulador de la D.O. Xufa de València y la empresa Elytra Agrosience Services, hemos desarrollado un proyecto financiado por la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica de la

Generalitat Valenciana con el objetivo de desarrollar una estrategia de manejo agroecológico del barrenador de la chufa *B. baetrana* mediante la identificación de su feromona y control biológico. En el presente documento se muestran las características más relevantes de esta plaga, su caracterización y comportamiento poblacional, en comparación también con otras plagas de menor entidad y los estudios realizados para identificar la feromona sexual de *B. baetrana*, con la finalidad de contribuir a una detección más precisa y temprana.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 2018 se comenzó una campaña especialmente intensa de prospección en zonas y épocas de cultivo de chufa ya que se necesitaba una cierta masa crítica de información inicial, pero ha continuado hasta 2020 como sistema de seguimiento de la plaga y de obtención de material para experimentación.

Las parcelas de cultivo se seleccionaron en función de su disponibilidad, siempre teniendo en cuenta que deben ser parcelas de cultivo ecológico, reconocidas por la D.O. Chufa de Valencia y que debían poder visitarse con una periodicidad no superior a 15 días. La colaboración de los agricultores es esencial, ya que se requiere tener información sobre la accesibilidad, riegos, marcha del cultivo, momento de la cosecha, etc. Las parcelas fundamentalmente se sitúan en el municipio de Alborai y en la pedanía de Carpesa (Valencia).

El sistema de muestreo se ha adaptado en cada caso al estadio del ciclo que se deseaba estudiar. Para la prospección de adultos se han utilizado tanto trampas de luz, como muestreo directo con mangas entomológicas. El periodo entre los meses de mayo y octubre es el más productivo, pero se han realizado muestreos puntuales incluso en

invierno con el propósito de comprobar el vuelo marginal de individuos fuera de la época central. También es útil como forma de control de la extensión de la plaga en el tiempo y en el espacio. No olvidemos que esta especie vuela también en espacios naturales.

Las trampas de luz, bien automáticas, dotadas de leds UV y de construcción propia, bien trampas de torre (Bioform®), dotadas de tubos fluorescentes actínicos de 15 w, se alimentan con baterías de 12 v, lo que proporciona una gran autonomía. Las trampas se sitúan en las inmediaciones de los campos de cultivo. Las trampas automáticas disponen de un embudo y un recipiente colector con carbonato amónico como agente letal, de manera que pueden trabajar toda la noche sin vigilancia. Usualmente las trampas se activan al anochecer y se recoge el material al día siguiente, procurando evitar ya las horas de ascenso de temperatura. Su rendimiento es excelente, aunque no discriminan, el material colectado muchas veces es de baja calidad y requiere de esfuerzo de estudio. Por otro lado, dado que la ubicación de los lugares de muestreo es cercana a núcleos urbanos, el vandalismo no es un problema infrecuente. Las trampas de torre se utilizan como sistema alternativo de seguimiento. Normalmente se activan durante no más de 3 horas a partir del anochecer y se requiere de un operario que selecciona el material de estudio cuando llega a la luz. Es más selectivo y permite la recogida de material vivo, pero el rendimiento total es menor.

Entre junio y octubre de 2018 y 2019 también se realizaron muestreos durante el día mediante una combinación de manga entomológica para vegetación herbácea (Entomopraxis, modelo F303, Figura 1A) y aspirador eléctrico entomológico (Sterwins, modelo 29034, Figura 1B) en tres parcelas (dos en Alboraiia y una en Carpesa). Se

muestreaba con ambos métodos durante dos minutos, abarcando siempre una parte significativa de la parcela.

En todos los casos el material colectado se llevaba al laboratorio, donde era procesado, estudiado y contabilizado. Tanto los individuos de *Bactra*, como de otras especies de lepidópteros y parasitoides eran identificados. Dado el pequeño tamaño de los ejemplares de *Bactra* y la falta de características llamativas en los adultos en ocasiones era necesario recurrir al estudio de los genitalia. Para ello el abdomen se diseccionaba, digería mediante KOH y se montaba en una preparación microscópica siguiendo procedimientos habituales en este tipo de trabajo.

