

**DISPERSIÓ DE LLAVORS PER FORMIGUES: LLAVORS
D'*EUPHORBIA CHARACIAS CHARACIAS* LINNAEUS (EUPHORBIA-
CEAE) A LA SERRA DE COLLSEROLA (NE ESPANYA)**

C. Gómez

ABSTRACT

Seed dispersion by ants: seed of Euphorbia characias characias L. (Euphorbiaceae) in Collserola mountain (NE, Spain). Myrmecochory was first described by SERNANDER in 1906. Type *Euphorbia* defines one of the dispersion types proposed by this author. This process is known as diplochory, and it relates to a ballistic dispersion of the seeds followed by their transport by ants.

Seeds of the myrmecochore species have a caruncle which acts as an elaiosome attractive to the dispersers ants, leading to the seed transport towards ant nests. The existence of this phenomenon in Collserola mountain range (NE, Spain) has been confirmed, and some of the potentially seed dispersed of *Euphorbia characias characias* L. have been determined: *Aphaenogaster senilis*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma nigerrimum* and *Tetramorium semilaeve*.

Key words: Ants; elaiosome; *Euphorbia characias characias*; myrmecochory; seed dispersal.

Recepció: 30 I 94; Acceptació: 24 IV 94; ISSN: 1134-7783

Crisanto Gómez. Departament de Ciències Ambientals, Universitat de Girona. Pl. Hospital, 6; 17071 Girona.

RESUM

La mirmecocòria va ser descrita per SERNANDER l'any 1906. El tipus *Euphorbia* defineix un dels tipus de dispersió proposats per aquest autor. El procés es coneix per diplocòria i fa referència a una primera dispersió balística de les llavors i a una segona dispersió de transport d'aquestes llavors per les formigues.

Les llavors de les espècies mirmecocores tenen una diferenciació (carúncula) que actua com a eliosoma, que és atractiu per a les formigues dispersants, i fa que les llavors siguin transportades vers els formiguers. Hem confirmat l'existència del fenomen a la serra de Collserola, i determinat algunes de les espècies de formigues potencialment dispersants de llavors en el cas d'*Euphorbia characias characias* L.: *Aphaenogaster senilis*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma nigerrimum* i *Tetramorium semilaeve*.

INTRODUCCIÓ

La dispersió de llavors per formigues (mirmecocòria) fou descrita per SERNANDER (1906). Les seves implicacions ecològiques han estat estudiades àmpliament, i van ser recollides per BEATTIE (1985). Diverses hipòtesis han estat proposades per explicar els possibles avantatges de la mirmecocòria. Aquestes són: la fugida per part de les llavors de la predació per petits rosegadors, ocells i d'altres invertebrats (O'DOWD & HAY, 1980; HEITHAUS, 1981; HOLMES, 1990); la fugida de la competència vers els progenitors (HANDEL, 1976, 1978); la dispersió a distància més enllà dels límits d'altres mecanismes de dispersió (ANDERSEN, 1988; BERG, 1966; WESTOBY & RICE, 1981); la relocalització de les llavors en llocs amb una concentració més gran de nutrients per germinar (CULVER & BEATTIE, 1980; BEATTIE & CULVER, 1983; HANZAWA, BEATTIE & CULVER, 1988), tot i que existeixen dades en contra d'aquesta hipòtesi (RICE & WESTOBY, 1986), i la fugida de ser cremades en possibles incendis ja que queden relocalitzades a dins els formiguers (BERG, 1975; MAJER, 1982; BOND & SLINGSBY, 1989).

SERNANDER va definir el tipus *Euphorbia* com un dels tipus de dispersió en què participaven les formigues, i consisteix en un doble sistema de dispersió (diplocòria). La primera fase és una dispersió balística mitjançant la qual les llavors són llançades a certa distància de la planta mare. La segona fase consisteix en el transport d'aquesta per les formigues. Aquesta segona fase es produeix perquè les llavors presenten una diferenciació, l'eleosoma. Dins l'eleosoma s'emmagatzemen lípids, i s'ha interpretat com a font d'aliment per a les formigues (BRESINSKY, 1963; SKIDMORE & HEITHAUS, 1988). Un fet important de la mirmecocòria és que l'embrió no queda malmès per les formigues durant el transport i la manipulació, i és totalment viable (VAN DER PIJL, 1972). La lleteresa *Euphorbia characias characias* (Euphorbiaceae) presenta uns fruits en forma de càpsula trilobada i a dins podem trobar-hi tres llavors. Aquestes llavors tenen un petit eleosoma i una vegada han madurat són llançades balísticament. En el present treball hem comprovat la segona fase dispersiva, determinant les espècies de formigues responsables d'aquest procés als prats de can Llevallol, a la serra de Collserola (Barcelona).

