

Importancia de los insectos en la polinización del algarrobo

J. RETANA, J. RAMONEDA y F. GARCIA DEL PINO

En el presente estudio se analizan algunos aspectos relacionados con la polinización del algarrobo. Los resultados obtenidos demuestran que la influencia del viento es prácticamente nula, y que el papel de los insectos tiene una importancia desigual según el grupo al que pertenezcan. Además se pone de manifiesto que las ramas masculinas ejercen un claro efecto de atracción hacia los insectos, con las implicaciones que desde el punto de vista de la producción se desprenden de ello.

J. RETANA. CREA, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

J. RAMONEDA y F. GARCIA DEL PINO. Laboratorio de Zoología, Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.

Palabras clave: Algarrobo, *Ceratonia siliqua*. Polinización entomófila, Polinización anemófila, Insectos.

INTRODUCCION

El algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) es un árbol de la flora mediterránea que se adapta muy bien a condiciones de medio y de cultivo adversas, ya que resiste bien la sequedad, la salinidad y los suelos calcáreos, y tiene mínimos requerimientos culturales (TOUS, 1985; TOUS y BATLLE, 1987).

Su fruto, la algarroba, es una legumbre utilizada por el hombre desde muy antiguo. En la actualidad las algarrobas se destinan a la alimentación del ganado y a la obtención de alcohol, azúcar, jarabes y gomas en distintas industrias alimenticias, farmacéuticas, químicas y textiles (TOUS, 1985). Este aprovechamiento múltiple ha despertado de nuevo el interés de su cultivo después de una época en la que muchas plantaciones fueron abandonadas o reconvertidas (TOUS y BATLLE, 1987; RODRIGUEZ y FRUTOS, 1987).

A pesar de ello, los conocimientos que se tienen sobre su biología son más bien escasos. En cuanto a su biología repro-

ductiva, se sabe que se trata de una especie polígamo-troica que presenta inflorescencias masculinas, femeninas y hermafroditas en distintos pies. No obstante, los datos que se tienen sobre el modo en que se realiza la polinización de estas flores son incompletos.

Con el fin de contribuir a la mejora del cultivo del algarrobo y al aumento de la producción de sus cosechas, en el presente trabajo se profundiza en el estudio del modo de polinización de este árbol. En concreto, se estudian la importancia relativa de la polinización anemófila y entomófila, y diversos aspectos relativos a la actuación de los distintos grupos de insectos como agentes polinizadores.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se ha desarrollado entre los años 1987 y 1989 en la finca Mas Cacholla, en el término municipal de Vilaseca-Salou (Tarragona). Las experiencias realizadas se han llevado a cabo en

algarrobos hembra de las variedades Rojal y Negra, y en ramas macho de flores amarillas y rojas.

Para evaluar la importancia del viento en la polinización del algarrobo se cubrieron inflorescencias femeninas jóvenes, todavía en estado no receptivo, con bolsas de malla fina que no permitían el paso a los insectos, pero sí el del polen transportado por el viento (Figura 1). Estas bolsas se dejaron hasta el mes de Abril, momento en que se procedió al recuento de los frutos cuajados en cada inflorescencia. Paralelamente, en los mismos árboles se marcaron inflorescencias vírgenes con cintas de colores y se dejaron para que pudieran ser polinizadas tanto por el viento como por los insectos. Al igual que en el caso anterior, en el mes de Abril se procedió al recuento de los frutos cuajados en estas inflorescencias control.

Con el fin de conocer los grupos de insectos que visitan las flores del algarrobo, se realizaron censos en los periodos de máxima floración de los años 1987 y 1989. Cada censo se llevó a cabo sobre nueve árboles o partes de árboles, de los cuales tres eran pies hembra sin ninguna rama macho en la proximidad, otros tres eran pies hembra con una rama macho injertada y los tres restantes eran ramas macho. En el año 1987 estos censos tuvieron lugar en dos días del mes de Noviembre, entre las 8 y las 14 horas (hora solar). En el mes de Octubre de 1989 se realizaron censos diurnos y nocturnos desde las seis de la mañana (hora solar) de un día hasta las cuatro de la mañana (hora solar) del día siguiente, con un intervalo de tiempo de dos horas entre censos. Un censo sobre cualquier árbol consistía en dar una vuelta completa al mismo durante tres minutos, anotando el número y tipo de insectos observados encima de las inflorescencias.

