



Universitat de les Illes Balears



Govern de les Illes Balears

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS TRATAMIENTOS CONTRA LA PROCESIONARIA DEL PINO (*Thaumetopoea pityocampa*, DENN. y SCHIFF.) EN BALEARES

Ana Alemany¹, M.Mar Leza¹, Luis Núñez², A. Belén Petro³, Sandra Closa² y Miguel A. Miranda¹. 1)Dpto. de Zoología, Universitat de les Illes Balears. Palma. 2) Servicio de Sanidad Forestal, Conselleria de Medi Ambient de les Illes Balears. 3) Dpto. de Ciencias Matemáticas e Informàtica, Universitat de les Illes Balears.

RESUMEN

Se han llevado a cabo dos estudios pormenorizados sobre la fauna entomológica (y en un caso ornitológica) de pinares que recibieron diferentes tratamientos contra la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* (Denn. y Schiff.): hexaflumurón, diflubenzurón y *B. thuringiensis*, comparándola asimismo con la de otros que al estar libres de aplicaciones insecticidas, se tomaron como control.

Los resultados obtenidos permiten concluir que no existen diferencias apreciables derivadas de la aplicación del hexaflumurón y el *B. thuringiensis* sobre la comunidad de Artrópodos y de Aves de los dos pinares tratados y el control. No obstante es posible determinar pequeñas alteraciones poblacionales en el caso de los Lepidópteros por parte de ambos insecticidas. Por otra parte, en un segundo estudio en el que se analizaron varias comunidades entomológicas consideradas como bioindicadoras, se demuestra que tampoco se aprecian diferencias significativas entre las poblaciones de Colémbolos e Himenópteros (especialmente parasitoides) del pinar tratado con dimilín con respecto tomado como control. Sin embargo con respecto a los Lepidópteros nocturnos si bien no difieren significativamente, el que fue tratado con dimilín muestra una disminución tanto del número total de capturas como de la riqueza específica, aunque sin afectar a la composición poblacional.

1. INTRODUCCIÓN

Para el control de la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*, Denn. y Schiff.) en la Comunidad de las Islas Baleares se viene utilizando en los últimos años el insecticida de origen biológico *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, aunque

en nuestro país es más común el tratamiento con inhibidores de la síntesis de quitina (IGRs). Si bien son abundantes los trabajos realizados acerca del efecto de los IGRs sobre determinados grupos de organismos (Robredo 1980), y también sobre el que tiene el *Bacillus thuringiensis* (Fdez. de Córdova y Cabe-zuelo, 1995), no se ha determinado la incidencia global de dichas sustancias sobre el conjunto de la entomofauna que habita en un determinado ecosistema. Por otra parte la conveniencia o no de utilizar estos insecticidas es sistemáticamente discutida en determinados sectores sociales de nuestra Comunidad, por lo que la Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Balear primero, y más tarde la Consejería de Medio Ambiente (Dirección Gral. de Medio Forestal y Protección de Especies) del Gobierno Balear, nos encargaron la realización de sendos estudios acerca de la incidencia de ambos productos sobre la fauna entomológica forestal, a fin de obtener datos que permitan realizar una adecuada valoración sobre su efecto. Se llevó a cabo un estudio exhaustivo que permitiera obtener datos referidos al efecto de los mencionados plaguicidas sobre la mayor parte de los artrópodos que habitan en los pinares, así como sobre la comunidad de aves preferentemente insectívoras, ya que es posible que ésta se vea afectada de forma indirecta si disminuye la fauna entomológica del sistema (Cooper *et al.*, 1990).

En un segundo trabajo se realizó una valoración del efecto del diflubenzurón sobre determinados grupos taxonómicos considerados como bioindicadores, tales como los Colémbolos (Jordana 1996), los Himenópteros parasitoides que representan un importante papel como controladores biológicos, y también los Lepidópteros (Andrade 1998) por su amplitud de rango geográfico, capacidad de ocupación de hábitats y por sus patrones biológicos correlacionados con otros taxa.

Los resultados obtenidos se exponen conjuntamente a continuación.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

Es importante mencionar que los dos estudios que aquí se exponen adolecen de una cierta limitación, puesto que se iniciaron posteriormente a las aplicaciones insecticidas, por lo que no ha sido posible comparar los datos obtenidos con los correspondientes a las mismas zonas antes de los tratamientos.

2.1.- Estudio comparado sobre los efectos del hexaflumurón y del *B. thuringiensis* var. *kurstaki*

2.1.1.- Zonas de muestreo y experimentación. Se eligieron tres pinares localizados en la isla de Mallorca (Fig. 1) y se marcaron en cada uno de ellos tres zonas de muestreo, separadas entre sí unos 75m, de modo que delimitaban una parcela triangular de unos 6.000 m². Los tres presentaban características similares, con una comunidad vegetal dominante *Oleo ceratonion*.

- El primero de ellos, situado en el km 9 en la carretera de Lluçmajor a Porreres (39° 30' 32.12" N; 2° 58' 51.67" E), recibió el tratamiento aéreo con *CONSULT* (*hexaflumurón*, en dosis de 50 litros diluidos en 200 l. de aceite y 2.500 l. de agua) el día 13 de diciembre de 1999.
- El segundo, lindando la carretera de Palma a Calvià, cerca de esta población (39° 32' 31.35" N; 2° 31' 28.01" E) fue tratado con *Bacillus thuringiensis* (DIPEL LA, 17.6 millones U.I./g SC; con carga de 5550 kg diluido en agua) el día 3 de diciembre del mismo año.
- El tercer pinar se tomó Control, ya que no había recibido ningún tipo de tratamiento contra la procesionaria al menos en los últimos 5 años. Se encuentra en la zona conocida como Sa Comuna de Bunyola, en la carretera que va desde esta localidad a Sta. Maria del Camí (39° 41' 15.28" N; 2° 42' 29.49" E).



Figura 1.- Mapa de Mallorca en el que se representa la situación de las zonas de muestreo. En rojo se han marcado los puntos correspondientes al primer estudio y en azul los del segundo.

2.1.2.- Estudio faunístico. A fin de poder abarcar la gama más amplia posible de fauna entomológica forestal, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, se llevaron a cabo quincenalmente los siguientes muestreos:

a) Fauna del Medio Edáfico

Hojarasca y suelo. En cada uno de los pinares (*IGR*, *Bt* y *Control*) se recogieron quincenalmente tres muestras de hojarasca, tomadas en una superficie de 30 x

30 cm, de las se separó una submuestra de 500g para la extracción de la macrofauna, y otra de 75g que se colocó en un embudo de Berlese durante 72 horas con exposición a una luz de 25 W, para la obtención de la microfauna. En cada uno de los nueve puntos señalados en el apartado anterior se tomó también quincenalmente una muestra de suelo de de 0,5 kg, de la que se separó también la macro y microfauna.

Trampas de caída. En cada uno de los nueve puntos de muestreo se colocaron trampas de caída (pitfall), semienterradas y recubiertas parcialmente; una seca, otra con agua y la tercera con proteína hidrolizada.

b) Fauna Epífita sobre la Vegetación Arbustiva. Cada quince días se procedió al bateo sistemático de 3 matorrales de *Pistacia lentiscus*, *Cistus albidus* y *Erica multiflora* en cada localidad, recogiendo los ejemplares sobre una tela blanca.

c) Insectos Voladores. El muestreo se llevó a cabo mediante tres tipos de trampas, que se revisaron quincenalmente:

Atrayente Alimentario. Se utilizaron trampas modelo Tephritrap (Agrisense-BCS) cebadas con proteína hidrolizada que se renovó cada 15 días, usando Vapona (DDVP) como insecticida.

Placas Cromáticas. En cada uno de los nueve puntos de muestreo se colocó una placa cromática amarilla de 20 x 20 cm, con soporte de pegamento, suspendida de un árbol a una altura aproximada de 1.5 m.

