

Aportaciones al control de plagas con métodos no agresivos con el medio ambiente

Ana ALEMANY

Dpto. de Biología, UIB. analem@uib.es

Resumen

Se exponen de forma muy resumida diferentes aportaciones realizadas por el Grupo de Investigación de Entomología y Nematología Aplicadas de la UIB a lo largo de los últimos 20 años, sobre la búsqueda de métodos de Control de Plagas no agresivos con el Medio Ambiente. Con respecto a las Plagas Agrícolas, se ha trabajado especialmente con la Mosca Mediterránea de la Fruta (*Ceratitis capitata*) y con el nematodo formador de quistes en la patata (*Globodera* spp.). Los principales avances en este campo fueron la participación en el desarrollo a nivel internacional de los atrayentes alimentarios para hembras de *C. capitata* (Biolure®), así como el descubrir la gran efectividad de la solarización del suelo para combatir el nematodo de la patata en Mallorca. Referente a las Plagas Forestales, se analizó por primera vez en Baleares la tasa de parasitismo en huevos de la Procecionaria del pino, observándose que es muy inferior a la Peninsular; también se realizaron diferentes estudios acerca de la incidencia de los IGRs (hexaflumurón y diflubenzuron) sobre los Insectos y la Avifauna de nuestros pinares. No se apreciaron efectos negativos sobre la entomofauna, incluso la considerada como bioindicadora, excepción hecha del grupo de los Lepidópteros, entre los que hubo una ligera disminución cuantitativa, aunque sin presentar diferencias significativas. Tampoco las Aves se vieron influenciadas negativamente. Se analizó también la posible incidencia de los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* sobre las abejas en Eivissa, sin que se observara perjuicio alguno. No obstante al no haberse podido continuar durante más de un año cada uno de estos estudios forestales, los resultados deben de tomarse como provisionales.

Introducción

Al tratar sobre temas relacionados con la conservación y el conocimiento del Medio Natural, muy pocas veces se menciona el Control de Plagas. Sin embargo, éste ha sido uno de los principales problemas que ha padecido nuestro planeta en los últimos 70 años. En efecto, desde que en 1939 se descubriera la acción insecticida del DDT, se desarrolló una carrera que bien pudiera llamarse armamentista, en la que se fueron desarrollando centenares de productos mortíferos, los denominados **insecticidas químicos de síntesis**, que han acabado por dañar directa o indirectamente todos los ecosistemas de nuestro planeta, además de la salud del hombre y de muchos animales. Es sabido que cualquier plaguicida está diseñado para matar y precisamente por el desconocimiento de sus consecuencias se han ido destruyendo no solo las especies a quienes iba dirigido el producto en cuestión, sino también la fauna útil encargada de mantener las poblaciones en equilibrio. Saltó la primera alarma cuando se supo que en la Antártida los pingüinos tenían DDT en su grasa, o cuando se observaron malformaciones en huevos de reptiles, o bien al ir apareciendo más adelante nuevas plagas debido a la desaparición de sus enemigos naturales. Sin embargo a pesar de que ya comenzaba una concienciación a nivel social, las fábricas de insecticidas miraban hacia otra parte. Solamente cuando se dieron cuenta de que no resultaba rentable fabricar nuevas versiones de los fitosanitarios al ritmo en que iban apareciendo resistencias a los recién sintetizados, se pudo comenzar a tratar el tema del Control de Plagas desde modelos menos

agresivos con el Medio Ambiente, como es el de la Lucha Integrada. Ésta prioriza el uso de métodos preventivos y de aquellos que no son agresivos con el Medio Natural. Se trata de un tipo de Control menos “cómodo” puesto que se basa en primer lugar en el conocimiento de la biología de la especie a combatir, a fin de poder utilizar las estrategias más adecuadas a cada momento de su ciclo vital. Además, continuamente se están sintetizando nuevos productos cuyos mecanismos de acción son novedosos y que afectan a un espectro cada vez más restringido de especies, llegando en algunos casos a destruir solamente la que resulta perjudicial, como es el caso de la Lucha Autocida, por ejemplo.

A principios de la década de los 90 del siglo pasado iniciamos, en el Laboratorio de Zoología de la Universitat de les Illes Balears, una línea de Investigación Aplicada al **Control de Plagas Agrícolas y Forestales**, con objeto de colaborar en la línea mencionada, poniendo en práctica y analizando iniciativas y herramientas que permitan conseguir minimizar los problemas ocasionados por las especies problema, sin poner en peligro el Medio Natural.

1. Gestión de Plagas Agrícolas

Antes de comenzar nuestra línea de investigación sobre las Plagas Agrícolas, nos dirigimos a la Conselleria d’Agricultura i Pesca (CAIB) con objeto de preguntar cuáles eran los intereses inmediatos prioritarios con respecto al Control de Plagas. Entonces se nos dijo que la Mosca Mediterránea de la Fruta estaba planteando muchos problemas y que sería interesante abordar un Control Integrado de la misma.

1.1. La Mosca Mediterránea de la Fruta (*Ceratitis capitata*, Wiedemann): Bioecología y Control Integrado (atrayentes alimentarios para hembras).

La Mosca Mediterránea de la Fruta es una plaga propia de los países tropicales y subtropicales, incluida dentro de las denominadas "Moscas de la Fruta de Importancia Económica" (*Fruit Fly of Economic Importance*) a nivel mundial. En la Península Ibérica es una plaga considerada clave, ya que si no se trata produce grandes pérdidas en frutos comerciales tales como cítricos, melocotones y albaricoques, principalmente, aunque también son ovipositados por esta especie los caquis, nísperos, granadas, ciruelas, etc.

1.1.1. A partir del año 1994 un Grupo de Investigación del Laboratorio de Zoología de la UIB comenzó a trabajar en diferentes proyectos y estudios sobre la Mosca Mediterránea de la Fruta, colaborando tanto a nivel local como estatal e internacional, en el avance del conocimiento sobre su bioecología y en ensayos punteros internacionales sobre nuevas tecnologías que finalmente consiguieron poner en práctica un efectivo Control Integrado de esta especie a nivel mundial.

Empezamos llevando a cabo un *Estudio previo de la lucha integrada contra la Mosca Mediterránea de la Fruta (Ceratitis capitata, Wied.) en Mallorca*, Proyecto financiado por la Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Balear, gestionado por D. Antoni Durà. Puesto que antes de abordar cualquier tipo de control hay que conocer la biología del organismo en cuestión, comenzamos a llevar a cabo el seguimiento de su ciclo vital en diversas localidades de Mallorca. De esta forma, a base de instalar trampas de captura en diferentes plantaciones de naranjos, pudimos conocer la curva de vuelo de *C. capitata* y diferenciar la que tiene lugar en el *Pla de Mallorca*, de la

curva que se desarrolla en la *Vall de Sóller*. La primera de ellas es de tipo bimodal, es decir que presenta dos máximos poblacionales muy marcados, el primero en junio/julio, que suele ser el más acusado, y el segundo normalmente a finales de octubre, ambos separados por un descenso muy marcado de las capturas, que suele coincidir con el período más cálido del verano (Fig. 1A). Se trata de un modelo muy semejante al del Levante Peninsular. Sin embargo en el Valle de Sóller, debido a su situación en la cara norte de la *Serra de Tramontana*, hay menor insolación y la temperatura media es algo más baja que en el resto de la isla, y desarrolla una curva que es unimodal, presentando un solo máximo ya que la población de *C. capitata* comienza a aparecer más tarde y finaliza antes (Fig. 1 B). En ambos casos al llegar los primeros fríos invernales cesan las capturas, de modo que durante la estación fría tan solo se recoge algún adulto muy de vez en cuando.

Este trabajo fue dirigido y realizado por la Dra. Ana Alemany, con la colaboración de Miguel Angel Miranda y Pere Morell. El Informe Técnico correspondiente puede consultarse en Alemany (1995).

1.1.2. Nuestra dedicación a la *Mosca Mediterránea de la Fruta* continuaba, ya que Miguel A. Miranda comenzó su Tesis Doctoral, realizando el seguimiento del ciclo anual a lo largo de varios años consecutivos, a fin de conocer los factores bióticos y abióticos que lo modulan. Se analizaron otros aspectos tales como las pautas diarias de su actividad (alimentación, reproducción, sueño), con el fin de poder conocer mejor esta especie y poder predecir sus fluctuaciones poblacionales. Pero una parte importante de este estudio trataba sobre métodos de captura, comparando la efectividad de diferentes tipos de trampas y de atrayentes.

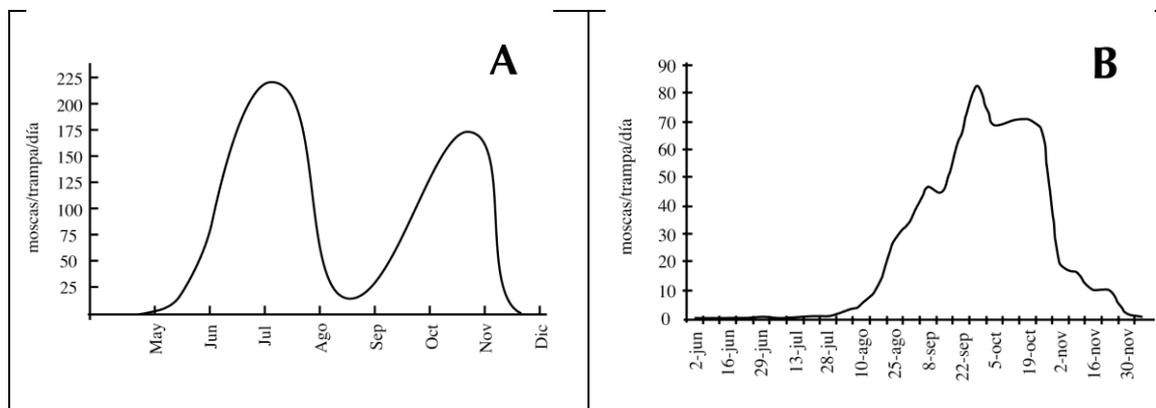


Fig. 1. Curva de vuelo generalizada de *C. capitata* en base a capturas con el atrayente de machos (Trimedlure). A) Curva bimodal típica del *Pla de Mallorca*. B) Curva unimodal obtenida en el Valle de Sóller.