Para comparar la eficacia polinizadora de los insectos diurnos y la de los nocturnos, se cubrieron 100 inflorescencias femeninas vírgenes con bolsas de papel que impedían el paso de cualquier posible agente polinizador. En el momento en que estas inflorescencias llegaron a la madurez (receptivas al polen), a 50 de ellas

se les quitó la bolsa y se dejaron un día durante las horas de sol (desde las 5.00 hasta las 16.00 hora solar) expuestas a los polinizadores diurnos. Con las 50 restantes se procedió del mismo modo, aunque dejándolas expuestas a los polinizadores nocturnos desde las 16.00 hasta las 5.00 hora solar. Al término de cada uno de estos periodos se recogieron todas las inflorescencias y se trasladaron al laboratorio donde se analizó la cantidad de polen depositado en los estigmas de todas las flores de cada inflorescencia. En este análisis se siguió la siguiente metodología: los estigmas de todas las flores de una inflorescencia se sumergían en ácido acético glacial, para que se desprendieran los granos de polen presentes en ellos; esta operación se realizaba en un portaobjetos excavado. Posteriormente, con la ayuda de un microscopio se contaban los granos de polen que se habían desprendido de cada inflorescencia. Aunque esta estimación permite comparar la deposición de polen en ambos tipos de inflorescencias, no da valores absolutos, ya que algunos granos, probablemente los que han empezado a germinar, no se desprenden del estigma.

Con el objeto de estimar la cantidad y distribución del polen transportado en el cuerpo por los insectos visitantes de las flores, se capturaron de día y de noche insectos presentes en las inflorescencias, considerando por separado los ejemplares encontrados en ramas macho, los encontrados en árboles hembra con una rama macho injertada, y los encontrados en árboles hembra lejanos a ramas macho. Estos insectos eran conservados en acetato de etilo y trasladados al laboratorio donde, mediante una lupa binocular, se determinaba la cantidad de polen que transportaban y las partes del cuerpo en las que se ubicaba. La cantidad de polen transportado en las diferentes zonas del cuerpo se evaluó de manera semicuantitativa de acuerdo con las siguientes categorías:

- 0: de 0 a 10 granos de polen.
- 1: de 10 a 40 granos de polen.
- 2: más de 40 granos de polen.
- 3: cestillos cargados (sólo en abejas).



Fig. 1.—Bolsa de tul utilizada para comprobar la acción del viento en la polinización de las flores del algarrobo.

Fig. 2.—Mosca recogiendo néctar en una flor masculina de algarrobo.

Fig. 3.—Sírfido recogiendo néctar en una flor masculina de algarrobo.

Fig. 4.—Mariposa nocturna recogiendo néctar en una flor masculina de algarrobo.

También se analizó el comportamiento de los diferentes grupos de insectos en las inflorescencias femeninas, cuantificándose el tiempo de permanencia en las mismas, el número de nectarios visitados, y el número de estigmas tocados con cualquier parte del cuerpo.

RESULTADOS

El primer aspecto a considerar en el estudio de la polinización del algarrobo es

la evaluación de la importancia de la polinización entomófila frente a la de la anemófila. En el Cuadro 1 se compara el porcentaje de fructificación (% de inflorescencias que han cuajado algún fruto) de las inflorescencias protegidas con bolsas de tul (polinización por el viento) y de las inflorescencias control (polinización por el viento y por los insectos). Los resultados son evidentes: mientras más de la mitad de las inflorescencias accesibles a los insectos han producido algún fruto, ninguna

Cuadro 1.—Porcentaje de fructificación (% de inflorescencias que han cuajado algún fruto) en inflorescencias protegidas con bolsas de tul (polinización anemófila) y en inflorescencias control (polinización anemófila y entomófila).

Tipo de polinización	Número de inflorescencias	% Inflorescencias que fructifican
Anemófila	30	0
Anemófila + Entomófila	57	54,4

de las que sólo podían haber sido polinizadas por el viento ha fructificado. Esto confirma la escasa, si no nula, influencia del viento en la polinización de las flores del algarrobo.