Trampas de Luz. Para el estudio de los insectos voladores de hábitos nocturnos, se utilizó una trampa de luz blanco-azulada (modelo Heath con batería), usando Vapona como insecticida. Se colocó solo una vez cada uno de los pinares tratados, desde el atardecer hasta el amanecer del día siguiente.

d) Avifauna. En cada pinar se realizaron escuchas quincenales, desde finales de febrero hasta abril. Esta técnica está especialmente indicada para estimar poblacionales de aves en entornos de vegetación espesa y cerrada, en los que los registros sonoros son el principal elemento identificador específico (Blondel *et al.*, 1970). Se delimitó una parcela de aproximadamente 5 hectáreas mediante recorridos en zig zag, que permitan referir las detecciones a superficies de 20 m de lado. Los registros se realizaron utilizando una estación bioacústica con grabadora SONY CTD- D7. Cada escucha se dividió en dos períodos de tiempo de 7 minutos cada uno (Drapeau *et al.*, 1999).

Se realizaron 8 muestreos en cada localidad, en los que se registraron presencia y ausencia de cada una de las especies de la zona. De modo simultáneo se realizó un mapa territorial (Bibby *et al.*, 1992) de la especie *Sylvia melanocephala*.

2.1.4.- Análisis de los datos. La determinación taxonómica de los ejemplares recolectados se hizo hasta nivel de familia siempre que fue posible. Para cada uno de los pinares se obtuvo el número total (riqueza) y medio (riqueza media) de las especies registradas y se calculó el índice de diversidad de

Shannon-Wiener que permite valorar la riqueza específica de una determinada comunidad, según la fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

donde

- s es el número de especies (= riqueza de especies)
- p_i la proporción de individuos de la especie i respecto del total de individuos.

2.2.- Estudio sobre los efectos del diflubenzurón sobre la entomofauna.

La metodología utilizada en este segundo estudio es prácticamente la misma que la descrita en el apartado anterior, salvo las diferencias que se exponen a continuación.

2.2.1.- Zonas de muestreo y experimentación. 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 (Figura 1). Se trata de dos pinares secundarios (*Cneoro tricocci* – *Ceratonietum siliquae*), con un nivel 3 de afectación debido a la procesionaria del pino.

- Uno de ellos (pinar IGR), situado en la carretera de Manacor a Porto Cristo km. 9, 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.
- El segundo pinar que se tomó como Control, no había recibido ningún tratamiento por lo menos en los 5 últimos años. Está en la carretera de Porto Colom a Porto Cristo, km.14.
- Los diferentes puntos de muestreo están definidos por las coordenadas UTM: **N** 39° 32' 47.7"; **E** 3° 18' 57,8 " y **N** 39° 32' 19.9"; **E** 3° 17' 96.0 "

2.2.2.- Identificación taxonómica de los especímenes capturados. Los ejemplares recolectados en las placas cromáticas se clasificaron hasta nivel de Orden o bien de Familia (en el caso de los Dípteros e Himenópteros); los Colémbolos fueron determinados por el Dr. Jordana Butticaç (Universidad de Navarra), llegando en la mayoría de los casos a nivel de especie y por último los Lepidópteros nocturnos fueron identificados hasta nivel de especie por el Dr. Riddiford (TAIB).

2.2.3.- Tratamiento Estadístico de los Resultados. A fin de conocer si existen o no 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 $p < 0,05$. Se aplicó asimismo 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:

$$D' = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2}$$

donde

- s es la riqueza específica (= número de taxones observados)
- p_i es la proporción entre el número de individuos de un taxón y el del total observado. El índice será más alto (el valor máximo es 1) cuanto mayor sea la uniformidad, y más bajo cuanto mayor sea la diferencia entre la abundancia relativa de los integrantes de un grupo con respecto al resto.

3.- RESULTADOS Y DISCUSION

Los Resultados correspondientes a los dos estudios realizados, se exponen por separado.

3.1.- Estudio comparado sobre los efectos del hexaflumurón y del *B. thuringiensis* var. *kurstaki*

3.1.1.- *Estudio de la entomofauna del pinar*

a) Fauna del Medio Edáfico. Los resultados obtenidos correspondientes a la entomofauna edáfica encontrada en los tres pinares objeto de estudio se representan en la Tabla I. Se señalan en rojo los valores más elevados correspondientes a cada tipo de muestreo realizado, observándose como los tres pinares alternan en alcanzarlos. Se observa como si bien el que se tomó como Control muestra en tres ocasiones el mayor número de taxones, el que fue tratado con IGR obtiene otras tres veces la media más alta en cuanto al número de capturas, mientras que el pulverizado con *B. turingiensis* es el que en más ocasiones muestra el índice de diversidad más alto. Además se observa que en general en cada tipo de muestreo los valores correspondientes a los tres pinares son bastante semejantes entre sí.

Tabla I.- Número de taxones, capturas medias obtenidas y valores del índice de Shannon-Wiener en el muestreo de la fauna edáfica en los tres pinares estudiados.

Muestreo	Parcela	Nº taxones (cualitativo)	media Nº individ (cuantitativo)	Indice Shannon-Wiener
Hojarasca macrofauna	IGR	12	14,9	2,67
	<i>B. thuringiensis</i>	8	12,4	2,5
	Control	15	21	2,64
Hojarasca microfauna	IGR	15	4469,9	0,92
	<i>B. thuringiensis</i>	15	2889,5	1,06
	Control	17	1497,8	0,94
Suelo macrofauna	IGR	6	7,25	1,9
	<i>B. thuringiensis</i>	4	1,75	1,8
	Control	8	9,5	1,7
Suelo microfauna	IGR	18	521,8	0,95
	<i>B. thuringiensis</i>	20	191,2	1,07
	Control	15	339,2	0,94
Tr. Caída	IGR	14	14,4	2,53
	<i>B. thuringiensis</i>	12	14,7	2,65
	Control	11	21,2	2,53

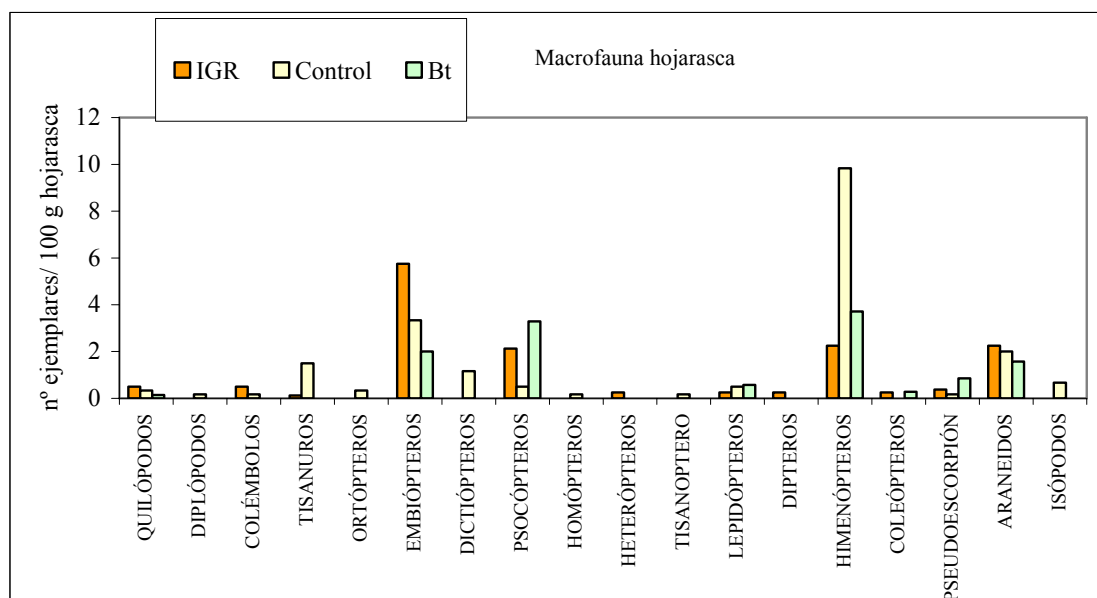


Figura 2.- Valores medios de la macrofauna encontrada en las muestras de hojarasca de las tres zonas de estudio.