Hasta ese momento para el control de la Mosca Mediterránea de la Fruta se utilizaban insecticidas químicos de síntesis (organoclorados y organofosforados, que son muy agresivos tanto para la salud como para el medio ambiente), puesto que no existía ningún otro método que fuera efectivo.

El trapeo o captura de adultos no daba resultado ya que se utilizaba el Trimedlure (Agrisense-BCS) que atrae solamente a los machos, pero en el control de Plagas es fundamental controlar las hembras, ya que son éstas las que tienen la clave de futuras generaciones. También se usaba mucho un atrayente alimentario generalista, el Nu-Lure (Agrichem), que no es en absoluto selectivo puesto que captura cualquier tipo de insecto, incluyendo también la fauna útil y las feromonas no daban resultado con esta especie porque su formulación química es muy compleja. Pero finalmente, y coincidiendo con el período de realización de esta Tesis, el Dr. Heath y su equipo (Heath *et al.*, 1996), sintetizaron unos atrayentes alimentarios específicos para las hembras de *C. capitata* a base de putrescina, acetato amónico y trimetilamina, patentados en principio con sus iniciales (PAT) y comercializados por Kenogard, que prometían ser muy eficaces. De modo que las investigaciones se dedicaron tanto a conocer en profundidad la bioecología del Díptero que nos ocupa, como a comprobar la efectividad de trampas y atrayentes como métodos de captura (Miranda *et al.*, 2001). Los principales Resultados obtenidos se exponen en el apartado “Consideraciones finales” a fin de no ser repetitivos.

1.1.3. En el año 1996 el INIA (Ministerio de Agricultura y Pesca) nos concedió un Proyecto compartido en el que participábamos investigadores de la UIB, del INIA y un técnico de la Conselleria d’Agricultura i Pesca (CAIB): ***Diseño de Control Integrado de la Mosca Mediterránea de la Fruta (Ceratitis capitata, Wied.) mediante nuevas tecnologías no contaminantes y compatibles con una agricultura sostenible en Baleares.***

El principal objetivo del mismo era disminuir el uso de los insecticidas químicos de síntesis que, como es sabido, afectan tanto a nuestra salud como al Medio Ambiente. Para ello y por primera vez en Europa ensayamos en campo, junto con Grecia, la efectividad de los nuevos atrayentes alimentarios para hembras de *C. capitata*, ya mencionados, basados en la sinergia del acetato amónico, trimetilamina y putrescina. Para el estudio, que se llevó a cabo en el Valle de Sóller (Mallorca), zona en la que tradicionalmente se han venido cultivando

mayoritariamente naranjos, se eligieron cinco fincas de experimentación y una sexta que se tomó como Control. En cada una de ellas desarrollamos repetidas veces a lo largo de dos años la misma técnica de trapeo, ensayando dos tipos de trampas Tephritrap (Sorigard Ld) y McPhail, utilizando los tres tipos de atrayentes ya mencionados: el Trimedlure para machos, los atrayentes específicos para hembras (PAT) y el generalista Nu-Lure. Las trampas Tephritrap son de tipo seco, es decir que como son de pequeño tamaño no están diseñadas para introducir agua, ya que se evapora muy pronto y hay que introducir en ellas una pastilla de insecticida [entonces se utilizaba Vapona (DDVP, Aragonesas Agro)] para evitar que escaparan los insectos capturados. Las trampas McPhail se usan con soporte líquido.

Este Proyecto, de una duración de dos años, fue codirigido y realizado por los Dres. Ana Alemany (UIB) y Pedro Ros (INIA), con la colaboración de D. Joan Gomila (CAIB) y los miembros del Laboratorio de Zoología de la UIB, M. Angel Miranda, Raquel Alonso, Cristina Blasco, Cristina Rincón y David Borrás. El Dr. Ros y el Sr. Joan Gomila realizaron los experimentos en Menorca, mientras que como ya se ha dicho, el equipo de la UIB los llevamos a cabo en el Valle de Sóller. El Informe Técnico correspondiente (Ros y Alemany, 2000), se presentó en el INIA. Los principales Resultados obtenidos también se expondrán en el apartado “Consideraciones finales” a fin de evitar repeticiones.

1.1.4. Tuvimos la ocasión de conocer personalmente al mencionado Dr. Heath, que trabajaba en el *USA Department of Agriculture* (USDA), así como al Dr. Hendrichs, Jefe del Servicio del *Department of Pest Control* de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), quienes estuvieron verdaderamente interesados en que realizáramos ensayos en las Baleares, tanto de sus atrayentes como de nuevos modelos de trampas. En efecto, una isla es un lugar muy adecuado para la experimentación ya que eso presupone una facilidad de aislamiento frente a otros factores. De este modo en 1997 firmamos el primer Protocolo con el Consorcio IAEA/USDA, para llevar a cabo un ***Co-ordinated Research Programme (CRP) on Development of Improved Medfly Female Attractants and their Integration into Fruit Fly SIT Management Programmes.*** Se trataba de un Proyecto Internacional para el uso pacífico de la Energía Atómica, renovable anualmente, en el que participaban 15 países en los que *C. capitata* causaba problemas, España entre ellos. Y es que la FAO/IAEA desarrolla proyectos que han

resultado ser muy efectivos sobre la denominada Lucha Autocida, basada en la esterilización mediante rayos X de los insectos machos de la especie a combatir. El Programa sobre los atrayentes alimentarios de la Mosca Mediterránea de la Fruta (o Medfly) es complementario a la estrategia de Lucha Autocida. Estuvimos trabajando en este interesante Proyecto durante 8 años, del que el Dr. Heath era el Investigador Técnico Principal; anualmente nos enviaba un *Research Protocol*, que era el mismo para los 15 países miembros, con las instrucciones a seguir, así como el material necesario para su realización, financiado por el Consorcio FAO/IAEA. Cada país tenía asimismo la posibilidad de diseñar un experimento propio, en función de sus necesidades con respecto a *C. capitata*. Cada dos años nos reuníamos para intercambiar los resultados obtenidos.

Durante la realización del mismo se consiguieron a nivel internacional muchos avances sobre la metodología del control de *C. capitata*, de modo que cuando en 2005 se terminó el Proyecto ya se habían comercializado los atrayentes alimentarios de hembras (PAT), ahora con el nombre de Biolure © (Suterra), siendo el método de captura y control más efectivo de esta plaga, utilizado a partir de entonces a nivel Internacional. En cuanto a los diferentes tipos de trampas ensayados, se obtuvieron muy buenos resultados tanto con la denominada PMT (Multilure McPhail Trap, Betterworld), versión moderna de la clásica McPhail y el modelo Tephritrap, que como ya se ha comentado, precisa de insecticida en su interior (Alemany *et al.*, 2006a). Sin embargo la Normativa Europea prohibió el uso de la Vapona (DDVP) y desarrollamos varios ensayos encaminados a conseguir un nuevo producto. Se concluyó que, provisionalmente colocando tanto un collar para perros (Scalibur; Intervet International B.V.) que contiene el piretroide deltametrina, o bien una malla embebida en esta misma sustancia (PermaNet® 75; Vestergaard Frandsen A/S Vestergaard) se obtenían buenos resultados (Alemany *et al.*, 2007a).

Uno de los experimentos libres que realizamos fue muy novedoso, puesto que era la primera vez que se realizaba a nivel internacional **un trampeo masivo con los atrayentes alimentarios para hembras** (entonces todavía con el nombre **PAT**). En una pequeña plantación de naranjos Navel Late de 1 ha de extensión, en Fornalutx, se colocaron 125

trampas Tephritrap en árboles alternos y cebadas con los mencionados atrayentes (todas con el insecticida Vapona). El riesgo de este experimento era muy alto ya que se tenía previsto recolectar las naranjas durante la segunda quincena del mes de agosto. El resultado fue **altamente positivo** de modo que se logró controlar eficazmente la plaga hasta el momento de la cosecha. Ésta coincidió con la época de maduración de los higos en varias higueras abandonadas situadas en los bordes de la parcela, y partir de entonces se inició un aumento exponencial de *C. capitata*, que ya no pudo ser controlado. El porcentaje medio de hembras capturadas fue del 79,3%, lo que demostró una buena efectividad selectiva de estos atrayentes sintéticos, incluso en estrategia de trampeo masivo (Alemany *et al.*, 2004). El agricultor quedó altamente satisfecho de los buenos resultados obtenidos.

La elevada densidad de trampas nos permitió asimismo hacer un interesante **seguimiento espacio-temporal de las capturas**. La definición topográfica de cada uno de los árboles con un GPS y la representación espacial de los datos mediante la utilización del software adecuado, hizo que se pudiera observar la heterogeneidad espacio-temporal del insecto en la parcela (Fig. 2), comprobándose que la dispersión se iniciaba en los bordes de la plantación, en especial en el margen occidental donde se encontraban las mencionadas higueras. La cantidad de adultos fue aumentando progresivamente hasta que se invadió totalmente la parcela, hecho que tuvo lugar a mediados de septiembre, para iniciarse a partir de entonces el descenso debido a la disminución de las temperaturas con la llegada de los primeros fríos invernales (Alemany *et al.*, 2002; Alemany *et al.*, 2006b). La Dra. Ana Alemany fue la investigadora principal del Subproyecto Español, con la colaboración del Dr. Miranda, y participando en la realización del mismo a lo largo de estos 8 años, diferentes miembros del Laboratorio de Zoología que se iban sucediendo en este amplio lapso de tiempo: Esteva Abramiuk, David Alonso, Raquel Alonso, Daniel Castro, Ana González, Iolanda Grau, Silvia de Juan, M. Mar Leza, Gonzalo Molins, Ricardo del Río y Cristina Tur. El Dr. C. Martín Escorza (CSIC, Madrid) se encargó de la geostatística y la elaboración de los mapas poblacionales durante el experimento del trampeo masivo.