Una vez apuntada la importancia casi exclusiva de los insectos en la polinización de este árbol, los censos realizados han permitido estimar cualitativa y cuantitativamente su presencia en las flores. En los Cuadros 2 y 3 se dan, respectivamente, los resultados totales de los censos de insectos realizados en los años 1987 y 1989. En los datos de ambos años se pone en evidencia que las inflorescencias masculi-

nas atraen más insectos que las femeninas (análisis de la varianza; $F = 4,94$, $P < 0,01$ para 1987; $F = 20,18$, $P < 0,0001$ para 1989), aunque esto sea más claro en los datos de 1989 (Cuadro 3) que en los de 1987 (Cuadro 2). Otro resultado interesante, este repetido en los dos años, es que los pies hembra con una rama macho injertada reciben más insectos que los pies hembra normales (con una prueba *t* de Student y para $P < 0,001$, las diferencias obtenidas en 1987 son significativas, aunque no lo son las de 1989).

Analizando detenidamente el espectro de los insectos de ambos años y aún teniendo en cuenta que los censos no son del todo comparables, pues el de 1989 se prolongó durante la noche (de aquí la presencia de mariposas nocturnas), aparecen diferencias significativas entre ellos ($X^2 = 209,1$, $P < 0,0001$). Al contrario de lo que sucedía en 1987, en 1989 las abejas dejan de ser los insectos predominantes en las flores de algarrobo, para pasar a estar mínimamente representadas en las in-

Cuadro 2.—Censos de insectos realizados en el año 1987 en ramas macho (Macho), en pies hembra con una rama macho injertada (Hembra-Macho) y en pies hembra alejados de ramas macho (Hembra). En el grupo de las moscas grandes se incluyen las que tienen una longitud mayor de 7 mm y en el de las moscas pequeñas las que tienen una longitud inferior a este valor.

Tipo de Insectos	Macho	Hembra-Macho	Hembra	Total
Abejas de la miel	127	68	7	202
Sírfidos	11	27	7	45
Moscas Grandes	30	46	23	99
Moscas Pequeñas	11	11	30	52
Otros	1	3	0	4
TOTAL	180	155	67	402

Cuadro 3.—Censos de insectos realizados en el año 1989 en ramas macho (Macho), en pies hembra con una rama macho injertada (Hembra-Macho) y en pies hembra alejados de ramas macho (Hembra). En el grupo de las moscas grandes se incluyen las que tienen una longitud mayor de 7 mm y en el de las moscas pequeñas las que tienen una longitud inferior a este valor.

Tipo de Insectos	Macho	Hembra-Macho	Hembra	Total
Abejas de la miel	4	0	0	4
Sírfidos	9	1	0	10
Moscas Grandes	14	4	4	22
Moscas Pequeñas	46	17	4	67
Mariposas nocturnas	54	14	13	81
Otros	0	2	3	5
TOTAL	127	38	24	189

florescencias masculinas y ausentes en las femeninas, lo cual puede ser atribuible a la escasez de colmenas en los alrededores. Por contra, el grupo predominante en ambos tipos de flores en el censo de 1989 son las moscas (múscidos, califóridos y otros), tanto grandes como pequeñas (Figura 2), ya que también los sírfidos (Figura 3) disminuyen en 1989 y los restantes grupos (formicidos, véspidos) tienen muy poca importancia en ambos años. En el Cuadro de 1989 aparecen las mariposas nocturnas (principalmente noctuidos y también algunos geométridos) (Figura 4), ausentes del de 1987 porque ese año no se realizaron censos durante la noche.

También hay diferencias entre los diferentes tipos de pies, aunque el patrón varía de un año a otro: en 1987 las abejas están presentes mayoritariamente en las ramas macho y, en menor medida, en las ramas hembra de árboles injertados con

una rama macho, y son muy escasas en los pies hembra normales; por su parte, los diferentes tipos de dípteros se encuentran más o menos repartidos en los distintos árboles, aunque con una cierta predominancia de los sírfidos en los pies hembra con rama macho, y de las moscas pequeñas en las hembras aisladas. En cambio, en 1989 se observa una mayor abundancia de todos los grupos de insectos en los machos, incluidas las mariposas nocturnas.