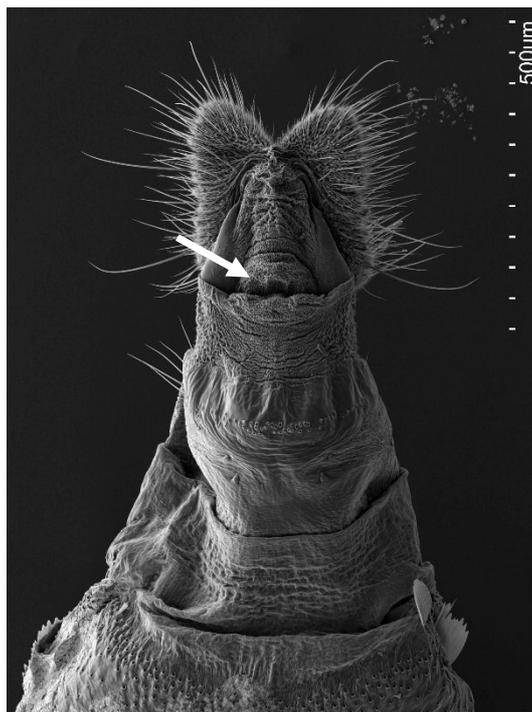
Para la prospección de estadios inmaduros se deben buscar matas que indiquen algún tipo de afección. Generalmente la presencia de hojas amarillentas o con escaso vigor es indicativo de un ataque, aunque en fases iniciales la detección de daños puede ser ciertamente difícil. La mata debe ser extraída del suelo y el tallo debe abrirse cuidadosamente con una cuchilla para comprobar la presencia de la larva. En el caso de ataques avanzados resulta relativamente fácil para el observador experimentado detectar aquellas matas afectadas y la extracción de inmaduros, aunque es siempre laboriosa, se convierte en una tarea segura.

Todos los procedimientos y observaciones se han documentado gráficamente y se ha dado especial importancia a todos aquellos síntomas que pudieran tener que ver con ataques por *Bactra*. Si se encontraban larvas desarrolladas, pupas de *Bactra* o indicios de esta o de otra plaga potencial se llevaban al laboratorio donde se examinaban mediante estereomicroscopio. Cuando se encontraban plantas con plaga, se evolucionaban en el laboratorio hasta que emergía la plaga o el parasitoide. En el caso de emerger el parasitoide se identificaba hasta el nivel taxonómico posible.

Identificación de la feromona

El primer paso para intentar identificar la feromona era conocer donde se producía. Para ello se ha realizado un estudio fino de estructuras relacionadas con la producción de feromona mediante microscopia electrónica. Además, se ha tenido que desarrollar una dieta artificial para la cría probando mezclas de distintos componentes hasta alcanzar la densidad y textura adecuada. Las mezclas se basaban en dietas de otros lepidópteros, pero en este caso se utilizó la base de hojas de chufa al que se añadía otros componentes de la dieta ya conocidos como el germen de trigo, agar, sacarosa, caseína y ácido ascórbico.

Una vez se consiguió reproducir en un medio artificial *Bactra bactrana* se comenzó la cría masiva para la producción de hembras. El estudio de la porción caudal abdominal mediante microscopía electrónica reveló la presencia de una zona glandular en la articulación de los últimos segmentos abdominales que se correspondería bien con zonas similares de otras especies



(Figura 3). Hemos realizado diversas

Figura 3. Imagen SEM dorsal de los últimos segmentos abdominales de la hembra. La flecha señala la región glandular.

extracciones con disolvente de los últimos segmentos del abdomen de hembras vírgenes. Para ello, tomamos grupos de hembras vírgenes y realizamos la disección del

último segmento durante la primera hora de la fotofase. La extracción de los segmentos extirpados se realizó en hexano, asistida por ultrasonidos durante 10 min.