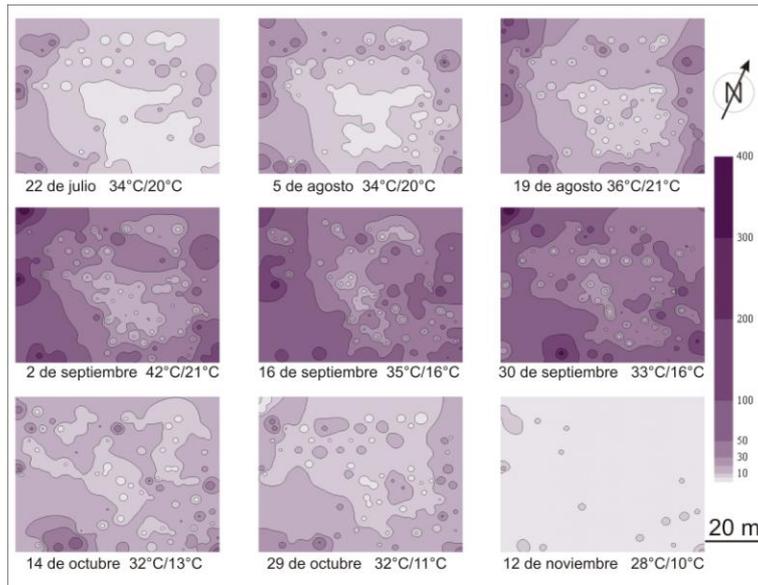


Fig. 2. Distribución espacio-temporal de las capturas de hembras de *C. capitata* durante el experimento de trapeo masivo a base de los atrayentes alimentarios específicos, en una parcela de naranjos en Fornalutx (Mallorca).

1.1.5. Durante los años 2005, 2006 y 2007 se llevó a cabo en Mallorca un ambicioso proyecto en el Valle de Sóller, dirigido por el Servicio de Sanidad Vegetal (Conselleria d'Agricultura i Pesca, CAIB) y por el Dr. Navarro Llopis (IVIA), con objeto de reducir la incidencia de *C. capitata* en la zona. Se trataba de la denominada Lucha Autocida, en este caso mediante quimioesterilización, utilizando productos no agresivos con el medio ambiente. El área tratada fue de unas 300 ha en las que se colocaron un total de 2.700 dispositivos cebados con atrayentes alimentarios para hembras de esta especie, en los que también se colocó lufenurón, producto considerado como Regulador del Crecimiento (IGR), que además posee efectos esterilizantes. Al estar combinado con los atrayentes de hembras de *C. capitata* ya mencionados, prácticamente solo afecta a esta especie.

Con objeto de valorar la eficacia de este método, en 2006 se nos encargó realizar el seguimiento poblacional de la Mosca Mediterránea de la Fruta en la zona en cuestión. Para ello en tres parcelas se colocaron trampas modelo Probodelt (SEDQ), la mitad de ellas cebadas con atrayentes alimentarios de hembras y la otra mitad con el atrayente sexual de machos Trimedlure, así como también trampas Tephri trap con objeto de comparar la efectividad de ambas (Alemany *et al.*, 2007b). Si bien al parecer el sentimiento generalizado tanto de los técnicos como de los agricultores del Valle de Sóller coincidía en percibir una aparente disminución de la población de la *C. capitata*, los resultados obtenidos por nosotros no lo corroboraban. De hecho incluso detectamos un ligero aumento de este Díptero

con respecto al año anterior. No obstante probablemente era todavía pronto y había que esperar un año más para conocer los resultados definitivos (Alemany *et al.*, 2008). También se pudo constatar una mayor efectividad de la trampa Probodelt, ya que superó en 11,1 moscas/trampa/día al modelo Tephri trap (Leza *et al.*, 2008).

1.2. El nematodo formador de quistes de la patata *Globodera* spp. Skarbilovich, 1959: métodos alternativos de control en la comarca de Sa Pobla.

Los nematodos formadores de quistes de la patata, se consideran como los de mayor importancia patogénica en este cultivo y están sometidos a estrictas regulaciones y medidas de cuarentena en numerosos países, siendo *Globodera pallida* y *G. rostochiensis* especies muy dañinas y mundialmente distribuidas que en algunos casos pueden llegar a producir pérdidas que representan el 90% de la cosecha.

Ante la solicitud de ayuda por parte de una empresa de Sa Pobla para intentar paliar los serios problemas ocasionados por el nematodo de la patata en los cultivos extensivos de la zona, decidimos iniciar una nueva línea de investigación con la esperanza de poder contribuir a aportar alguna solución a base de métodos alternativos de control. Y es que los nematocidas figuran entre los fitosanitarios más agresivos para la salud y el medio ambiente, con el agravante, en este caso, de que el agua de regadío contaminada finalmente va a parar a la Albufera de Alcudia. A partir de este momento nuestro equipo investigador pasó a denominarse Grupo de Investigación de Entomología y Nematología Aplicadas.

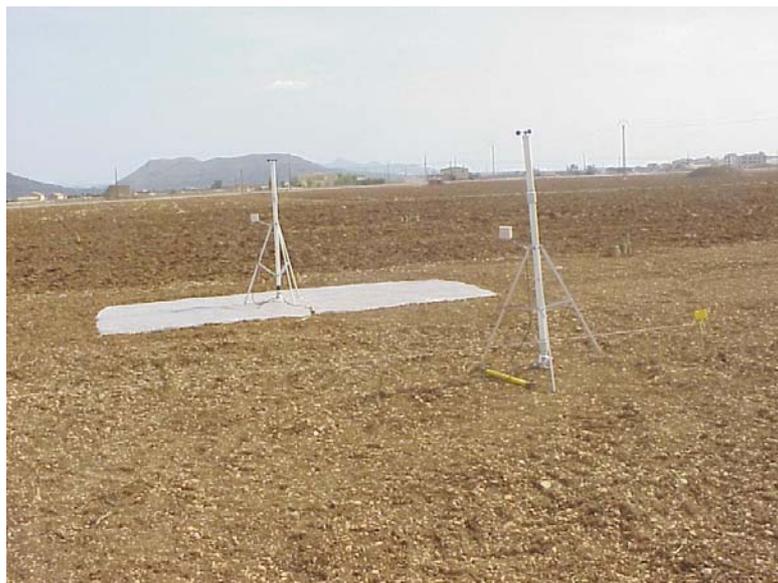


Fig. 3. Experimento de solarización del suelo y estaciones meteorológicas para la recogida de temperaturas bajo tierra a 10 y 30 cm con y sin plástico.

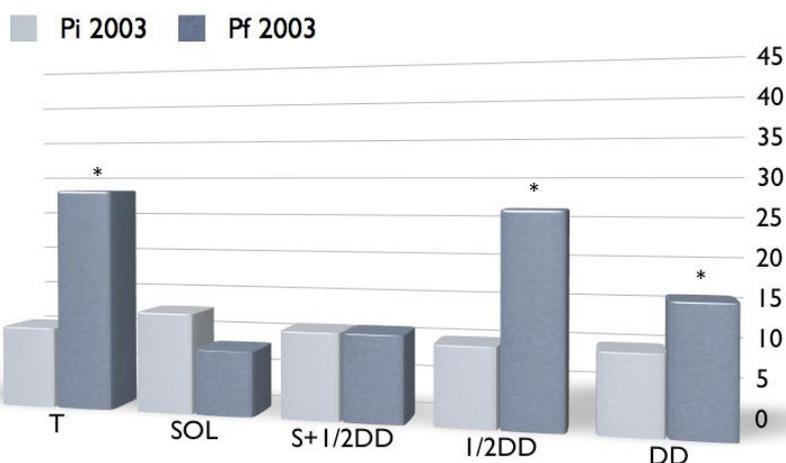


Fig. 4 . Resultados en huevos/g de la población inicial (Pi) y final (Pf) obtenidos en el año 2003, siendo (T) testigo (T), (SOL) solarización, (S+1/2DD) solarización+mitad de dosis dicloropropeno, (1/2DD) sólo mitad de dosis de DD y (DD) dosis estándar de dicloropropeno. Los asteriscos indican diferencias significativas ($P < 0,05$) de cada Pf respecto a su Pi.

1.2.1. En el año 2000 la Conselleria d'Economia, Agricultura, Comerç i Indústria del Govern Balear nos concedió un Proyecto para realizar un estudio sobre la *Evolució de la població de nematodes en les parcel·les dedicades al cultiu de la patata* en Mallorca. Se llevó a cabo la localización topográfica de gran parte las parcelas de la comarca Muro-Sa Pobla y también se hizo un listado de las variedades de patata cultivadas en ellas, así como el análisis del nivel de nematodos presentes en cada una a fin de conocer la distribución espacial de la población del patógeno en la zona (Andrés *et al.*, 2006). También se inició seguimiento del ciclo vital de *Globodera* spp. sobre las

variedades de patata cultivadas mayoritariamente en sa Pobla: *Maris Peer*, que es de ciclo vegetativo corto y *Marfona* de ciclo largo, comprobando que el ciclo vital del nematodo está estrechamente relacionado con la fenología de la planta hospedadora y que ambos están fuertemente condicionados por los grados acumulados.