En la figura 2 se representan gráficamente las capturas correspondientes a los muestreos de la macrofauna obtenida en la hojarasca, a fin de poder observar la diversidad taxonómica presente. A grandes rasgos la composición edáfica ha resultado similar en los tres pinares, observándose como los diferentes grupos encontrados en cada uno de ellos representan todos los niveles tróficos.

Respecto a la microfauna en las tres zonas de estudio, como era de esperar hay una predominancia del grupo de los Ácaros, constituyendo éstos alrededor del 80% del total, representando los Colémbolos el segundo grupo en abundancia, con valores cercanos al 15%. Se ha realizado asimismo un seguimiento temporal de las capturas de ciertos grupos (Colémbolos y sobre todo Ácaros), mostrando sus curvas poblacionales un comportamiento semejante en los tres pinares. Parece entonces evidente que dada la equivalencia encontrada tanto en lo que se refiere al número de taxones y su posición en el sistema edáfico, ni los tratamientos con Bt, ni los realizados con IGR han supuesto un cambio cualitativo apreciable en la fauna edáfica del pinar, ya que no se ha encontrado a faltar ningún grupo que sea frecuente a nivel de la hojarasca. Tampoco se han observado adultos o estadios larvarios con malformaciones o cuerpos anormalmente quitinizados, lo que podría haber sido un efecto a esperar de hallarse en la hojarasca residuos activos de IGR.

En cuanto a las **trampas de caída** los tres pinares muestran características muy semejantes con respecto a este tipo de fauna, aunque predominando en cada uno de ellos diferentes grupos: Isópodos (*IGR*), Dictiópteros (*Control*) e Himenópteros (*Bt*).

Tabla II.- Número de taxones, capturas medias obtenidas y valores del índice de Shannon-Wiener en el muestreo de la fauna epífita e insectos voladores en los tres pinares estudiados.

Muestreo	Parcela	media		Índice
		Nº taxones (cualitativo)	nº individ. (cuantitativo)	
Fauna	IGR	15	19,7	2,82
epífita matorral	<i>B. thuringiensis</i>	13	25,3	2,62
	Control	16	13,9	2,49
Insectos	IGR	17	69,9	0,95
voladores (atrayentes alim.)	<i>B. thuringien</i>	17	221,6	0,66
	Control	14	286,4	0,23
Insectos	IGR	8	33,2	1,45
voladores (pl. cromáticas)	<i>B. thuringiensis</i>	9	69,6	1,48
	Control	8	88,4	1,56
Lepidópteros	IGR	11	147	
(trampas de luz)	<i>B. thuringiensis</i>	10	115	
	Control			

b) Fauna Epífita sobre la Vegetación Arbustiva. En la Tabla II se muestran los resultados obtenidos tanto desde el punto de vista cualitativo (nº de taxones) como cuantitativo (media de ejemplares/ unidad de muestreo). De nuevo se observa que cada uno de los pinares encabeza los diferentes apartados: el Control tiene mayor riqueza taxonómica, el tratado con *Bacillus* presenta una media cuantitativa más elevada, mientras que la mayor diversidad corresponde al IGR. Los tres presentan características semejantes, con marcado dominio de los Arácnidos (Fig. 3). Destacan los Coleópteros en el pinar tratado con IGR, los Himenópteros en Bt y los Homópteros en el Control. Puede afirmarse que existe una buena representación faunística de organismos epífitos sobre matorral en los tres pinares estudiados, coincidiendo nuestros resultados con los obtenidos por Fdez. de Córdoba y Cabezuelo (1995) quienes no apreciaron impacto alguno sobre la fauna epífita en pinos recién tratados con *hexaflumurón* y *B. thuringiensis*,

Insectos Voladores. En la Tabla II se observan también los resultados obtenidos referente a los insectos voladores capturados en los tres pinares estudiados.

- Con los **atrayentes alimentarios** en todos ellos se cayó un elevadísimo porcentaje de moscas, alcanzando valores de hasta un 97,3 % en el *Control*, representando la casi totalidad de los individuos obtenidos. En el pinar *IGR* también fueron muy abundantes las capturas de Himenópteros (10 %), entre los que destacamos los Icneumonidos y Braconidos, por ser muchos de ellos parasitoides. En el tratado con *Bt* hay una gran diversidad de familias de Coleópteros. Se hace difícil comparar unos resultados tan diversos, aunque con respecto al índice de Shannon-Wiener es el *IGR* el más equilibrado.

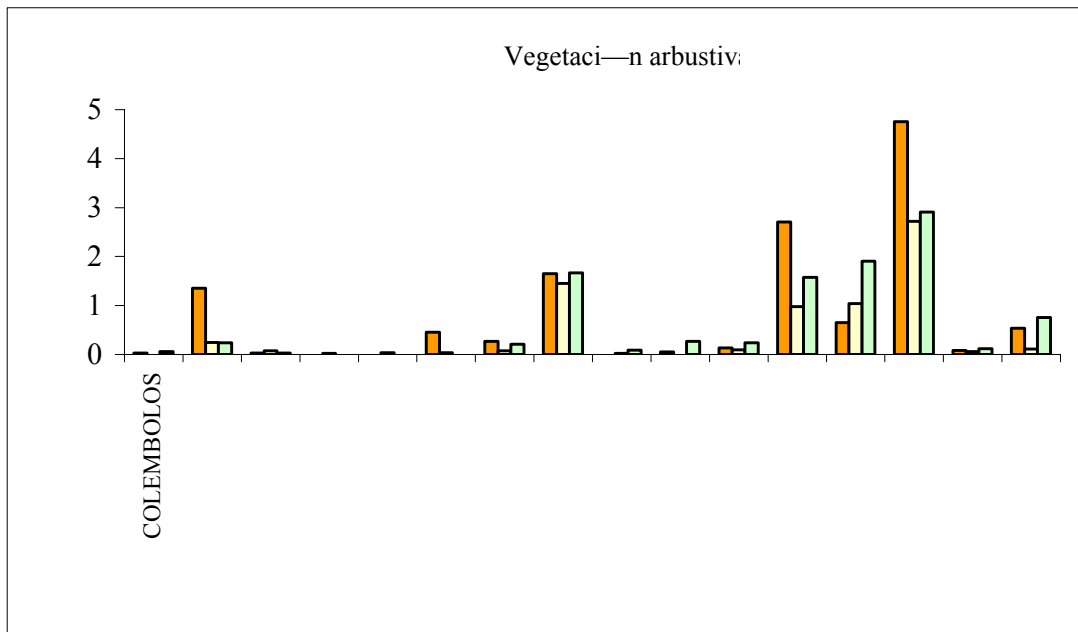


Figura 3.- Valores medios de la fauna epífita obtenida sobre el matorral de las tres zonas de estudio.

- Con respecto a los insectos obtenidos en las **placas cromáticas**, en el pinar *IGR* predominan las capturas de Dípteros (69,2%) y se observa una gran variedad de familias de Coleópteros (12 familias), mientras que llama la atención la escasez de Himenópteros (8,4 %) en esta localidad, ya que en *Control* y *Bt* este orden de Insectos es el más abundante (56,2% y 70,3% respectivamente).
- No obstante es precisamente en el *IGR* donde se han obtenido las capturas más elevadas de Himenópteros en las **trampas con atrayente alimentario**, llegando a ser el segundo grupo en importancia, después de los Dípteros. No hay que caer en el error de contabilizar independientemente las capturas de insectos voladores en los distintos tipos de trampas, sino realizar observaciones globales. La abundancia de estos insectos demuestra que los tratamientos realizados no disminuyen su población, coincidiendo asimismo con con Bradley *et al.*, (1993) quienes no observaron efecto alguno *del Dimilín* sobre Dípteros e Himenópteros (salvo los Tentredínidos, que son fitófagos). Con respecto al análisis cualitativo es *Bt* quien mejora a los otros dos pinares, mientras que en el aspecto cuantitativo el *Control* supera a los demás, mientras que el tratado con *IGR* empata en número de taxones con el *Control*, mostrando incluso un mayor índice de diversidad.
- En la Tabla III se detallan las capturas obtenidas con las **Trampas de Luz**, procedentes de un solo muestreo realizado en los pinares tratados con *IGR* y *Bt*. Se recogieron tan sólo una noche 147 y 115 Lepidópteros en dos parcelas respectivamente.