La extracción fue purificada y analizada por cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas para la identificación de los posibles compuestos que formasen parte de la feromona. Para poder identificar los posibles compuesto candidatos se ha realizado un ensayo de Electroantenografía (EAG) que nos indica qué compuestos provocan respuesta en los receptores antenales de los machos de *B. bactrana*.

RESULTADOS

Identificación de adultos

Durante las intensas campañas de 2017 y 2018 se colectaron 1362 adultos del género *Bactra*. Posteriormente se han colectado centenares de ejemplares en años sucesivos como resultado de métodos combinados. Todos los ejemplares de *Bactra* correspondieron a la especie *Bactra bactrana* (Kennel, 1901) (Lepidoptera: Tortricidae). Son activos voladores nocturnos siendo fuertemente atraídos por la luz en las primeras horas de la noche, tanto machos como hembras. Los adultos (Figura 2A) presentan alas anteriores alargadas con un patrón críptico con el medio. La coloración es pardo grisácea, similar a la del tórax y abdomen, con un patrón oblicuo formado por líneas difusas y marcas (strigulae) sobre el borde costal. A no ser que se tenga la seguridad de conocer bien la especie no debería intentarse su identificación basándose simplemente en caracteres de coloración ya que superficialmente hay otras especies similares. Su envergadura oscila alrededor de los 15 mm, con frecuencia los machos suelen ser algo

más esbeltos. Los caracteres genitales ofrecen una forma segura de identificación (Figura 2B). Los machos presentan unos genitalia globosos, incurvados. La valva es simple, terminada en punta, con el sacculus redondeado, portando 7-8 fuertes setas espiniformes. Los genitalia de las hembras muestran menos caracteres diagnósticos con un esterigma sencillo liso y una bolsa de la cópula simple, sin esclerotizaciones, que puede pasar desapercibida durante su disección. Dado que existían dudas sobre la identidad exacta de la especie, realizamos una visita al Museo de Historia Natural de Berlín, lugar donde se supone estaban depositados los ejemplares tipo de la especie. Los ejemplares tipo incluían desde su designación un ejemplar español y 2 ejemplares de Uzbekistan. Aunque no se pudo encontrar la serie tipo completa, sí que se localizaron los paratipos de la especie, que fueron estudiados siendo coincidentes al 100% con los ejemplares valencianos. El ejemplar español de la serie tipo ha sido localizado más tarde en la colección de San Petersburgo (Rusia, Academia de Ciencias). Debido a la pandemia no se ha podido visitar para confirmar en persona su identidad, pero todo parece indicar que efectivamente estamos ante la misma especie.

Identificación de estadios inmaduros

Los huevos (Figura 2C) son típicamente tortricoides, lenticulares y traslúcidos. El estado de maduración puede observarse bien a través del tenue corion (Figura 2D). Las hembras los disponen en pequeños grupos (menos de 5 es lo habitual), imbricados entre sí, fuertemente adheridos sobre las hojas. La puesta es limpia, no recubierta de escamas ni porciones vegetales. Los embriones evolucionan rápido y en 2 a 4 días pueden eclosionar unas larvas blanquecinas que deben alimentarse rápidamente. Las larvas neonatas realizan minas en las hojas externas y a medida que se van desarrollando van adentrándose en los tejidos (Figura 4A y B), descienden por la porción central del tallo y realizan diversas perforaciones que dañan de forma visible el tejido vegetal (Figura 4C). Las hojas atacadas muestran un color marchito, marrón oscuro, negro incluso en torno a las heridas. A medida que las larvas van alcanzando el tamaño definitivo se ubican en el meristemo apical de las plantas (Figura 4D) donde pupan (Figura 4F) y acaban secando y matando la planta. Las larvas en avanzado estado de desarrollo (L5) alcanzan los 15 mm de longitud y son color blanco verdoso. La quetotaxia en los ejemplares valencianos resulta coincidente con la estudiada por Roditakis et al. (2015). Antes de pupar realiza un túnel de seda por el que emergerá el adulto, apreciándose el orificio y los restos de seda desde el exterior (Figura 4E). La pupa es de color marrón verdoso, de unos 12 mm de longitud. El sexado es posible examinando los últimos segmentos abdominales.