Asimismo se llevaron a cabo diversos experimentos para valorar la eficacia de distintos métodos de Control, estudiando la efectividad del nematicida químico de síntesis normalmente utilizado, que es el 1,3 dicloropropeno 116% p/v (conocido comunmente como DD) a distintas dosis de

aplicación, con objeto de intentar optimizar la relación mínima dosis/máxima eficacia. Se trata de un mortífero producto que se inyecta como vapor en el suelo y que mata absolutamente todo lo que hay vivo en él, no sólo los nematodos sino bacterias y cualquier animal que forme parte de la fauna edáfica. Todos los años antes de sembrar la patata se fumigaba con este producto todas las parcelas, ya que de otro modo se echaría a perder prácticamente toda la cosecha. Se ensayaron dosis completas de DD y medias dosis, así como también la **solarización del suelo**, y la aplicación de materia orgánica, como métodos alternativos no contaminantes. Se analizaron los distintos métodos solos o combinados.

Este trabajo fue realizado por Raquel Alonso y codirigido por las Dras. M^a Fe Andrés (CSIC, Madrid) y Ana Alemany (UIB), (Alonso, 2001).

1.2.2. Dentro del Plan Nacional de I+D+I se le concedió a Raquel Alonso una beca, financiada por el INIA, para el período 2000-2003, con objeto de realizar una Tesis Doctoral sobre el *Estudio bioecológico y caracterización epidemiológica del nematodo formador de quistes Globodera spp. Skarbilovich, 1959 (Nematoda: Heteroderidae) en el cultivo de la patata en Mallorca. Estrategias de control integrado.* El exhaustivo estudio epidemiológico llevado a cabo permitió constatar que en esta comarca la aplicación sistemática de nematicidas, junto a las características del clima típicamente Mediterráneo que favorecen la reproducción de *Globodera* spp., mantienen sus poblaciones en niveles próximos a los umbrales de daño. Esto supone un riesgo permanente del desarrollo de la enfermedad en la planta y de las consiguientes pérdidas en la cosecha, lo que hace fundamental la realización de mapas de infestación para el diseño de estrategias de métodos eficaces de control. Se continuó durante varios años con el estudio del seguimiento del ciclo de *Globodera* ssp. en campo, tanto en las variedades Maris Peer como Marfona (Alonso *et al.*, 2011).

Entre los métodos ensayados en este estudio, se realizaron por primera vez en Baleares experimentos de **solarización del suelo** (Figs. 3 y 4), demostrando que **es una alternativa real a los agroquímicos** en Sa Pobla, tanto por las condiciones climáticas de la zona de estudio, como por las características del agrosistema, que hacen factible el descanso de la superficie de cultivo durante el periodo estival. Esta Tesis Doctoral, realizada por Raquel Alonso, fue codirigida por las Dras. M^a Fe Andrés (INIA) y Ana Alemany (UIB).

1.2.3. Ante la importancia aplicada de los estudios que acabamos de mencionar, pensamos

que sería conveniente continuarlos a fin de perfilar algunos flecos que quedaban pendientes. Por ello se diseñó un Proyecto de Fin de Carrera sobre la *Aplicació pràctica d'estratègies de control del nematode formador de quists (Globodera spp.) en el cultiu de la patata*, que llevó a cabo el ingeniero técnico agrícola Jaume Gost, incluido en el programa de "Actuaciones de Transferencia de Resultados de la Investigación", en coordinación con nuestra Comunidad Autónoma y financiado por el INIA. Los Objetivos fueron a) llevar a cabo un estudio comparado sobre diferentes tipos de plásticos para la solarización, a fin de conocer cuál era más eficaz en nuestras condiciones climatológicas; b) analizar la posibilidad de utilizar nematicidas granulados, mucho menos agresivos que los fumigantes y c) estudiar el efecto de los tratamientos del suelo con fresa o arado, antes de la solarización del suelo en verano. Este trabajo, realizado como ya se ha dicho por D. Jaume Gost (Gost, 2008), fue codirigido por las Dras. Ana Alemany y Raquel Alonso. Los mencionados proyectos realizados sobre *Globodera* spp. se diseñaron de modo que fueran totalmente aplicables; los principales Resultados se detallan en el apartado "Conclusiones Finales".

2. Gestión de Plagas Forestales

Resultan también muy necesarios los estudios sobre la bioecología de las plagas de las masas forestales, así como de los efectos que las aplicaciones fitosanitarias tienen sobre la fauna de nuestros bosques. Afortunadamente, como ya se ha comentado, se van sintetizando cada vez productos menos agresivos, pero todavía es necesario realizar estudios para conocer su incidencia.

2.1. Procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa* Dennis & Schiffermüller): bioecología y tratamientos fitosanitarios.

La procesionaria es una plaga endémica del Mediterráneo que aunque debilita a los pinos, normalmente no llega a causar su muerte. No obstante puede ser la causa de la invasión de otros insectos, como los Escolítidos, cuyos efectos son más graves. Sin embargo, como provoca en muchos casos molestias o incluso afecciones graves a la salud, en las zonas habitadas debe de suprimirse.

2.1.1. En el año 1994 se nos concedió un Proyecto para realizar un *Estudio preliminar de Lucha Integrada contra la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa, en Baleares*, que gestionado por el Dr. Mateu Castelló (entonces Jefe de Servicio de Sanidad

Forestal), fue subvencionado por la Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Balear.

El principal objetivo era conocer el **grado de parasitismo** de las puestas de la procesionaria del pino en diversas zonas de Mallorca y Menorca, a fin de detectar el porcentaje de estos enemigos naturales y compararlo con el de las poblaciones peninsulares. Al ser reciente la llegada de *T. pityocampa* en Baleares y a pesar de haber sido reintroducida en diferentes ocasiones, era de suponer muy limitada la cohorte de parasitoides que llegaron con ella, por lo que probablemente no se habría podido establecer todavía el **equilibrio poblacional parásito/ hospedador**.

Se estudiaron 225 puestas de procesionaria recogidas sobre *Pinus halepensis* con elevada tasa de infestación debida a *T. pityocampa*, de las que 109 se recogieron en Mallorca y 116 en diferentes localidades de Menorca. Las dos especies que se encontraron fueron los microhimenópteros *Tetrastichus servadei* Dom., Eulófido específico de la procesionaria del pino, y el Oencirtido *Oencyrtus pityocampae* Mercet (Alemany *et al.*, 1994). Los resultados, obtenidos después de las dos emergencias larvianas (de otoño y primavera respectivamente) se resumen en la Tabla 1:

Si bien las poblaciones de los microhimenópteros fluctúan enormemente de unos años a otros incluso en el mismo lugar, se consideran habituales para los pinares peninsulares unos valores medios comprendidos entre el 20% y el 50% (Montoya, 1981). Es obvio, por tanto, que unos datos del 11'98 % en Mallorca y 7,39 % en Menorca, muestran que estamos ante una tasa muy reducida de parasitismo. Tratándose de los primeros resultados obtenidos en Baleares, es de desear que este estudio pueda continuarse durante varios años con el fin de corroborar, si es el caso, estas cifras. No obstante todo apuntaba a que podría comenzarse una intervención de Control Biológico aumentativo, introduciendo

puestas (de las que ya emergieron las orugas), en especial en la isla de Ibiza en la que la infestación era muy baja y todavía no se observaban bolsones. Hay que tener en cuenta que *Tetrastichus servadei*, el parasitoides mayoritario, es específico de la procesionaria del pino. Este trabajo fue dirigido y realizado por la Dra. Ana Alemany, con la colaboración de Miguel Angel Miranda y Pere Morell.

2.1.2. En el año 1999, ante las continuadas protestas por parte de algunos grupos ecologistas con respecto a la utilización de insecticidas reguladores del crecimiento (IGRs) para controlar la plaga de la procesionaria del pino, tales como el hexaflumurón, la Conselleria de Economía, Agricultura, Comerç i Indústria, a través de D. Antoni Durà, nos encargó un primer **Estudio del impacto de los tratamientos contra la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa, Denn. & Schiff.) en Baleares**.

Siguiendo las directrices prioritarias de I+D marcadas por la Unión Europea en lo que se refiere a la protección del Medio Ambiente y la Biodiversidad, en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, entonces se utilizaban para el Control de la Procecionaria del Pino dos plaguicidas de bajo impacto ambiental, si se comparan con los fitosanitarios convencionales que estaban todavía en uso (organoclorados y organofosforados, entre otros). Son productos no neurotóxicos y que además afectan solamente a determinados grupos de Artrópodos. En Mallorca se trataban con IGR (*Hexaflumurón*, *CONSULT*) aproximadamente dos tercios de la superficie forestal recubierta por pinos, mientras que para el tercio restante se utilizaba *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* (17,6 millones U.I./g SC; DIPEL LA). No obstante, entonces ya se iniciaba un acalorado debate, que continúa en la actualidad, sobre la conveniencia de usar uno u otro producto.

Origen	Nº puestas	Media huevos/puesta	Media longit/puesta	% Huevos no eclosionados	% <i>Tetrastichus</i>	% <i>Oencyrtus</i>	% Total Huev. parasitados	% Tasa fertilidad
Mallorca	109	213	2,67 cm	6,35	9,16	2,82	11,98	81,67
Menorca	116	203	2,66 cm	6,93	5,83	1,56	7,39	85,69

Tabla 1. Valores comparados entre las puestas de procesionaria del pino recogidas en Mallorca y Menorca.

Si bien ambos productos actúan por ingestión, su mecanismo de acción es muy diferente. El *hexaflumurón* es inhibidor de la síntesis de la quitina, carbohidrato fundamental de la cutícula de los Artrópodos, de modo que éstos tras ingerirlo mueren al mudar, debido a malformaciones y deshidratación. Es poco soluble en agua y se le asigna una vida media en el suelo de unos 60 días. Por otra parte el *B. thuringiensis* var. *kurstaki* es un insecticida de origen biológico que actúa como tóxico intestinal, puesto que la bacteria al esporular, segrega un cristal de delta-endotoxina que se fija a la espora, y al ser ingerido destruye las células del tracto digestivo de las larvas de los primeros estadios de Lepidópteros. Su espectro de acción, por tanto, es más reducido que el del un IGR. Es soluble en agua y se le asigna una vida media de unos 15 días.