Tabla III. Taxones representados en las capturas con Trampa de Luz, realizadas en los pinares *IGR* y *Control*. Valores referidos a capturas totales y porcentajes de las mismas.

Clase	Orden/Subord	Familia	Grupo	Capt. totales		%	
				<i>IGR</i>	<i>Bt</i>	<i>IGR</i>	<i>Bt</i>
INSECTOS LEPIDÓPTEROS							
		Geométridos		6	10	37,5	62,5
		Satúrnidos		24	60	28,6	71,4
		Microlepidóp.	Grupo A	6	8	42,9	57,1
		Microlepidóp.	Grupo B	104	33	75,9	24,1
		Microlepidóp.	Grupo C	5	3	62,5	37,5
		Microlepidóp.	Grupo D	2	1	66,7	33,3
		Total		147	115	56,11	43,89
	DÍPTEROS	Nematóceros		1	7	12,5	87,5
	HIMENÓPTEROS	Icneumonídeos		14	11	56,0	44,0
SUMA				162	133		

Comparando los listados de ambas zonas, se observan dos tendencias diferentes: el porcentaje de Macrolepidópteros (Geométridos y Satúrnidos) es superior en *Bt*, mientras que el de Microlepidópteros es mucho mayor en el pinar IGR, siendo el total de capturas más elevado en este último. Estos resultados coinciden a grandes rasgos con obtenidos por Sample *et al.*, (1993) quienes no observaron efectos negativos del dimilín sobre los Microlepidópteros, si bien hallaron diferencias significativas en dos familias de Macrolepidópteros. Por otra parte la menor cantidad de Lepidópteros recogida en el pinar tratado con *B. thuringiensis* parece indicar un cierto efecto negativo debido a este insecticida, que como es sabido sí que es específico de este grupo de insectos. Pero desgraciadamente no tenemos datos acerca del pinar Control puesto que por razones de calendario no fue posible realizar el correspondiente muestreo.

Avifauna. Oportunamente este estudio sobre la composición y estructura de la comunidad ornitológica de cada una de las tres localidades pudo realizarse en el período comprendido entre el final de la migración postnupcial (cuando todavía puede detectarse la presencia de algunos hibernantes) y buena parte de la temporada reproductora de las especies sedentarias y estivales (formación de los territorios y primeras puestas). En la Tabla IV se aportan los datos obtenidos apreciándose como la diversidad y riqueza mayores se encuentran en la zona IGR, en parte justificables por la presencia de cultivos colindantes que, aunque no están incluidos en la zona de estudio, pueden provocar cierto efecto ecotono sobre la avifauna, debido a la movilidad que ésta tiene.

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

Muestreo	Parcela	Nº taxones (cualitativo)	media Nº ind. (cuantitativo)	Índice Sha-Wiener Parejas/ha
	IGR	22	9,6	4,1
Población de Aves	<i>B. thuringiensis</i>	15	8,2	3,7
	Control	16	6,6	3,7
<i>Sylvia melanocephala</i>	IGR			1,87-2,43
	<i>B. thuringiensis</i>			1,93-2,51
	Control			2,12-2,69

Por otra parte, la diversidad y riqueza de paseriformes se ve incrementada por el efecto acumulativo que provoca cada año la gestión de la caza en esta misma parcela al mejorar las condiciones, principalmente aumentando los puntos donde pueden conseguir agua para beber, hechos que incrementan la capacidad de carga del medio en comparación con las de otros pinares.

Se ha realizado asimismo un mapa territorial de la especie *Sylvia melanocephala*, seleccionada especialmente por su régimen alimentario eminentemente insectívoro. A pesar de ser la especie dominante en las tres localidades, no está

correlacionada con una abundancia superior en términos de probabilidad de ser detectada por el oído (frecuencia centesimal = 1 en *Control* y *Bt*, y 0,875 en *IGR*). La mayor densidad se registra en la localidad *Control*, aunque este hecho tampoco se relaciona con una mayor diversidad de especies en este pinar, ni con una mayor abundancia de las mismas.

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 hexaflumurón sobre la avifauna, no son diferenciables de aquéllos derivados de las características propias de las localidades estudiadas.

3.2.- Estudio sobre los efectos del diflubenzurón sobre la entomofauna

3.2.1.- Colémbolos procedentes de la hojarasca. La determinación de los Colémbolos se realizó hasta nivel específico, habiéndose encontrado una especie nueva para la ciencia, perteneciente al género *Doutnacia* (Poduromorpha: Onychiuridae). Analizando los resultados aparentemente existe una marcada diferencia en cuanto al número total de Colémbolos en los dos pinares, puesto que en el tratado con *IGR* se recolectaron 232 individuos mientras que fueron 699 los del *Control* (Tabla V). 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 de 39 ejemplares.

Por lo que se refiere a la riqueza específica, en cada zona se encontraron 17 especies distintas, de las que 8 son comunes y además coinciden las 5 más abundantes, superando el 90% de las capturas en ambos casos. Como curiosidad cabe citar que en cada uno de los dos pinares se encontraron 2 individuos de la nueva especie.

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

Muestreo	Parcela	Nº	Nº	Índice	
		especies (cualitativo)	individuos (cuantitativo)	<i>Shannon-Wien</i>	<i>Simpson</i>
Colémbolos	Dimilín	17	232a	1,75	0,82
	Control	17	699a	1,38	0,59
Voladores diurnos (plac. cromáticas)	<i>IGR</i>	12	596b	1,6	0,75
	Control	14	605b	1,35	0,54
Lepidópteros (trampas de luz)	<i>IGR</i>	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 ($p < 0.05$).

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. Teniendo en cuenta que, como ya se ha dicho, los Colémbolos son componentes de la fauna edáfica especialmente sensibles a cambios o impactos ambientales, puede afirmarse que tanto desde el punto de vista cuantitativo como de riqueza específica y diversidad, en este grupo de artrópodos no se aprecia alteración poblacional alguna debida a la aplicación del dimilín, resultando ser incluso más equilibrada la comunidad del pinar tratado con IGR.

3.2.2- Insectos capturados en placas cromáticas. Debido a la diversidad taxonómica de los insectos capturados en este tipo de trampas, su determinación se ha llevado a cabo hasta nivel de Orden, exceptuando en Dípteros e Himenópteros en los que se ha llegado a taxones inferiores. El total de individuos obtenidos es muy semejante en los dos pinares objeto de estudio (Tabla V). En el pinar IGR el grupo más representado es el de los Dípteros Ciclorrafos (210 ejemplares, la mayoría de ellos moscas comunes), si bien destacamos los Himenópteros Calcidoideos (74 especímenes, 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.

En el pinar Control prácticamente aparecen los mismos grupos mayoritarios y en el mismo orden: Dípteros Ciclorrafos (399 id.), Himenópteros Calcidoideos (41 id. que representan el 6,9% del total) e Icneumonidos (37 id. que suponen el 6,3%), ambos grupos en proporción aproximada de la mitad del porcentaje existente en el pinar tratado. Con respecto a la riqueza específica, en este pinar se obtuvieron ejemplares pertenecientes a 14 taxones diferentes, mientras que en el tratado fueron 12. Sin embargo el índice de Shannon-Wiener muestra mayor diversidad en la parcela pulverizada con IGR, lo que denota que hay una distribución poblacional más equilibrada de los grupos de insectos representados. Del mismo modo también es mayor el índice de uniformidad de Simpson a causa del elevado número de Dípteros Ciclorrafos capturados en la parcela Control.

Estos resultados permiten deducir que en principio el dimilín no ha tenido efecto negativo sobre los grupos mayoritarios de insectos voladores, con especial referencia los Himenópteros parasitoides (Chalcidoidea e Icneumonoidea), cuyos representantes han sido incluso más abundantes en el pinar tratado que en el Control. Estos resultados referidos a Himenópteros obtenidos coinciden con los de otros autores como Robredo (1980) en abejas y Nagamoto (2007) en hormigas.