En cuanto a la presencia de los insectos a lo largo del día, en el Cuadro 4 se da el número de individuos de cada uno de los grupos encontrados a las distintas horas. En este Cuadro se aprecia una clara separación entre los insectos diurnos (abejas, sírfidos, moscas grandes y moscas pequeñas) y los nocturnos (lepidópteros casi exclusivamente), ya que a las 16 horas, que es cuando empieza a ser de noche, apare-

Cuadro 4.—Abundancia de los diferentes grupos de insectos en los censos realizados a diferentes horas, en ramas macho (Macho), en árboles hembra con una rama macho injertada (Hembra-Macho) y en árboles hembra alejados de ramas macho (Hembra). Las abreviaturas son las siguientes: A=abeja, S=sírfido, Mg=mosca grande, Mp=mosca pequeña, Ln=lepidóptero nocturno.

Hora Solar	Macho	Hembra-Macho	Hembra
8 h.	1 A	-	-
	2 S	-	-
	3 Mg	2 Mg	3 Mg
	8 Mp	3 Mp	2 Mp
10 h.	1 S	-	-
	5 Mg	-	-
	8 Mp	3 Mp	1 Mp
12 h.	3 S	1 S	-
	4 Mg	1 Mg	-
	18 Mp	5 Mp	-
14 h.	3 A	-	-
	3 S	-	-
	2 Mg	1 Mg	1 Mg
	14 Mp	4 Mp	-
16 h.	1 Ln	-	-
20 h.	19 Ln	4 Ln	7 Ln
22 h.	13 Ln	3 Ln	2 Ln
24 h.	9 Ln	5 Ln	1 Ln
2 h.	7 Ln	2 Ln	1 Ln
4 h.	5 Ln	-	2 Ln
6 h.	-	-	-

Cuadro 5.—Cantidad de polen transportado en el cuerpo por los distintos grupos de insectos capturados en ramas macho (Macho), en árboles hembra con una rama macho injertada (Hembra-Macho) y en árboles hembra alejados de ramas macho (Hembra). Para cada grupo de insectos los valores se obtienen sumando la cantidad media de polen encontrado en cada una de las regiones del cuerpo, previa transformación del valor absoluto del número de granos en las categorías semicuantitativas de la escala descrita en el apartado de Material y Métodos.

Tipo de Insecto	Macho	Hembra-Macho	Hembra
Abejas	27,28 (n=16)	9,92 (n=12)	5,63 (n=8)
Sírfidos	13,64 (n=11)	3,45 (n=29)	1,30 (n=10)
Moscas grandes	13,50 (n=10)	1,50 (n=8)	0,90 (n=10)
Moscas pequeñas	5,10 (n=10)	0,63 (n=8)	1,10 (n=10)
Mariposas nocturnas	2,76 (n=17)	0,25 (n=8)	0,00 (n=11)

ce la primera mariposa nocturna, y dejan de aparecer moscas y abejas, que sólo vuelven a estar presentes por la mañana, cuando los lepidópteros nocturnos hace varias horas que han desaparecido. Aunque los datos son de un sólo día y no permiten elaborar curvas globales de presencia en las flores, parece apreciarse un máximo de los insectos diurnos entre las 12 y las 14 horas, y un máximo de los nocturnos a primeras horas de la noche, entre las 18 y las 22 horas.

Puesta en evidencia esta clara separación temporal entre ambos grupos de insectos, los diurnos y los nocturnos, se intentó analizar cual de ellos provocaba una mejor polinización de las flores del algarrobo. Los resultados indican que los insectos diurnos depositan en los estigmas una cantidad significativamente mayor que los nocturnos ($t = 3,68$, $P < 0,05$).

Para explicar este hecho se ha analizado el contenido global de polen que transportan en el cuerpo los insectos de cada uno de estos grupos, exponiéndose los resultados en el Cuadro 5. Lo primero que se observa es que, como era de esperar, los individuos capturados en los machos tienen en todos los casos una cantidad de polen mucho mayor que los de las hembras. Dentro de estos últimos, los de los árboles que tienen injertada una rama

macho son los que tienen un mayor contenido de polen en el cuerpo.