El objetivo del trabajo era comparar la incidencia de ambos productos sobre la fauna, especialmente la entomológica, que habita en nuestros pinares

Debido a causas que no vienen al caso, el estudio se inició después de haberse tratado ya los pinares. Nos propusimos analizar la incidencia de los productos aplicados sobre la **gama más amplia posible de Fauna Forestal artropodiana**, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. Los muestreos comenzaron poco más de dos meses después de haber sido realizados los tratamientos insecticidas y se llevaron a cabo de forma muy intensiva a lo largo de los tres meses siguientes, entre los días 16 de febrero y 22 de mayo de 2000.

Se eligieron tres pinares, dos de ellos tratados con IGR y *B. thuringiensis* respectivamente, y un tercero que no había recibido ningún tratamiento en los últimos años, que se tomó como Control. En cada uno de ellos se estudió a) la fauna **edáfica** hojarasca y suelo (principalmente Ácaros y Colémbolos), así como otros Artrópodos recogidos en trampas de caída, semienterradas a nivel del suelo; b) los **Artrópodos epífitos** sobre la vegetación arbustiva; c) los **Insectos voladores** capturados tanto en placas cromáticas, como en trampas cebadas con atrayentes alimentarios y en trampas de luz y d) aunque el trabajo se centró en los Artrópodos, también se realizó un censo comparado de **Aves**, puesto que la población de éstas puede verse afectada indirectamente por los plaguicidas, bien por alimentarse de insectos ya afectados por estas sustancias, o bien por la ausencia de ellos, en el caso de Aves insectívoras. Con este objetivo se hizo un estudio comparado sobre la composición y estructura de la comunidad ornitológica de cada una de las tres zonas, elaborándose un mapa

territorial de *Sylvia melanocephala*, muy común en todas ellas, y que además de poseer un comportamiento territorial tiene un elevado componente insectívoro en su régimen alimentario.

El primer pinar, tratado con hexaflumurón, estaba situado en la comarca de Lluçmajor. El segundo, que recibió un tratamiento con *B. thuringiensis*, en la de Calviá, mientras que el tercer, que se tomó como Control al no haber sido fumigado en los últimos años, estaba en la Comuna de Bunyola

Con respecto al estudio de la fauna artropodiana, se recolectaron y determinaron a nivel de familia un total de 30.856 ejemplares, a base de muestreos quincenales. A fin de comparar adecuadamente los resultados obtenidos, se calcularon siempre las medias de las capturas, así como los porcentajes de las mismas. Para cada uno de los pinares se obtuvo el número total (riqueza) y medio (riqueza media) de las especies registradas; se representó gráficamente la abundancia y diversidad de la fauna obtenida en cada uno de ellos y se calculó el índice de Shannon-Weaver. Por obvios motivos de espacio en este artículo, presentamos únicamente los resultados referidos a dicho índice (Tablas 2 y 3), cuyos valores no son muy elevados y difieren muy poco entre ellos.

Para el estudio de la Avifauna, se diseñó un muestreo basado registros sonoros, técnica especialmente indicada para estimar poblacionales de Aves en entornos más bien espesos y cerrados. En las tres localidades se realizaron escuchas quincenales divididas en dos períodos de tiempo de 7 minutos cada uno, delimitándose en cada pinar una parcela de aproximadamente cinco hectáreas mediante recorridos en zigzag, que permiten referir las detecciones a superficies de 20 m de lado. Se valoraron en cada parcela cuatro visitas válidas, de las que se registraron presencia y ausencia de cada una de las especies de la zona (Cooper *et al.*, 1990). Para cada localidad además del número total (S, riqueza) y medio (s, riqueza media) de especies registradas, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Weaver, expresando los resultados en parejas/ha. De modo simultáneo se realizó un mapa territorial (*op. cit.*) de la especie *Sylvia melanocephala* (Tabla 4). El estudio en cuestión fue dirigido y realizado por los Dres. Ana Alemany y Miguel Ángel Miranda, con la colaboración de Iván Ramos Torrens, Antoni Artigues y Cristina Blasco. El Dr. Bartomeu Seguí se encargó del estudio de la avifauna (Alemany y Miranda 2000). Los Resultados obtenidos en este estudio se resumen en el apartado de "Consideraciones Finales".

	Microhojarasca	Microsuelo	Macrohojarasca	Macrosuelo
Zona Bt	1.06	1.07	2.50	1.8
Zona Control	0.94	1.42	2.64	1.7
Zona IGR	0.92	0.95	2.67	1.9

Tabla 2. Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) calculado para la microfauna y macrofauna de hojarasca y suelo de las tres zonas de estudio.

	Tephritrap	Placas	Caída	Vegetación
Zona Bt	0.66	1.48	2.65	2.62
Zona Control	0.23	1.56	2.53	2.49
Zona IGR	0.95	1.45	2.53	2.82

Tabla 3. Índices de diversidad de Shannon-Weaver (H) calculados para insectos voladores diurnos, trampas de caída y fauna epífita en las tres zonas de estudio.

	S	s	H (bits)	D <i>S. melanocephala</i> (parejas/ha)
Pinar Control	16	6,625	3,75	2,12-2,69
Pinar <i>B. thurig.</i>	15	8,25	3,75	1,93-2,51
Pinar IGR	22	9,625	4,09	1,87-2,43

Tabla 4. Riqueza (S) de especies, riqueza media (s), diversidad calculada según el índice de Shannon-Weaver (H) y densidad de *Sylvia melanocephala* (parejas/ha), obtenida a partir del número de territorios interceptados en las tres localidades estudiadas.

2.1.3. En el año 2008 la Direcció General de Medi Forestal i Protecció d'Espècies del Govern Balear, a través de D. Luis Núñez, solicitó al Laboratorio de Zoología de la UIB la realización de un *Estudio de la incidencia sobre la Fauna Entomológica, del tratamiento con diflubenzurón para el Control de la Procesionaria del Pino (Thaumetopoea pityocampa, Denn. & Schiff.) en la comarca de Manacor*, como requerimiento necesario para continuar utilizando este producto. Para ello el presente trabajo se centró en comparar las poblaciones de determinados grupos de Artrópodos existentes en un pinar tratado con diflubenzurón y en un segundo pinar libre de aplicaciones fitosanitarias. Se estudiaron especialmente determinados grupos de Insectos considerados como bioindicadores: **Colémbolos, Himenópteros parasitoides y Lepidópteros nocturnos.**

La metodología utilizada es semejante a la descrita en el Proyecto anterior, salvo las

diferencias sobre los pinares en los que se realizó el estudio. Se eligieron dos pinares de características semejantes localizados en el término municipal de Manacor, con una extensión aproximada de 6 Ha cada uno de ellos y un nivel 3 de afectación debida a la procesionaria del pino. Uno de ellos (pinar IGR), fue tratado experimentalmente con diflubenzurón (Dimilin oleoso B; 1,5 % [UL] P/V, Kenogard S.A) el día 11 del mes de noviembre de 2008, mientras que el segundo, que se tomó como Control, no había recibido ningún tratamiento por lo menos en los 5 últimos años.

Debido a la dificultad de su identificación, los Colémbolos tanto del suelo como de la hojarasca, fueron enviados al Dr. Jordana Buttica (Univ. de Navarra) para su determinación a nivel específico, mientras que los Lepidópteros nocturnos recogidos con trampas de luz, fueron determinados también a nivel de especie por el Dr. Riddiford (TAIB).

Los Dípteros e Himenópteros parasitoides capturados en placas cromáticas y trampas con atrayentes alimentarios, se identificaron en la UIB.

A fin de conocer si había diferencias significativas entre los individuos integrantes de la fauna presente en los dos pinares estudiados, se aplicó la prueba *t* de Student (para datos paramétricos) separadamente para cada uno de los grupos entomológicos elegidos. Las diferencias resultantes se consideraron estadísticamente significativas para $p < 0,05$. Asimismo se aplicó el índice de Shannon-Wiener para cada uno de los taxones identificados en ambos pinares, calculándose también el índice de Simpson que valora la uniformidad de las muestras, es decir la dominancia de unas especies con respecto a otras (Tabla 5).

Los resultados obtenidos referidos a los Colémbolos aparentemente muestran que existe una marcada diferencia en cuanto al número total recogido en los dos pinares, ya que en el que fue tratado con diflubenzurón se obtuvieron 232 individuos, mientras que fueron 699 los del Control Sin embargo en este último se encontraron 428 ejemplares de la misma especie (*Hemisotoma thermophila*), por lo que si no se tiene en cuenta este caso puntual, la diferencia entre ambos pinares es solamente de 39 ejemplares. Como curiosidad cabe citar que fue encontrada una especie nueva para la ciencia perteneciente al género *Doutnacia*, de la que en cada uno de los dos pinares se encontraron dos individuos.

El índice de Shannon-Wiener muestra valores más altos en la parcela tratada con IGR (1,75) que en la tomada como Control (1,38), ya que los datos correspondientes a las diferentes

especies recogidas están más equilibrados. En efecto el índice de Simpson es de 0,82 en el pinar tratado con dimilín, lo que indica una mayor homogeneidad de los diferentes taxones encontrados.

En cuanto a los insectos voladores destacamos los Himenópteros Calcidoideos (74 individuos, que representan el 12,27% del total de capturas) y los Icneumonidos (62 id., que suponen el 10,25%), como representantes de la denominada fauna útil, puesto que la mayor parte de ellos son parasitoides y por tanto potenciales controladores de plagas. Con respecto a la riqueza específica, en el pinar Control se obtuvieron ejemplares pertenecientes a 14 taxones diferentes, mientras que en el tratado fueron 12.