3.3.- Lepidópteros de hábitos nocturnos. La determinación taxonómica de los Lepidópteros se realizó hasta nivel de especie. En el pinar Control se recolectaron 80 ejemplares de Lepidópteros pertenecientes a 23 especies distintas

y en el tratado con dimilín fueron solo 38 individuos de 13 especies diferentes (Tabla V). Sin embargo es interesante destacar que en ambas parcelas coinciden las dos especies mayoritarias (*Agrotis puta* y *Rhoptria asperaria*) que contabilizan el 30% de las capturas. 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. Como era de esperar, 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*.

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 Insectos voladores (no Lepidópteros). 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 y la posible riqueza específica, aunque no en la composición poblacional.

4.- CONSIDERACIONES FINALES

Se han llevado a cabo dos estudios pormenorizados sobre la fauna entomológica que ocupa los distintos nichos ecológicos en pinares que han recibido diferentes tratamientos contra la procesionaria del pino (*hexaflumurón*, *diflubenzurón* y *B. thuringiensis*), comparándola asimismo con la de otros que al estar libres de aplicaciones insecticidas se tomaron como Control.

- **En el primero de ellos** se determinaron un total de 30.856 ejemplares, capturados a lo largo de 16 semanas desde febrero hasta finales de mayo, realizándose asimismo una aproximación a la Avifauna (preferentemente insectívora) presente en dichas localidades. Los resultados obtenidos permiten concluir que **no existen diferencias apreciables derivadas de la aplicación del hexaflumurón y el *B. thuringiensis* sobre la comunidad de Artrópodos y de Aves** de los dos pinares tratados, con respecto al que se tomó como Control. No obstante es posible determinar pequeñas alteraciones poblacionales en el caso de los Lepidópteros por parte de ambos insecticidas.
- **En el segundo estudio** se demuestra que tanto en la **población de Colémbolos** como de **Himenópteros** (especialmente parasitoides) del pinar tratado con dimilín **no se aprecian diferencias significativas** derivadas de la aplicación de este producto, con respecto al pinar tomado

como Control. No obstante, si bien el análisis estadístico de los datos referidos a los **Lepidópteros nocturnos no difiere significativamente**, en el que fue **tratado con dimilín se observa una notable disminución tanto del número total de capturas como de la riqueza específica**, aunque al parecer no ha afectado a la composición poblacional.

Desde nuestro punto de vista la incidencia de los tratamientos sobre la fauna entomológica resulta minimizada porque que en la época en la que aquéllos 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 recordar que, tal como ya se ha mencionado, el presente estudio adolece del hecho de haberse realizado con posterioridad a los tratamientos, por lo que los resultados del mismo deberían tomarse más bien como indicativos, en espera a la realización de un trabajo más completo de al menos tres años, que incluyera uno previo al tratamiento y dos posteriores a él, a fin de poder valorar de forma adecuada las diferencias existentes entre las zonas objeto de estudio.

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Andrade M.G. (1989). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 22 (84): 407-421.
- Bibby C. J., Burgess N. D. y Hill D. A. (1992). *Bird census techniques*. Academic Press.
- Blondel J., Ferry C. y Frochot B. (1970). La méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "estations d'écoute". *Alauda*, 38(1) , 54-71.
- Cooper R. J. y Whitmore R. C. (1990). Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology*, 13 , 29-37.
- Drapeau P., Leduc A. y McNeil R. (1999). Refining the use of point counts at the scale of individual points of bird-habitat relationships. *Journal of Avian Biology*, 30 , 367-382.
- Fernández de Córdoba J. y Cabezuelo P. (1995). Eficacia de algunas materias activas y formulaciones sobre la "procesionaria del pino" (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) con contaminación artificial de puestas. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 21 , 59-74.
- Jordana R. (1996). Ecología y aspectos funcionales de la biodiversidad en el suelo. II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. *Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural*.
- Nagamoto Nilson S., Forti Luiz C. y Raetano Caries G. (2007). Evaluation of the adequacy of diflubenzuron and dechlorane in toxic baits for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) based on formicidal activity. *Journal of pest science*, 80 (1): 9-13.
- Robredo F. (1980). Tratamientos masivos con diflubenzurón contra la procesionaria del pino en España. *Bol. Serv. Plagas*, 6 (2): 141-154.
- Sample B. E., Butler L. y Whitmore R. C. (1993). Effects of an operational application of Dimilin on non-target insects. *The Canadian Entomologist*, 125 (2), 173-179.
- Svenson, S. (1979). Census efficiency and number of visits to a study plot when estimating bird densities by territory mapping method. *Journal of Applied Ecology*, 16 , 61-68.

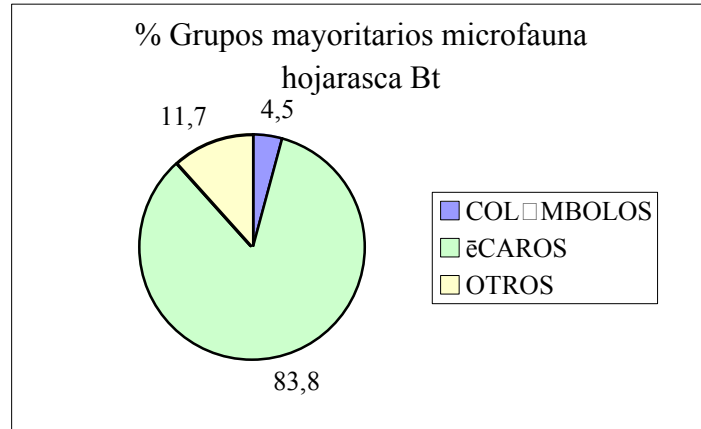


Figura 1 ANEXO.- Porcentaje de los grupos de *microfauna* más abundantes encontrados en las muestras de *hojarasca de la zona Bt*. El resto de grupos figura como "OTROS".

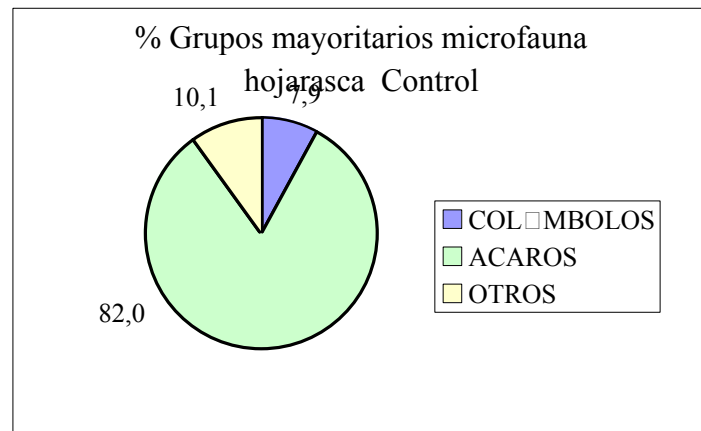


Figura 2 ANEXO.- Porcentaje de los grupos de *microfauna* más abundantes encontrados en las muestras de *hojarasca de la zona Control*. El resto de grupos figura como "OTROS".

¡Error! Marcador no definido.

Figura 3 ANEXO.- Porcentaje de los grupos de *microfauna* más abundantes encontrados en las muestras de *hojarasca de la zona IGR*. El resto de grupos figura como "OTROS".