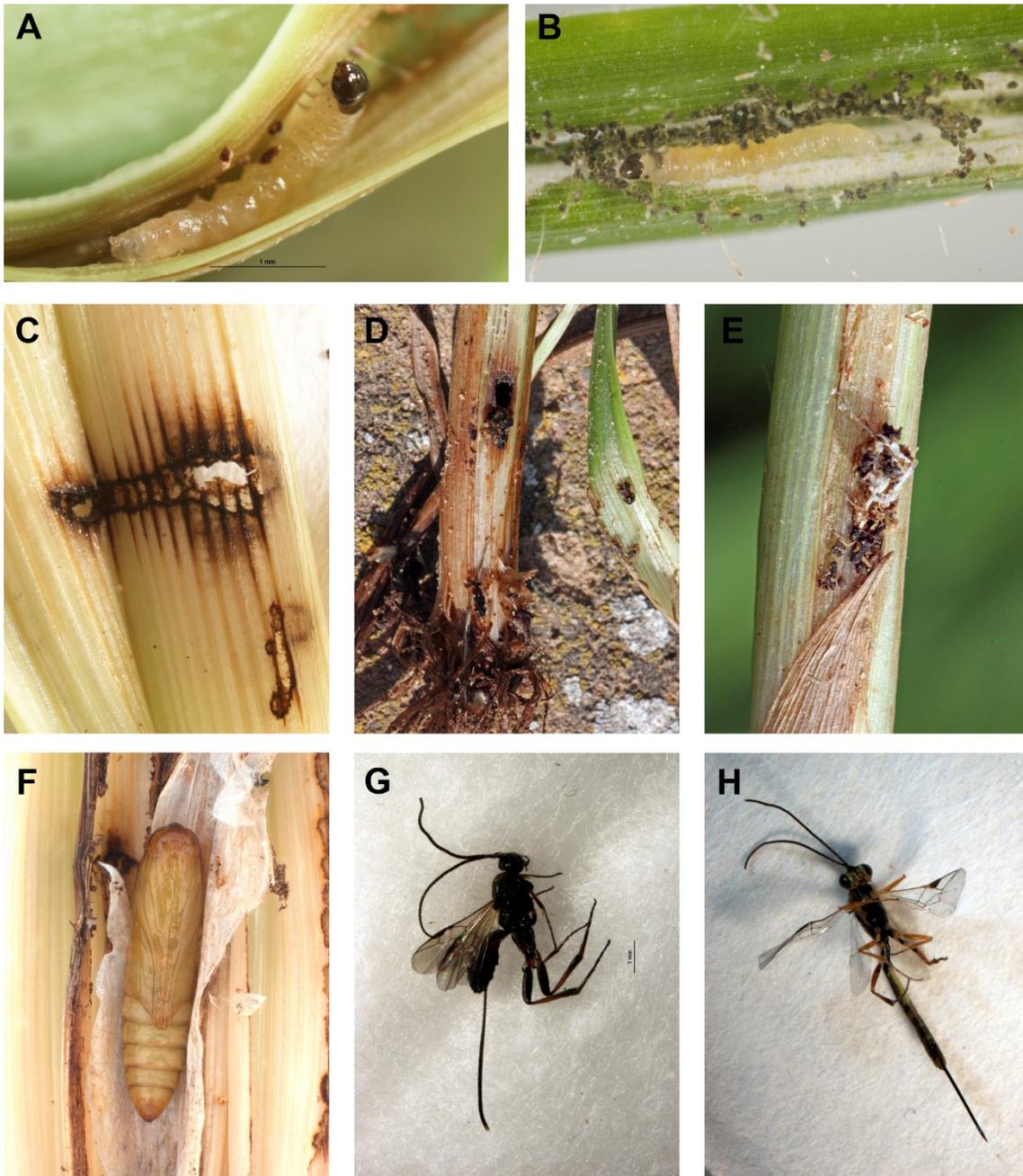


Figura 4. Estados inmaduros, daños y parasitoides de *B. baetrana*. A, larva L1 comenzando a minar las hojas. B, larva L2 en el interior de una mina de la hoja, puede observarse abundante depósito de excrementos. C, típicos orificios de entrada y salida de la larva. D, podredumbre en el meristemo apical. E, orificio de salida del imago. F, pupa en el interior del eje de la planta, puede observarse el tubo de seda. G, ejemplar de *Orgilus* sp. H, ejemplar de *Temelucha decorata*.