Con respecto a los Lepidópteros nocturnos en ambas parcelas coinciden las dos especies mayoritarias (*Agrotis puta* y *Rhoptria asperaria*) que contabilizan el 30% de las capturas y además *Campaea honoraria* que es la especie que en el Control ocupa el tercer lugar en importancia, es la cuarta en el pinar IGR. En ambos la suma de estas tres especies alcanza el 50% del total de Lepidópteros. También coinciden en ambos las familias mejor representadas: Noctuidae, Geometridae y Pyralidae, en lo que resulta ser un interesante paralelismo poblacional. En este caso, el índice de Shannon-Wiener muestra valores más altos en la parcela Control (2,34) que en la tratada con dimilín (2,18), aunque este último presenta mayor uniformidad en cuanto a la distribución de los individuos de las muestras (índice de Simpson: 0,8 y 0,87 respectivamente) ya que en el pinar control en una sola noche cayeron 23 ejemplares de *Agrotis puta*.

Muestreo	Parcela	Nº Especies (cualitat.)	Nº indiv. (cuantit.)	Indice Shannon-Wiener	Indice Simpson
Colémbolos	Dimilín	17	232a	1,75	0,82
	Control	17	699a	1,38	0,59
Voladores diurnos (plac. cromáticas)	IGR	12	596b	1,6	0,75
	Control	14	605b	1,35	0,54
Lepidópteros (trampas de luz)	IGR	13	38c	2,18	0,87
	Control	26	80c	2,33	0,81

Los valores en cada columna seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas. Prueba *t* de Student para datos paramétricos ($p < 0.05$).

Tabla 5. Número de especies, capturas totales obtenidas y valores de los índices de Shannon-Wiener y Simpson en el muestreo de la fauna entomológica del pinar tratado con IGR y el Control.

Por último, el **análisis estadístico de los datos** referido tanto al número de individuos capturados como a la composición faunística de las muestras, **no presenta diferencias significativas ni entre las poblaciones de Colémbolos ni tampoco entre las de los Insectos voladores analizados**. No obstante aunque las capturas de los **Lepidópteros nocturnos de ambos pinares no difieren significativamente**, en nuestra opinión es en **este grupo de insectos donde podría apreciarse el efecto del diflubenzurón, en especial en lo que se refiere al número total de capturas**, pero no en la composición poblacional. Este trabajo fue dirigido y realizado por la Dra. Ana Alemany, con la colaboración de M^a del Mar Leza. Los cálculos estadísticos fueron realizados por la Dra. A. Belén Petro (UIB) (Alemany y Leza, 2009).

2.1.2. Fauna Apícola de Eivissa (*Apis mellifera* L.): estudio de la incidencia de los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* sobre las abejas.

En las zonas de clima templado se ha estimado que la gran mayoría de los insectos polinizadores pertenecen al grupo de los Himenópteros, destacando entre ellos de forma especial la abeja de la miel (*Apis mellifera*). Esta especie es hoy en día la más abundante, pudiendo representar en algunos lugares hasta el 95% de la labor realizada por todos ellos. Sin embargo en la actualidad las abejas están acusando los resultados del uso indiscriminado de insecticidas que se ha venido haciendo en los últimos 70 años, además de la aparición de parásitos, patógenos y depredadores muy agresivos, que ponen en peligro las colmenas.

Uno de los motivos de preocupación de los apicultores de Eivissa eran/son los tratamientos anuales con *Bacillus thuringiensis* que realiza la CAIB con objeto de controlar la procesionaria del pino, aunque existen estudios científicos que demuestran que este producto no causa efectos negativos sobre estos polinizadores. Por este motivo, el Servicio de Sanidad Forestal del Gobierno Balear nos encargó realizar este estudio.

Para ello se planificaron dos tipos de actuaciones que permitieran conocer la evolución de las colmenas, y por tanto su estado de salud: a) el análisis de la **tasa de crecimiento de las mismas** en función de la cría producida a lo largo del tiempo, y b) la **observación de la biología** de las abejas, anotándose los cambios visibles tales como la actividad de las mismas, construcción y utilización de los panales, nuevos enjambrazones, etc.

En Eivissa se eligieron dos pinares, uno de ellos iba a ser pulverizado con *B. thuringiensis* y el otro libre de tratamientos. El primero se

encontraba en el término municipal de Santa Eulària des Riu, y el segundo en el municipio de Sant Joan de Labritja, ambos separados por una distancia de 5 km, totalmente insalvable por el vuelo de las abejas y libre asimismo del efecto de deriva en las pulverizaciones. A fin de poder realizar un estudio partiendo de cero, se fabricaron *ex profeso* colonias nuevas con **reinas criadas por nosotros**, se prepararon núcleos Langstroth de cinco cuadros (los cuadros y celdillas también eran nuevos) y finalmente se colocaron cuatro colmenas en cada uno de los dos pinares elegidos. Como método efectivo para conocer el rendimiento de las abejas, se analizó regularmente **el crecimiento de la superficie de cría**, fotografiándose las dos caras de cada uno de los cuadros, obteniéndose total de 40 imágenes en cada muestreo, en cada una de las dos parcelas elegidas. Los datos se tomaron quincenalmente y se trataron con un programa de Análisis de Imagen, y una vez obtenidos todos se les aplicó el programa *Gnumeric* y la prueba t de Student (para datos paramétricos) a fin de comparar las colmenas tomadas como Control y las que fueron tratadas. Las diferencias resultantes se consideraron estadísticamente significativas para $p < 0,05$. Por otro lado en cada uno de los muestreos realizados se observó el estado de los cuadros en base a la fabricación de cera y miel, reserva de polen o propóleo y también nuevos enjambrazones, si los hubiera.

En la Figura 5 se muestran las gráficas correspondientes al crecimiento de las colonias expresado en área de cría. Como puede comprobarse, el tratamiento con *B. thuringiensis*, que fue anterior al tercer muestreo, no incide en absoluto en la tasa de crecimiento puesto que éste continua siendo muy acusado tanto en las abejas del pinar tratado, como en las del Control. Sin embargo más adelante se observa una brusca caída casi exactamente a la vez en los dos grupos de colmenas, que como luego pudimos comprobar se debió a la enjambrazón natural de las mismas. En efecto, aparecieron nuevas colonias “salvajes” en los árboles circundantes, y además en todos los cuadros se observó la fabricación masiva de celdas reales, debido a la salida de las anteriores reinas, hecho que suele ocurrir cuando hay poco sitio para continuar la cría en el interior de una colmena. También se realizaron observaciones sobre otros aspectos de las colonias, como la producción de cera y miel, sin que estos mostraran indicios de influencia negativa sobre las abejas (Leza et al., 2014). Este trabajo fue codirigido por Ana Alemany, M^a del Mar Leza (UIB) y Gregori Lladó, profesor y apicultor experimentado.

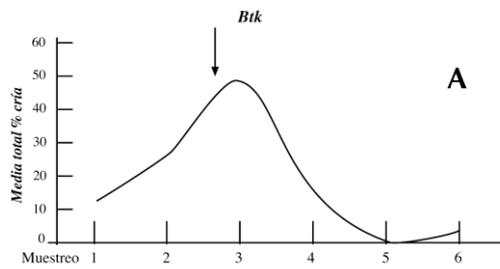


Fig.5A. Crecimiento de colonias por superficie (*B.thuringiensis*).

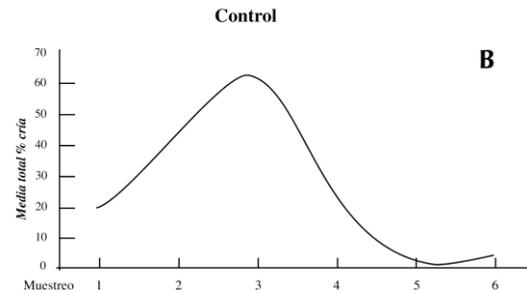


Fig.5B. Crecimiento de colonias por superficie (estación control).

Consideraciones Finales

A modo de resumen recogemos aquí los principales Resultados obtenidos en los estudios y proyectos especificados en este artículo.

1. Plagas Agrícolas

1.1. La Mosca Mediterránea de la Fruta *Ceratitis capitata* (Wied.) De los diferentes estudios realizados por nosotros sobre esta especie, aplicables al Control Integrado de la misma, y por tanto a modo de contribución a la protección del Medio Natural de Baleares, destacamos lo siguiente:

A) Con respecto a su bioecología:

- Se describieron por primera vez los **dos tipos de curvas de vuelo de *C. capitata*** que tienen lugar en Mallorca: de tipo bimodal en el *Pla* y de tipo unimodal en la *Vall de Sòller*.

- Se describió por primera vez la curva de vuelo de *C. capitata* sobre las chumberas [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] y en las higueras (*Ficus carica* L.), que curiosamente es de tipo unimodal aunque estos frutales se encuentran en la zona del *Pla*, puesto que el período de maduración de sus frutos es muy corto y tiene lugar a finales del verano. Es muy importante conocerla ya que estos vegetales, en su mayoría no gestionados y diseminados por toda la isla, suponen un reservorio de *C. capitata*, de tal modo que cuestiona la efectividad de los tratamientos insecticidas en nuestros agrosistemas heterogéneos.

- Se registró por primera vez la gráfica diaria (horaria) de las capturas de machos y hembras de *C. capitata* en diferentes hospedadores de un agrosistema heterogéneo. Consiste en un modelo de tipo bimodal en verano y unimodal en otoño-invierno, regulado principalmente por la evolución de la temperatura a lo largo del día. Así en el agrosistema Balear en verano, muestra un máximo durante la mañana y otro durante la

tarde, separados por un período de reposo que coincide con las horas más calurosas del día.