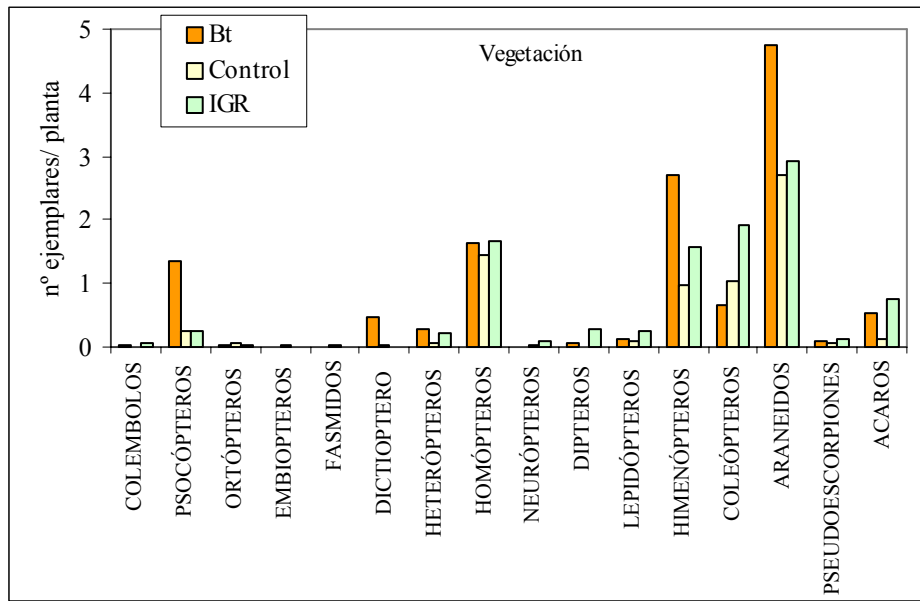


Figura 4 ANEXO.- Valores medios de **fauna epífita** muestreada mediante bateo en las tres zonas estudiadas.

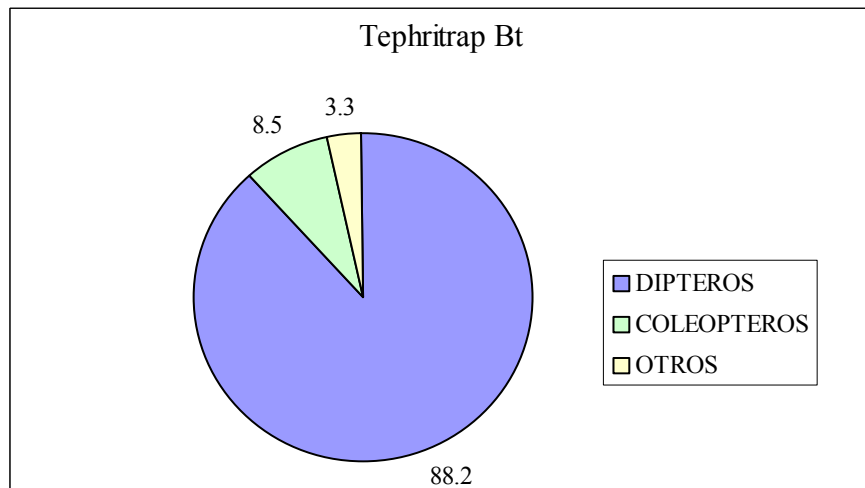


Figura 5 ANEXO.- Porcentaje de capturas de grupos mayoritarios en **trampas con atrayente alimentario** situadas en la **zona Bt**.

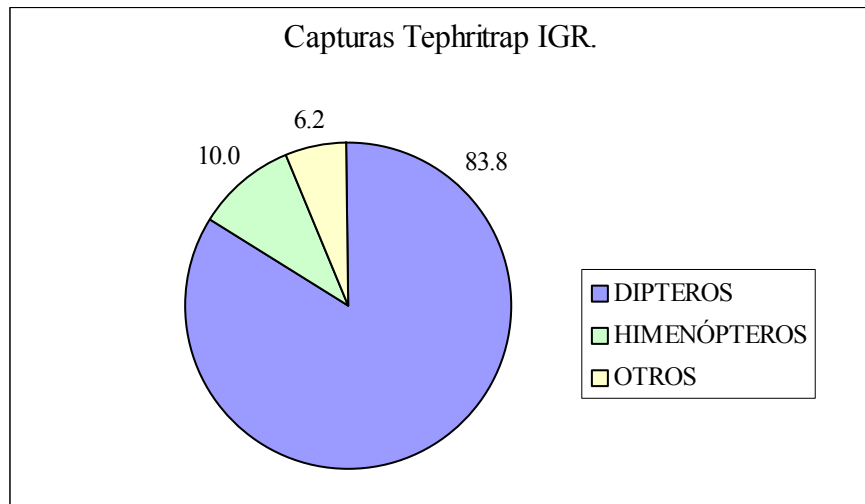


Figura 6 ANEXO.- Porcentaje de capturas de grupos mayoritarios *en trampas con atrayente alimentario* situadas en la *zona IGR*.

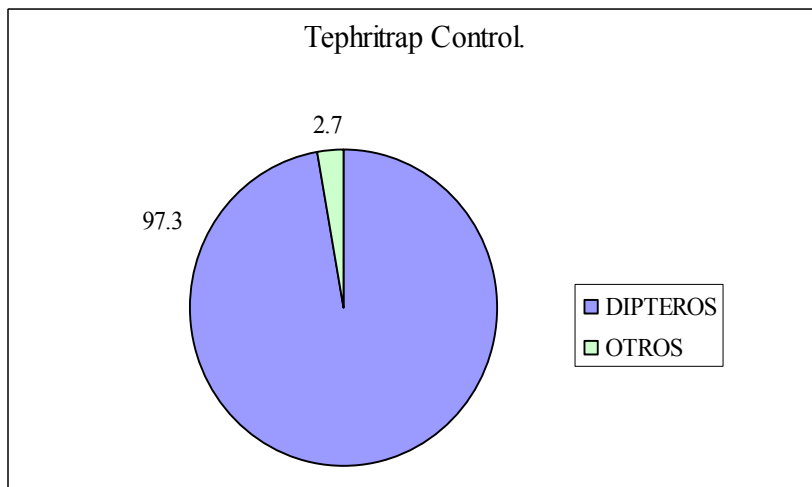


Figura 7 ANEXO.- Porcentaje de capturas de grupos mayoritarios *en trampas con atrayente alimentario* situadas en la *zona Control*.