Entre los diferentes grupos de insectos, los que transportan una mayor cantidad de polen son, con diferencia, las abejas, siguiéndoles los sírfidos, las moscas grandes y las moscas pequeñas (Cuadro 5). Los lepidópteros nocturnos transportan poco polen, lo que está de acuerdo con el hecho observado anteriormente de que la cantidad de granos depositados en los estigmas de las flores durante la noche es mucho menor que durante el día.

Los resultados del análisis del comportamiento de los insectos en las flores se exponen en el Cuadro 6. No se tienen datos de las abejas porque se tomaron en 1989, cuando no había abejas en las flores femeninas (Cuadro 3). En cuanto al tiempo que permanecen los insectos de los diferentes grupos en las inflorescencias, se puede decir que no hay diferencias significativas entre ellos (análisis de la varianza, $F = 1,248$, $P > 0,2$), aún cuando los sírfidos permanecen un tiempo algo menor (menos de un minuto frente a dos minutos en el caso de los otros dípteros). Tampoco hay diferencias significativas en cuanto al número de nectarios que visitan (análisis de la varianza, $F = 1,02$, $P > 0,3$), pero sí en cuanto al número de estigmas que tocan con alguna parte del

Cuadro 6.—Características comportamentales de algunos de los insectos que visitan las inflorescencias femeninas del algarrobo. Para cada grupo se indica el número de observaciones, el tiempo medio de permanencia en la inflorescencia (en segundos), el número medio de nectarios que visitan por inflorescencia, y el número medio de estigmas de la inflorescencia que tocan con cualquier parte del cuerpo. Junto al valor medio se da en cada caso la desviación típica.

Tipo de Insectos	Número	Tiempo (s)	Número Nectarios Visitados	Número Estigmas Tocados
Sírfidos	11	55,4± 66,1	5,91±3,27	3,91±2,55
Moscas grandes	20	139,2±173,0	8,55±6,67	5,30±3,92
Moscas pequeñas	20	118,3±138,5	9,00±5,90	2,70±2,23

cuerpo: los sírfidos y las moscas grandes tocan significativamente más estigmas que las moscas pequeñas (análisis de la varianza, $F = 3,60$, $P < 0,05$), que por su pequeño tamaño se desplazan por las inflorescencias visitando los nectarios sin tocar demasiados estigmas. Queda, evidentemente, por contrastar el comportamiento de las abejas, que son las que en principio podrían dejar más polen en los estigmas, ya que son las que más transportan (Cuadro 5).

DISCUSION

La polinización es uno de los aspectos básicos de la producción vegetal. Por lo que se refiere al algarrobo, el actual nivel de conocimientos es muy bajo y, en ocasiones, confuso. Aunque numerosos autores no descartan la acción del viento en el transporte de polen entre las flores masculinas y femeninas (RUSSO, 1954; THOMPSON, 1971; TOUS, 1984; TOUS y BATTLE, 1987) el hecho comprobado en este trabajo es que su intervención es prácticamente nula, ya que ninguna de las inflorescencias expuestas al viento pero no a los insectos produjo fruto. De hecho, las flores del algarrobo no presentan las características propias de las flores anemófilas, al contrario, varios detalles indican claramente su adaptación a la polinización entomófila (PASSOS, 1987): en su madurez, los nectarios de las flores de ambos sexos revelan una intensa actividad secretora de néctar; los estigmas de las flores femeninas también producen un fluido estigmático que les confiere un aspecto brillante;

además, los granos de polen son de considerable tamaño y por tanto no son fácilmente transportables por el viento. De ahí que los insectos se intuyan como los principales agentes polinizadores de este árbol.

Las flores de algarrobo pueden ser consideradas como generalistas desde el punto de vista de la polinización, en el sentido de que poseen mecanismos relativamente sencillos y de que pueden ser polinizadas por una gran cantidad de insectos. Durante el día destacan las abejas y diversos grupos de dípteros, tales como sírfidos, múscidos, etc., los mismos grupos que predominan en otros estudios (RUSSO, 1954; TOUS y BATTLE, 1987; PASSOS, 1987). Durante la noche aparecen casi exclusivamente lepidópteros nocturnos, hecho también observado por THOMPSON (1971).