Cría de *Bactra bactrana* en laboratorio

Se consiguió formular una dieta adecuada con 80% de agua, agar 2,5%, hoja de chufa troceada 3%, germen de trigo 4%, levadura 4,5% y una mezcla de ácido benzoico, ácido ascórbico y vitaminas y sal Welson 2,4% donde se desarrollaban adecuadamente las larvas. Una vez confirmado el crecimiento de las larvas se probaron distintas unidades de cría para conseguir un adecuado desarrollo desde los primeros estadios larvarios hasta la pupación. Además, se consiguió que los adultos copularan en cautividad y se optimizaron las unidades de oviposición para maximizar el número de huevos obtenidos por hembra de *B. bactrana*. Finalmente, dado que era necesario separar por sexos las pupas antes de la emergencia de los adultos y así obtener hembras vírgenes no copuladas se estudió el dimorfismo sexual en el estado de pupa. Finalmente se estableció un procedimiento para sexar las pupas en función de la distinta morfología de la parte inferior de las pupas (Figura 5).



Figura 5. Caracteres de diferenciación sexual en pupas de *B. bactrana*.

Enemigos naturales

Se han detectado varias especies de himenópteros que han evolucionado a partir de distintos estadios de *B. bactrana*. Igualmente, estos parasitoides son frecuentemente colectados por métodos directos de manguero y aspiración, lo que sugiere una elevada presencia en el medio. Como parasitoide de huevos destaca la presencia de *Trichogramma evanescens* (Westwood), una especie con un amplio historial en el control biológico de lepidópteros plaga (Smith, 1996). Menos conocidos son el Ichneumonidae *Temelucha decorata* (Gravenhorst) y el Braconidae *Orgilus* sp., actualmente en estudio (Figura 4G y H).

Comportamiento poblacional

Tanto las capturas realizadas con trampas de luz (Figura 6A), como las realizadas con mangas o aspiración (Figura 6B) muestran comportamientos similares en relación con la época de vuelo de los adultos y permiten aproximarse a una interpretación de su comportamiento poblacional. Aunque el insecto está presente en primavera y otoño, los máximos están relacionados con los meses estivales, coincidiendo con temperaturas más elevadas. Teniendo en cuenta el perfecto solapamiento de la época de cultivo de la chufa con estas gráficas, *B. bactrana* se detecta desde el primer momento (primera quincena de mayo) aunque solo sea en cantidades reducidas. El máximo de la abundancia poblacional lo hemos detectado siempre durante los meses de junio, julio y agosto, cuando el cultivo de chufa se encuentra en su máximo apogeo. Posteriormente el vuelo se extiende prácticamente hasta más allá de la época de cosecha (octubre aproximadamente). Los datos de vuelo conjuntamente con las observaciones in vitro del ciclo biológico sugieren que en el campo se reproducen al menos cuatro generaciones,

Aislamiento de la feromona sexual y comprobación de su actividad en campo

Las hembras de la familia Tortricidae emiten feromona para atraer a los machos hasta ellas y conseguir aparearse, por lo que resulta esperable que las hembras de *B. bactrana* también emitan dicha feromona. Para comprobar la existencia de dicha feromona se colocaron en campo 4 trampas pegajosas con cinco hembras vírgenes vivas en una pequeña jaula en su interior. Diariamente se revisó el número de machos adultos capturados y se comprobó que las trampas cebadas con hembras vírgenes capturaban una elevada cantidad de machos frente a la ausencia de capturas en trampas sin hembras.