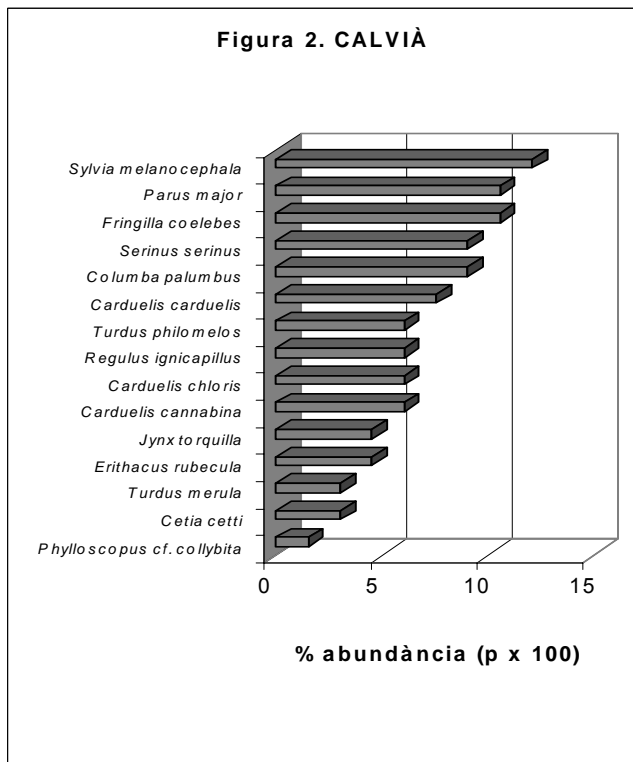
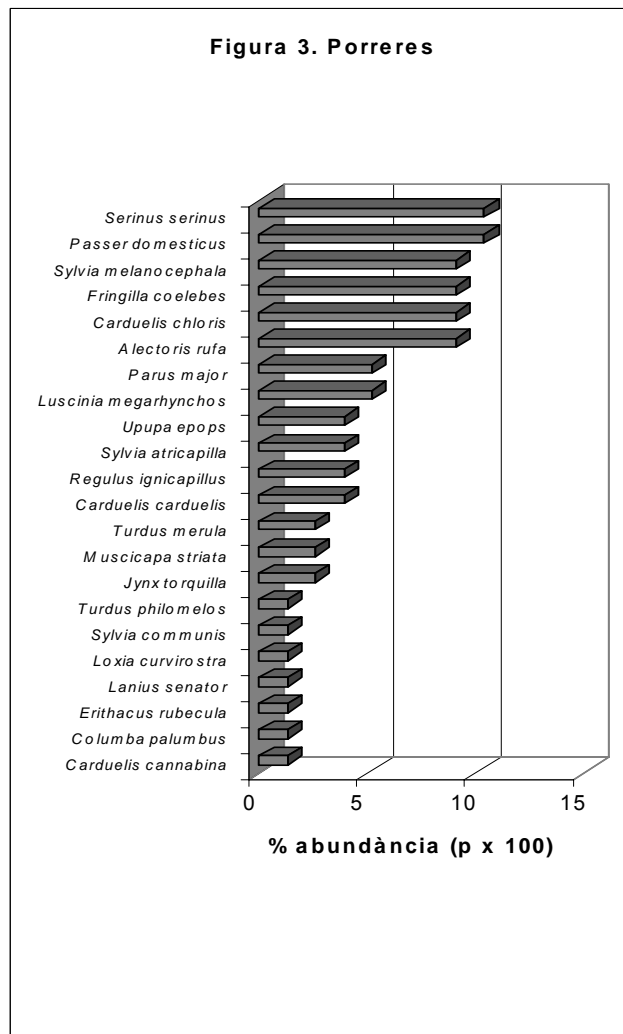
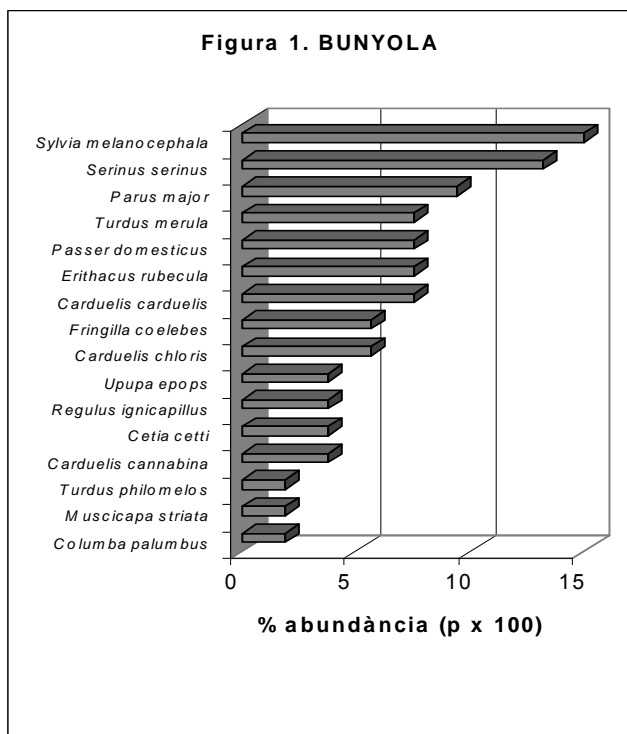


Figura 8 ANEXO.- Diversidad y abundancia de aves en los tres pinares estudiados. 1) pinar Control, 2) tratado con Bt y 3) tratado con IGR.

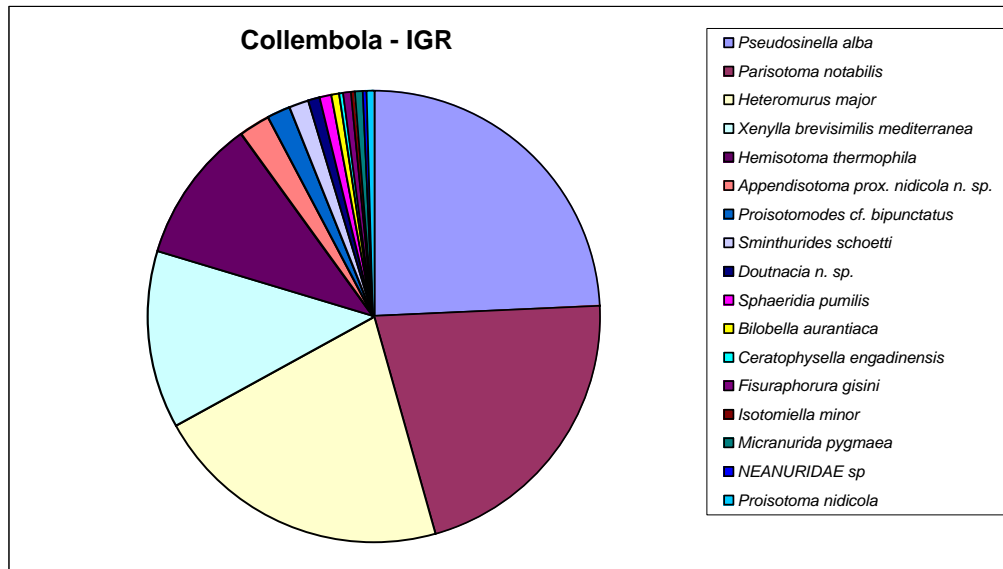


Figura 9 ANEXO.- Representación gráfica de las especies de **Colémbolos** obtenidas a partir de la horarasca del **pinar IGR** (tratado con diflubenzurón).

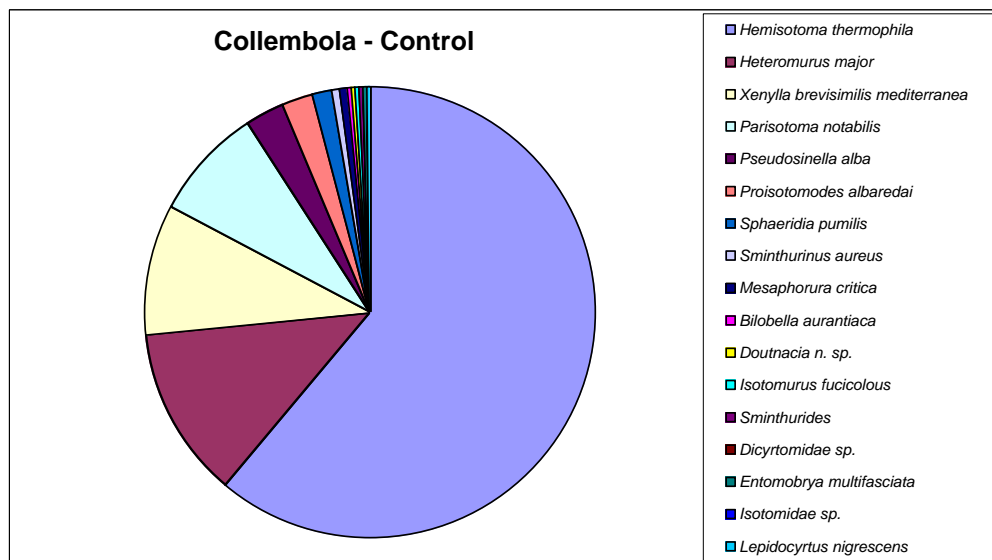


Figura 10 ANEXO.- Representación gráfica de las especies de **Colémbolos** obtenidas a partir de la hojarasca del pinar que se tomó como **Control**.