Aunque algunos estudios anteriores (PASSOS, 1987) encuentran escasos granos de polen en condición de polinizar en el cuerpo de los insectos recogidos en la proximidad de los algarrobos, nuestras observaciones indican que de todos los grupos de insectos las abejas son las que llevan más polen. Tampoco es despreciable el contenido de polen del cuerpo de los sírfidos y de otros dípteros grandes, cuyo comportamiento apoya la posibilidad de que puedan actuar depositando granos de polen en los estigmas. De hecho, las características de los órganos sexuales de los algarrobos armonizan con la polinización por insectos, siendo evidente en el caso de la abeja cuando se compara su estructura morfológica y sus dimensiones con la distancia y la disposición de los discos flo-

rales, los estigmas y las anteras (PASSOS, 1987). Aunque queda por confirmar que las abejas recolectoras de néctar visiten igualmente flores masculinas y femeninas y por tanto contribuyan a transportar polen de unas a otras, los datos de este estudio apuntan como una posibilidad para favorecer la polinización el colocar colmenas en los campos de algarrobos.

Otro aspecto interesante de este estudio es que en condiciones comparables de madurez de las flores, las inflorescencias masculinas atraen más insectos que las femeninas; además, los árboles hembra que tienen injertada una rama macho reciben más visitas que los que no la tienen, lo que quiere decir que el efecto atractivo de las ramas macho se extiende al árbol donde están injertadas. Por ello, PASSOS (1987) cree que, a la hora de diseñar las plantaciones, es mejor el injerto de ramas macho que la colocación ordenada de pies enteros.

En conclusión, aunque se ha sugerido (PASSOS, 1987) que la escasa movilidad de los insectos de las flores macho a las hembra está en contra de su participación, al

menos exclusiva, como agentes polinizadores, la comprobación de que la influencia del viento es mínima, de que los insectos transportan polen de algarrobo en mayor o menor medida y de que tocan numerosos estigmas en sus visitas, ponen en evidencia que los insectos pueden ser los factores decisivos en la polinización del algarrobo. De ahí que tenga un gran interés la búsqueda de mecanismos que faciliten la atracción masiva de insectos hacia este árbol en el momento de la floración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su mayor gratitud a J. Bosch, tanto por la ayuda dispensada en el trabajo de campo como por las innumerables sugerencias efectuadas a raíz de la lectura del manuscrito original, y a J. Tous, del I.R.T.A. Centro Mas Bové, por haber facilitado que el trabajo se llevara a cabo en la finca Mas Cacholla y por el interés mostrado a lo largo del período de estudio.

ABSTRACT

RETANA, J., J. RAMONEDA y F. GARCIA DEL PINO, 1990: Importancia de los insectos en la polinización del algarrobo. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16 (1): 143-150.

In this paper, some aspects related to carob pollination have been analyzed. The results show that wind's influence is very low, and that insects have unequal importance according to the group they belong to. It has also been demonstrated that insects are more attracted to male branches than to female ones. This fact has interesting consequences from the point of view of production.

Key words: Carob, *Ceratonia siliqua*, Eutomophilous pollination, Anemophilous pollination, Insects.

REFERENCIAS

- PASSOS DE CARVALHO, J., 1987: Carob pollination aspects. *Actas del II Simposium Internacional sobre la garrofa*. 281-289.
- RODRIGUEZ, J. y FRUTOS, D., 1987: Primeros estudios sobre las poblaciones de algarrobo (*Ceratonia siliqua*) en el sureste y sur de España. *Actas del II Simposium Internacional sobre la garrofa*, 255-264.
- RUSSO, F., 1954: Aspetti biologici e colturali del carrubo in Sicilia. *Annali Sperien. Agraria*, 8, 948-967.
- THOMPSON, P., 1971: The carob in California. *California Rare Fruit Growers Yearbook*, III, 61-102.
- TOUS, J., 1984: El cultivo del algarrobo. *H.D.* 10/84, Ministerio de Agricultura (SEA), Madrid, 16 pp.
- TOUS, J., 1985: Comercialización y variedades de algarrobo. *H.D.* 1/85, Ministerio de Agricultura (SEA), Madrid 24 pp.
- TOUS, J. y BATLLE, I., 1987: Situación actual y perspectivas del cultivo del algarrobo. *Acta del II Simposium Internacional sobre la garrofa*, 319-345.