Una vez demostrada la existencia de la feromona se procedió a extraer abdómenes de hembras tal y como se describe en la sección de materiales y métodos. Mediante el análisis cromatográfico de los extractos, conseguimos detectar una sustancia, cuyo patrón de fragmentación nos sugiere una estructura de hidrocarburo de cadena lineal con una insaturación y una funcionalización (éster acetato) que podría corresponder con algún componente feromonal del tipo descrito para otros lepidópteros. Esta sustancia mostraba actividad en los ensayos de electroantenografía por lo que se confirmaba su actividad biológica.

Gracias a los datos espectroscópicos se propuso una estructura de la cual se sintetizó una pequeña cantidad para confirmar su identificación y probar su actividad biológica en laboratorio. El análisis cromatográfico demostró que el tiempo de retención y el espectro de masas de la muestra sintética coincidían con la muestra aislada en los extractos de las hembras de *B. bactrana*. Partiendo de este resultado, se prepararon diluciones de esta sustancia para probar su actividad hacia machos de *B. bactrana* en ensayos de túnel de viento. Se trata de una cámara de metacrilato (63 x 63 x 215 cm) en

la que se hace pasar una corriente de aire filtrado y dónde se observa el comportamiento de los machos hacia la fuente de liberación de la sustancia que se quiere ensayar. Los machos se liberan individualmente a 120 cm de la fuente de emisión de la sustancia (papel de filtro impregnado con la sustancia y colocado en el interior de una trampa Delta, Figura 7A), en lados opuestos del túnel, y se registraron los siguientes parámetros de comportamiento: activación, vuelo orientado y contacto con la fuente del aroma.

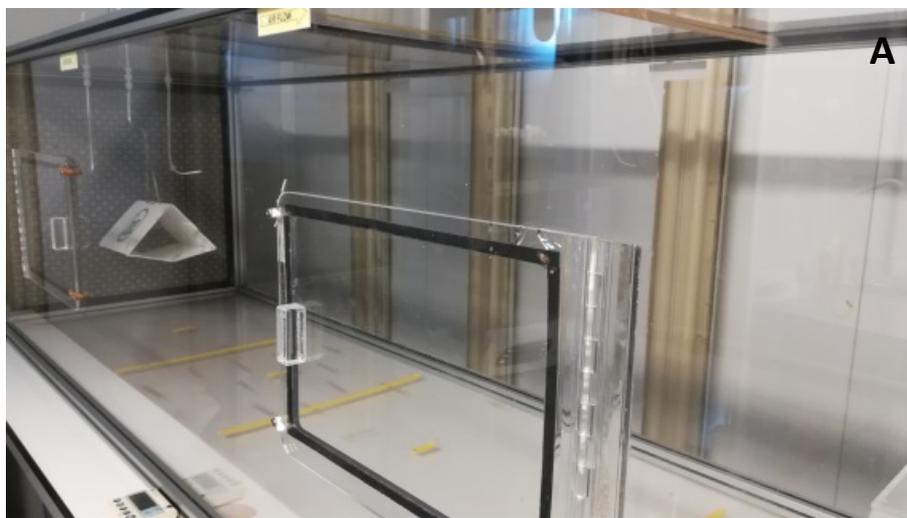


Figura 7: Ensayos biológicos de actividad. A imagen del túnel de viento con la fuente del aroma (trampa Delta). B ensayo de campo de confusión sexual en el que se observan los emisores de feromona y las trampas Delta de seguimiento.

Siguiendo este procedimiento, se comprobó que la muestra sintética tenía actividad atrayente, de manera que al soltar los machos (n=15) el 100% se activaba, el 80% mostraba vuelo orientado, el 60% llegaba a las proximidades y el 30% llegaba a contactar con la fuente.