B) Referente a los sistemas de Control:

- Contribuimos a realizar los experimentos internacionales que demostraron la eficacia de los atrayentes alimentarios para las hembras de la Mosca Mediterránea de la Fruta, basados en la combinación Putrescina/Acetato Amónico/Trimetilamina (Biolure®, Suterra) que constituyen el método definitivo para controlar esta especie con métodos no agresivos con el Medio Ambiente.

- Por primera vez a nivel internacional, realizamos un ensayo piloto de **trampeo masivo con los atrayentes sintéticos para hembras**, cuyo resultado fue totalmente positivo.

- La presencia de una densidad elevada de trampas nos permitió, también por primera vez, hacer el **seguimiento espacio-temporal** de la evolución de una plaga y representarlo mediante la técnica del kriging, de manera que se pudieron conocer las pautas de dispersión de *C. capitata* en la parcela.

- Nuestro estudio permitió comprobar que la efectividad del Control de una Plaga depende sobre todo de una **adecuada gestión** de la misma **por parte del agricultor**. La Mosca Mediterránea de la Fruta pudo ser eficazmente controlada en una de las fincas objeto de ensayo, cuando además de poner nosotros en práctica el método de control elegido, el agricultor realizaba todas las prácticas preventivas y de control físico a su alcance.

1.2. El nematodo formador de quistes en la patata *Globodera* spp. Skarbilovich, 1959.

Los Resultados obtenidos se resumen a continuación:

A) Con respecto a su bioecología:

- Se demostró que la distribución de los nematodos en la comarca de Sa Pobla-Muro, no sigue un patrón espacial ya que el **nivel de**

población está **relacionado con los cultivos** realizados en los últimos años: mientras que en las parcelas en las que sólo hacía uno o dos años que se cultivaban patatas, había un nivel muy bajo de nematodos e incluso nulo, los productores que realizaban **varias cosechas de patata en un mismo año** y durante varios años consecutivos, tenían un **nivel de nematodos elevado**.

- Se describió **por primera vez en Baleares la presencia de *G. rostochiensis***, que aparece siempre formando poblaciones mixtas con *G. pallida*, aunque con un grado de incidencia mucho menor que la de ésta especie.

- Se definió también por primera vez la **caracterización patogénica** de las poblaciones de *G. pallida* de Mallorca, tratándose mayoritariamente del **patotipo 3 (Pa3)**, aunque también es evidente la presencia del patotipo 1 (Pa1).

- En el estudio del ciclo de *Globodera* spp. en las variedades de patata Maris Peer y Marfona, se comprobó que la primera **actúa como cultivo-trampa**, limitando el potencial biótico del nematodo, ya que éste no puede completar totalmente su ciclo durante el período de vida de la planta, que es muy corto, y la mayor parte de los quistes no llegan a madurar. Mientras que la variedad **Marfona**, que parece ser algo más tolerante a la infección, **tiende a incrementar la población de nematodos** hasta niveles superiores al umbral de daño. Por ello es aconsejable sembrar, cuando sea posible, la patata Maris Peer.

B) Referente a los sistemas de Control:

- En cuanto a los métodos alternativos a los nematicidas químicos, **la solarización del suelo ha demostrado ser el método más efectivo** en el control de los nematodos formadores de quistes de la patata en Baleares, consiguiendo elevar la temperatura a 10 cm de profundidad, hasta 10°C por encima de la temperatura sin plásticos. Además no sólo reduce los niveles de las poblaciones del patógeno de manera significativa, sino también hay un aumento tanto en la producción de patatas como en la calidad de las mismas. Queremos insistir en que, en efecto, el resultado de la solarización es superior al del nematicida DD comunmente utilizado.

- Entre los tipos de plástico ensayados (plástico transparente especial para solarización de 160 galgas, plástico transparente biodegradable y plástico transparente de 100 galgas) el más efectivo fue este último, que es el más corriente y barato.

- Se aconseja **no realizar cultivos intensivos** (dos siembras de patata al año) ya que provoca el incremento de los niveles de infestación, al permitir al nematodo reproducirse dos veces en

un mismo año.

- **Tampoco se aconseja sembrar un cultivo de rotación en verano** (mejor dejar el suelo en barbecho), ya que se ha comprobado que provoca un aumento del número de quistes en el suelo.

- Es muy importante **limpiar con agua las ruedas de los tractores**, antes de pasarlos de una finca a otra, ya que al utilizar la misma maquinaria en varias parcelas, la tierra que queda en los neumáticos lleva también con ella los quistes, provocando tanto el inicio de nuevos focos como la reinfestación.

- Los trabajos con **fresa y/o cultivador** durante el verano reducen la población de nematodos, especialmente si se realizan cuando las temperaturas son más elevadas y con un nivel de quistes relativamente alto. El motivo es que remueven la tierra y la exponen directamente al sol.

- En un ensayo comparativo entre los tratamientos químicos que entonces podían utilizarse [el fumigante (1,3-dicloropropeno, DD inyectable) y los granulados (Telone; ethoprofos 10% g. p/p., Mocap; oxamil 10% g., Vidate)], los resultados obtenidos mostraron que (lamentablemente) el más efectivo fue el primero de ellos que, como ya se comentó, es el más agresivo. Los dos productos granulados no fueron suficientes.

2. Plagas Forestales

2.1. Procesionaria del pino.

De los diferentes estudios realizados por nosotros sobre esta especie, aplicables al Control Integrado de la misma, y por tanto a modo de contribución a la protección del Medio Natural de Baleares, destacamos lo siguiente:

A) Bioecología: parasitismo en las puestas de la procesionaria.

- En el año 1994 se analizó por primera vez en Baleares el **porcentaje de parasitismo en huevos** de la procesionaria del pino, mostrando valores medios del 11'98 % en Mallorca y 7,39 % en Menorca, que si se comparan con el 20-50% de la Península, muestran una presencia muy baja de microhimenópteros parasitoides. El mayoritario fue el Himenóptero Eulófido *Tetrastichus servadeii*, que es específico de *T. pityocampa*. La segunda especie encontrada fue *Oencyrtus pityocampae*. En aquel momento, nuestra sugerencia fue la de iniciar una **intervención de Control Biológico aumentativo**, introduciendo puestas (de las que ya hubieran emergido las orugas) en especial en la isla de Ibiza en la que la infestación era muy

baja y todavía no se observaban bolsones. Por diferentes motivos no se llevó a cabo.

B) Estudios sobre la incidencia de las aplicaciones fitosanitarias sobre la fauna del pinar

- En el año 2000 se realizó en varias zonas de Mallorca un estudio exhaustivo de la **incidencia de los tratamientos contra la procesionaria del pino a base de hexaflumurón y *B. thuringiensis*** sobre la entomofauna de los pinares. Los resultados obtenidos al aplicar el índice de Shannon-Weaver a los diferentes grupos de fauna estudiados (edáfica, epífita sobre matorral, voladora diurna y nocturna), mostraron que los índices más altos, destacados en negrita en las Tablas II y III, correspondían alternativamente a los tres pinares, en función del nicho ecológico considerado. Eso significa, por tanto, que la mayor diversidad faunística de los grupos considerados fluctuaba de un pinar a otro, poniendo de manifiesto que **no existían diferencias apreciables entre los tratamientos IGR y *B. thuringiensis*, ni tampoco con respecto a la zona Control**, ya que en las tres localidades estudiadas la diversidad entomológica era muy semejante.

En cuanto a la **Avifauna** la zona de mayor diversidad y riqueza fue la tratada con el IGR, localizada en el *Pla de Mallorca*. Este hecho es justificable en parte tanto por la presencia de cultivos colindantes como por el hecho que los cotos de caza cercanos proveen de agua para beber.

Por tanto a partir de la aproximación descriptiva que supone el presente estudio, cabe concluir que **los posibles efectos de los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y el hexaflumurón sobre la entomofauna y las Aves que viven en los pinares tratados, no fueron diferenciables de aquéllos derivados de las características propias de las localidades estudiadas.**

- Con respecto al estudio realizado en el año 2008 sobre **la incidencia del tratamiento con diflubenzurón en la comarca de Manacor**, en el que se analizaron especialmente los Colémbolos, Himenópteros parasitoides y Lepidópteros nocturnos como bioindicadores, puede afirmarse lo siguiente: en la población de Colémbolos (que son unos componentes edáficos especialmente sensibles a cambios o impactos ambientales) del pinar tratado con dimilín, no sólo no se apreciaba alteración poblacional alguna, sino que era más equilibrada en cuanto a diversidad, que la de los otros dos pinares. Con respecto a **los Himenópteros** parasitoides (Chalcidoidea e Ictenoneuridae) también podemos afirmar que el dimilín no tuvo ningún efecto negativo, ya que algunos grupos han sido incluso más abundantes en el pinar tratado que en el Control,

obteniéndose valores más elevados de los índices de Shannon-Wiener y de Simpson. Con respecto a los Lepidópteros nocturnos en ambas parcelas se aprecia un interesante paralelismo poblacional, aunque en este caso el índice de Shannon-Wiener muestra valores más altos en la parcela Control. Además el número de individuos recolectados era algo inferior al del pinar no tratado.