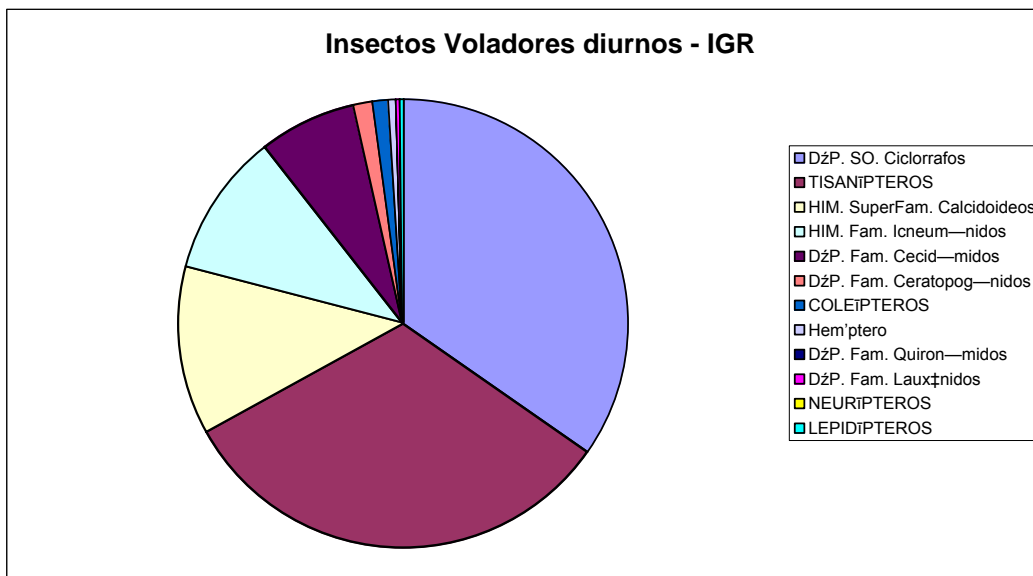


Figura 11 ANEXO.- Representación gráfica de los taxones de Insectos voladores diurnos capturados en *placas cromáticas* en el *pinar IGR* (tratado con diflubenzurón).

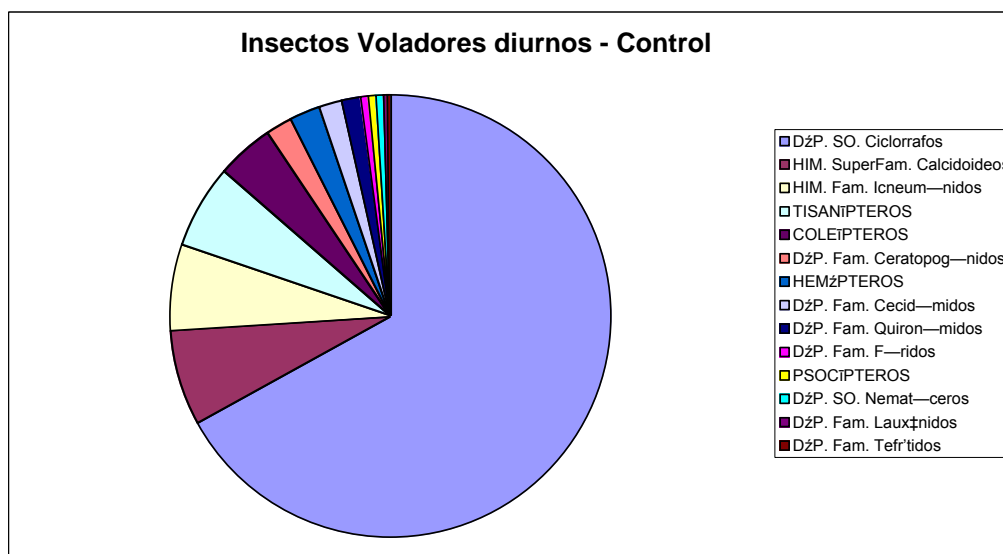


Figura 12 ANEXO.- Representación gráfica de los taxones de Insectos voladores diurnos capturados en *placas cromáticas* en el *pinar* tomado como *Control*.

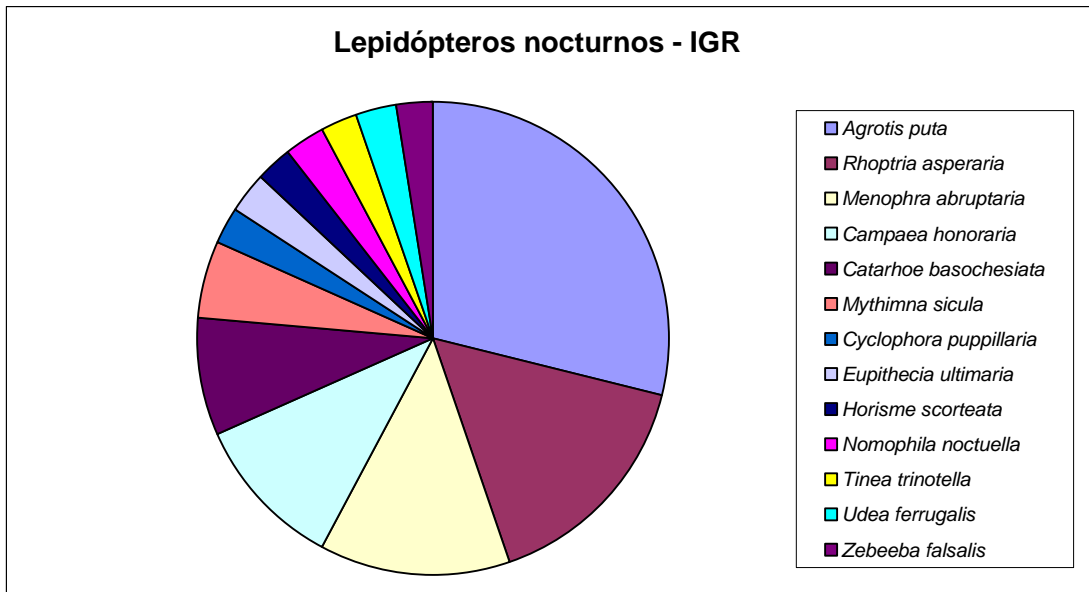


Figura 13 ANEXO.- Representación gráfica de las especies de **Lepidópteros** nocturnos capturados en las trampas de luz del **pinar IGR** (tratado con diflubenzurón).

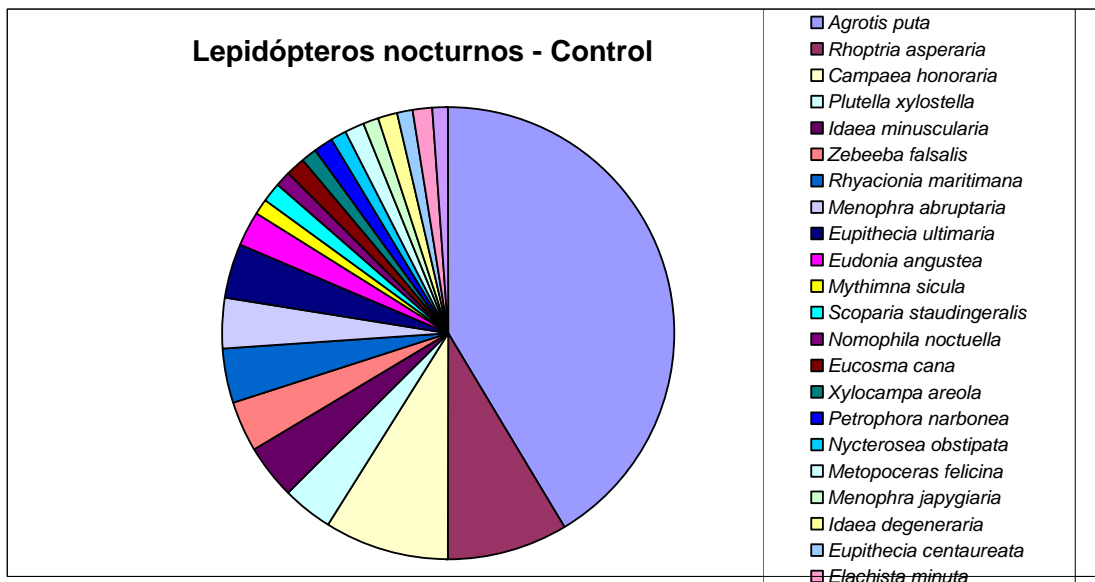


Figura 14 ANEXO.- Representación gráfica de las especies de **Lepidópteros** nocturnos capturados en las trampas de luz del pinar tomado como **Control**.