Los resultados del túnel de viento sugieren que la sustancia identificada podría ser un componente de la feromona sexual de *B. batrana* que podría utilizarse en campo tanto para realizar el seguimiento de poblaciones, como para el control directo por confusión sexual. En primer lugar, se formularon emisores de tipo rubber septa con la sustancia, que se colocaron en trampas Delta junto con una base pegajosa. Estas trampas se instalaron en varias parcelas cultivadas de chufa para comprobar la actividad atrayente de la sustancia en campo y revisar las capturas de machos cada 3-5 días. Desafortunadamente, estas trampas no consiguieron capturar ningún individuo de *B. batrana*, aunque habíamos comprobado previamente, mediante trampas de luz, que en esas parcelas había poblaciones de la polilla. La ausencia de capturas indica, probablemente, que la mezcla feromona está incompleta y se necesite algún componente adicional aún no identificado para lograr la atracción hasta la trampa. La necesidad de varios componentes en las mezclas feromonales es común en lepidópteros, sobre todo para que los individuos lleguen hasta la fuente. Sin embargo, también es común que se pueda producir confusión sexual únicamente con el compuesto mayoritario de una mezcla feromonal. Por lo tanto, decidimos realizar un pequeño ensayo para comprobar este efecto con la sustancia identificada. Para ello, se tomó una parcela de chufa y se dividió en dos subparcelas: en una de ellas se instalaron emisores de tipo membrana para emitir la feromona y la otra se dejó sin tratamiento.

Los emisores se colocaron distribuidos homogéneamente (1 cada 20 m²) enganchado en varillas de madera que se clavaban en el terreno (Figura 7B). Para comprobar la eficacia de confusión, dado que la feromona sintética no mostró actividad atrayente y no se podía utilizar para hacer el seguimiento de los machos, en cada subparcela se colocaron trampas cebadas con hembras vírgenes como atrayente. De esta manera, si la confusión sexual tiene lugar no habrá capturas de machos en la parcela tratada con feromona (los machos no pueden localizar a las hembras en el ambiente de feromona), mientras que sí que habría capturas en la parcela control sin tratamiento. El ensayo duró dos semanas, el tiempo en el que tuvimos disponibles hembras vírgenes para las trampas de seguimiento, pero durante este tiempo en la parcela control sin tratamiento se registraron 21 capturas de machos y sólo 6 en la parcela tratada con emisores de feromona. Por lo tanto, el tratamiento de confusión consiguió desorientar a los machos en cierta medida y reducir aproximadamente un 70% las capturas en las trampas de seguimiento. Este resultado sugiere el potencial de la técnica de confusión sexual con el componente mayoritario de la feromona de *B. bactrana*, aun teniendo en cuenta las condiciones en las que se realizó el ensayo, parcelas de tamaño muy reducido y corto espacio de tiempo, que no son las más adecuadas para la confusión sexual de lepidópteros.

Discusión

Albajes y Garcia-Baudin (1979) asociaron inicialmente las especies *Bactra lanceolana* y *Bactra furfurana* con las diferentes especies de *Cyperus*. En España la relación de *B. bactrana* con los cultivos de chufa apenas ha tenido trascendencia (Baixeras, 1987). Sin embargo, los caracteres concuerdan bien con las clásicas descripciones de Diakonoff

(1962) y con las más recientes de Trematerra y Ciampolini (1989) y Roditakis et al. (2015), incluidos los estadios inmaduros. La especie muestra una fuerte asociación con el cultivo de chufa, pero dado que *Cyperus* es un género ubicuo de malas hierbas la presencia de la especie es obvio que no se debe restringir a este hospedador. Por otro lado, aunque *B. bactrana* suele afectar plantas de las familias Cyperaceae y Poaceae, ha demostrado capacidad para atacar al cultivo del pimiento en invernaderos en Grecia (Roditakis et al. 2015). La plaga cuenta con un interesante y activo conjunto de enemigos naturales por lo que una visión integrada de su control parece una aproximación atractiva y realista.

Ninguno de los métodos de muestreo aplicados al seguimiento de *B. bactrana* resultó ser ideal, ya que son métodos de muestreo poco prácticos para plantear una toma de decisiones en campo a mayor escala. El más recomendable sería la manga entomológica durante un tiempo definido (en nuestro caso 2 minutos), pero no es funcional los días de viento. Otro problema encontrado en los dos tipos de muestreo es que a partir de agosto con las matas densas y cubriendo toda la superficie, los adultos de *Bactra* pueden refugiarse bajo las plantas y las capturas descienden. Las trampas de luz no son sensibles a este problema, pero no son sencillas de manejar y su eficacia se ve afectada por otros factores como la climatología, las fases lunares o la contaminación lumínica. Todos los métodos necesitaron de un gran esfuerzo de muestreo y resultaron ser poco específicos al coleccionar de manera indiscriminada fauna útil y otras especies que no son plaga de la chufa.