En resumen, el **análisis estadístico de los datos** referido tanto al número de individuos capturados como a la composición faunística de las muestras, **no presenta diferencias significativas ni entre las poblaciones de Colémbolos ni tampoco entre las de los Insectos voladores analizados.** No obstante aunque las capturas de los **Lepidópteros nocturnos** de ambos pinares no difieren significativamente, en nuestra **opinión es en este grupo de insectos donde podría apreciarse el efecto del diflubenzurón, en lo que se refiere al número total de capturas, pero no en la composición poblacional.**

- En cuanto al estudio de la **incidencia de los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* sobre las abejas en Eivissa**, se planteó de modo que tanto las colmenas como las reinas fueran nuevas, las primeras a estrenar y las segundas criadas por nosotros, a fin de que no hubiera posibles contaminantes anteriores. Los datos obtenidos en el pinar tratado como en el Control fueron llamativamente idénticos, y como era de esperar no se encontraron diferencias significativas entre ellos, por lo que se puede afirmar que **los tratamientos de *B. thuringiensis* realizados contra la plaga de la procesionaria del pino en Eivissa, no afectan ni a la cría ni a la biología de las abejas de la isla.**

Desde nuestro punto de vista la **incidencia de los tratamientos sobre la fauna entomológica** resulta minimizada porque, en la época en la que se realizan, la gran mayoría de insectos de nuestra latitud se encuentran hibernando (salvo la procesionaria del pino), de modo **que al emerger en primavera ya no hay residuos que puedan afectarles.** No obstante es conveniente mencionar el hecho de que desgraciadamente se trata de **estudios aislados** que deberían haber tenido continuidad al menos durante tres años, de modo que se incluyera un período previo al tratamiento a fin de poder valorar las diferencias dentro de una misma zona. En realidad con el mismo gasto económico y esfuerzo realizados ya se podrían haber obtenido esos datos, puesto que además de estos proyectos mencionados, también llevamos a cabo un tercer estudio sobre el mismo tema en el año 2008, que tuvo lugar con motivo del control de la plaga de *Lymantria* en

Menorca, que no se ha incluido aquí por motivos de espacio. Sin embargo, lamentablemente cada uno de ellos se realizó de manera independiente de los demás y en fechas separadas entre sí.

Agradecimientos

A lo largo de estos últimos 20 años es interminable la lista de entidades y personas a las que agradecer su ayuda. Nunca olvidaré que nuestro camino sobre el Control de Plagas se inició en la Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern Balear, de la mano del Dr. Mateu Castelló y posteriormente de D. Antoni Durà. Mi agradecimiento a D. Rodolfo Hernández (Lab. Forestal de Mora de Rubielos) por compartir con nosotros sus amplios conocimientos sobre la procesionaria del pino. A los Dres. Howse y Knapp (Univ. de Southampton) con quienes comenzamos el periplo de *Ceratitis capitata*. Al Dr. Hendrichs (Agencia Internacional de Energía Atómica, Austria) por darnos la oportunidad de participar a lo largo de 8 años en Proyectos Internacionales auspiciados por el Consorcio FAO/IAEA. A las Dras. Romero y Andrés (CSIC, Madrid) por compartir su experiencia y conocimientos sobre nematodos. A la empresa s'Esplet SAT (Mallorca), en especial a D. Joan Company, por su constante apoyo y amistad. A D. Andreu Juan (Sanidad Vegetal, CAIB) por demostrarnos muchas veces su confianza en nosotros. A D. Joan Mayol (Protección de Especies, CAIB) por estar siempre ahí, dispuesto a facilitarnos ayuda. A D. Luis Núñez (Sanidad Forestal, CAIB) por la oportunidad de realizar varios Proyectos en el ámbito forestal. Al Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Teledetecció (GIS) de nuestra Universidad, especialmente a Jero Ramón, por su buena disponibilidad y eficaz ayuda. Y no es menor mi sentimiento de gratitud, por citarlos en último lugar, hacia mis compañeros del Laboratorio de Zoología a lo largo de este amplio período de tiempo, ya que es evidente que sin ellos hubiera sido imposible llevar a cabo todo ese trabajo y esfuerzo realizados. Sus nombres se han ido citando en este artículo, a medida que también se mencionaba su participación en los distintos Proyectos de los que han formado parte, aunque entre ellos quiero destacar al Dr. Miranda, que me ha acompañado a lo largo de estos veinte años. Quisiera dejar constancia que siempre, y sin distinción de personas, he tenido la inmensa suerte de haber podido contar con ellos, no sólo como colaboradores en el trabajo, sino como verdaderos amigos. Gracias de verdad; ha sido un verdadero placer compartir un pedacito de vida con cada uno de vosotros.

Bibliografía

- Alemaný, A. Miranda, M. A. y Morell, P. 1994. Primeros resultados del estudio sobre parasitismo en huevos de *Thaumetopoea pityocampa* (Denn. & Schiff.), en Baleares. *Bol. San. Veg. Plagas*, **20** (3): 679-685.
- Alemaný, A. 1995. *Estudio previo de la lucha integrada contra la Mosca Mediterránea de la Fruta Ceratitis capitata* (Wied.) en Mallorca. Informe Técnico. Conselleria d'Agricultura y Pesca (CAIB). **Inédito**.
- Alemaný, A. y M.A. Miranda, 2000. *Estudio del impacto de los Tratamientos contra la Procesionaria del Pino* (*Thaumetopoea pityocampa*, Denn. & Schiff.) en Baleares. Informe Técnico. Conselleria de Economía, Agricultura, Comerç i Indústria (CAIB). **Inédito**.
- Alemaný, A., Miranda, M.A., Castro, D. and Martín-Escorza, C. 2002. Computer-graphic simulation of Mediterranean fruit fly population density changes in a citrus orchard. In: Barnes BN (ed.). *6th International Fruit Fly Symposium*. Isteq Scientific Publication, Centurion, South Africa. Pp: 355-359.
- Alemaný, A., Miranda, M.A., Alonso, R. y Martín-Escorza, C. 2004. Efectividad del trapeo masivo de hembras de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) a base de atrayentes alimentarios. "Efecto-borde" y papel de los frutales abandonados como potenciadores de la plaga. *Bol. San. Vegetal Plagas*, **30**: 255-264.
- Alemaný, A., Alonso, R., Alonso, D., Miranda, M.A. and Martín Escorza, C. 2006a. Research on Medfly *Ceratitis capitata* (Wied.) *Trapping in Spain*. *International Society of Citriculture* (II): 976- 984.
- Alemaný, A., Miranda, M.A., Alonso, R. and Martín-Escorza, C. 2006b. Changes in the spatial and temporal population density of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in a citrus orchard. *Span. J. Agric. Res.*, **4** (2):161-166.
- Alemaný, A.; Miranda, M.A.; Vestergaard, F. and Abdali, A. 2007a. *Deltamethrin as a replacement for diclorvos (DDVP) strips used as retention system in fruit fly traps*. In: Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. IAEA-TECDOC **1574**, pp: 11-20.
- Alemaný, A., Del Río, R. y Tur, C. 2007b. *Evaluación del método de quimioesterilización contra la mosca mediterránea de la fruta en la zona del Valle de Sóller durante el año 2006*. In: Quaderns d'investigació, **6**. Conselleria d'Agricultura i Pesca, CAIB (ed.).
- Alemaný, A., Gonzalez, A., Juan, A. and Tur, C. 2008. Evaluation of a chemosterilization strategy against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Mallorca island (Spain). *Journal of Applied Entomology*, **132**: 746-752.
- Alemaný, A. y Leza, M.M. 2009. *Estudio de la incidencia sobre la Fauna Entomológica, del tratamiento con diflubenzurón para el Control de*

- la *Procesionaria del Pino* (*Thaumetopoea pityocampa*, *Denn. & Schiff.*) en la comarca de Manacor. Informe Técnico. Direcció General de Medi Forestal i Protecció d'Espècies. (CAIB). **Inédito.**
- Alonso, R. 2001. *Evolució de la població de nematodes en les parcel·les dedicades al cultiu de la patata en Mallorca*. Informe Técnico. Conselleria d'Economia, Agricultura, Comerç i Indústria del Govern Balear. **Inédito.**
- Alonso, R., Alemany, A. and Andrés, M.F. 2011. Population Dynamics of *Globodera pallida* (Nematoda: Heteroderidae) on two potato cultivars in natural field conditions in the Balearic Islands, Spain. *Span. J. Agric. Res.*, **9** (2): 589- 596.
- Andrés, M.F., Alonso, R. and Alemany, A. 2006. First Report of *Globodera rostochiensis* (Nematoda: Heteroderidae) in Mallorca Island, Spain. *Plant Disease* **90**: 1262-1262.
- Cooper, R. J., and Whitmore, R. C. 1990. Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology*, **13**: 29-37.
- Gost, J. 2008. *Aplicació pràctica d'estratègies de control del nematode formador de quists (Globodera spp.) en el cultiu de la patata*. Informe Técnico. INIA (Ministerio de Agricultura y Pesca). **Inédito.**
- Heath, R.R., Epsky, N.D., Dueben, B.D. and Meyer, W.L. 1996. Systems to monitor and suppress *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) populations. *Florida Entomologist*, **79** (2): 144-153.
- Leza, M.M., Juan, A., Capllonch, M. and Alemany, A. 2008. Female-biased mass trapping vs. bait application techniques against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Dipt., Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, **132**: 753-764.
- Leza, M.M., Petro, A.B., Lladó, G. and Alemany, A. 2014. First field assessment of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* aerial application on the colony performance of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Span. J. Agric. Res.* **14** (2): 405-408.
- Miranda, M.A., Alonso, R. and Alemany, A. 2001. Field evaluation of Medfly (Diptera, Tephritidae) female attractants in a Mediterranean agrosystem (Balearic Islands, Spain). *J. Appl. Ent.* **125**: 333-339.
- Montoya, R. 1981. *La procesionaria del pino. Plagas de Insectos en las Masas Forestales Españolas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (ed.).
- Ros, P. y Alemany, A. 2000. *Diseño de Control Integrado de la Mosca Mediterránea de la Fruta Ceratitis capitata (Wied.) mediante nuevas tecnologías no contaminantes y compatibles con una agricultura sostenible en Baleares*. Informe Técnico. Instituto Nacional Agrario y Alimentario (INIA, MAPA). **Inédito.**