Por otro lado, la identificación de este microlepidóptero no resulta obvia y es fácil confundirlo superficialmente con otras especies de polillas. Sin embargo, nuestro muestreo demuestra que las poblaciones son relativamente altas y que el acceso a la

especie es relativamente fácil en el campo, volando en masas suficientemente densas y localizadas en el propio cultivo. Todo esto sugiere que para un seguimiento poblacional serio y continuo, que permita una toma de decisión rápida, la captura mediante trampas de feromona sería un método ideal para ser implementado en este tipo de cultivo.

Aunque parece que se ha identificado un componente de la feromona sexual de *Bactra bactrana* no se ha podido identificar inequívocamente se estructura química y aun se requieren estudios adicionales para identificar componentes secundarios de la mezcla feromonal y la posibilidad de utilizar esta mezcla tanto en la atracción de adultos como en la aplicación de la confusión sexual.

Agradecimientos

Este proyecto está financiado por la *Agència Valenciana de Foment i Garantia Agrària* de la *Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica* de la *Generalitat Valenciana* (código AGCOOP_A/2018/017).



Manejo Agroecológico del cuc de la Xufa (*Bactra bactrana*) mediante la Identificación de su feromona y control biológico (MAXIFERO-CB)

Medida 16.2.1. Ayudas a proyectos piloto para el desarrollo de nuevos productos, técnicas, procesos y tecnología

Inversión:

Presupuesto total: 51.059,20 €

Subvención fondos europeos: 80%



Unión Europea

**Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural**

Europa invierte en las zonas rurales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albajes R., y Garcia_Baudín, J.M. 1979. La genre *Bactra* agent possible de contrôle de *Cyperus* en Espagne. Proceedings International Symposium of IOBC/WPRS on integrated control in agriculture and forestry, Vienna (Austria), 08-12. October 1979, 508–512.

Baixeras, 1987. Contribución al conocimiento de la familia Tortricidae (Lepidoptera) en el Sistema Ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

Diakonoff, A., 1962. Preliminary survey of the Palaearctic species of the subgenus *Bactra* Stephens (*Bactra*, Tortricidae, Lepidoptera). Zoologische Verhandelingen, 59: 1-48, 18 láminas.

Maroto JV. 2003. «La chufa. Introducción histórica y su cultivo»; en Fundación Valenciana de Estudios Avanzados, ed.: Jornada Chufa y Horchata, tradición y salud. Valencia, Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación; pp. 19-28.

Pascual B. 2002. La chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) un cultivo típicamente valenciano. Revista agropecuaria y ganadera 838, 294-298.

Pascual-Seva N., San Bautista A., López-Galarza SV., Maroto JV., Pascual B. 2013. 'Alboraia' and 'Bonrepos': The First Registered Chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) Cultivars. HORTSCIENCE 48(3):386–389. 2013.

Pascual B. y Pascual-Seva N. 2017. Chufa. Cultivos hortícolas al aire libre. Serie Agricultura. Cajamar. UPV

Poinar, G.O., 1964. Studies on Nutgrass Insects in Southern California and Their Effectiveness as Biological Control Agents. Journal of Economic Entomology, 57(3): 379-383.

Roditakis E., Morin S., Baixeras J. 2015. Is *Bactra bactrana* (Kennel, 1901) a novel pest of sweet peppers? Bulletin of Entomological Research 106 (2): 161-167.

Smith S.M. 1996. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. Annu. Rev. Entomol. 41: 375-406.

Trematerra, P., Ciampolini, M., 1989. Il genere *Bactra* Stephens (Lepidoptera Tortricidae) nella biocenosi di *Cyperus rotundus* L. in Italia. Bolletino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, serie 2, 21:7-26.