Aquest treball és la tercera citació de la mirmecocòria a la península Ibèrica. La primera va ser presentada per BAIGES, ESPADALER & BLANCHE (1991).

MATERIAL I MÈTODES

Es va comprovar in situ la primera fase de dispersió balística. Es van recollir inflorescències de plantes madures amb fruits al començament de l'època de maduració, finals de maig i primers dies de juny de 1993. Es va provocar l'explosió de les càpsules al laboratori per obtenir llavors. Aquestes van servir per determinar les espècies de formigues potencialment dispersants de llavors

a la zona d'estudi. Les llavors es van oferir a les obreres de les espècies de formigues actives que es trobaven a certa distància del formiguer. El test consistia en oferir 20 ítems a diferents obreres de cadascuna de les espècies. Aquests oferiments es van realitzar dins el temps de maduració d'*E. characias characias*. Els diferents ítems que es van oferir van ser: Llavors senceres, eleosomes separats de les llavors i llavor sense eleosoma.

La reacció de cada formiga, durant la interacció amb les llavors senceres, eleosomes i llavors sense eleosoma, va ser registrada en dues categories: «transport», la formiga reacciona ràpidament, agafa la llavor amb les mandíbules i no l'abandona, i «no transport» quan no hi ha resposta per part de la formiga davant de la llavor, quan solament fa servir les antenes per reconèixer l'objecte que té al davant durant un període de temps curt sense intentar agafar-la, o quan fa servir les antenes i les peces bucals, però el transport es limita a 1-2 cm i l'abandona.

A partir d'aquestes dades es va establir l'índex de transport següent:

I. transport= n. ítems transportats/n. total d'ofertments.

Així parlaren de $III =$ índex de transport de les llavors, $Ie =$ índex de transport dels eleosomes i $It =$ índex de transport de la llavor sense eleosoma.

Els tests d'ofertments es van realitzar amb 8 espècies de formigues: *Aphaenogaster senilis*, *Camponotus cruentatus*, *Crematogaster scutellaris*, *Messor barbarus*, *Messor bouvieri*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma nigerrimum* i *Tetramorium semilaeve*. Aquestes espècies van ser escollides per fer els ofertments perquè la resta d'espècies presenten una mida molt petita per poder transportar les llavors o bé es van trobar pocs individus i no es va localitzar el niu (taula 1).

L'experiència es va repetir amb llavors d'*E. characias characias* recollides a Aristot (Pirineu) amb tres espècies de formigues de can Llevallol (*A. senilis*, *P. pallidula*, *T. semilaeve*) per veure la resposta d'aquestes amb llavors d'una població de lleterasses allunyada de la zona d'estudi.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

En el primer test, en el qual es van oferir llavors senceres a les obreres de les diferents espècies, es va trobar que totes les espècies transportaven llavors amb major o menor grau menys *C. scutellaris*, i destaquen amb els índexs més baixos *Camponotus cruentatus*, i el primer cas d'*Aphaenogaster senilis* (taula 2). Les respostes de transport més clares les van presentar *Messor barbarus*, *Messor bouvieri*, *Pheidole pallidula* (en els dos casos) i *Tapinoma nigerrimum* en el segon cas, que van transportar totes les llavors que es van oferir. Hi que presenten un índex de transport de llavors senceres $III = 1$.

La segona tanda d'ofertments, els eleosomes aïllats de les llavors, ens dona que gairebé totes les espècies els agafen i els transporten, evidentment en

ESPÈCIES DE FORMIGUES	HÀBITS ALIMENTARIS
<i>Aphaenogaster senilis</i>	1
<i>Aphaenogaster dulcinea</i> (a)	3
<i>Messor barbarus</i>	2
<i>Messor bouvieri</i>	2
<i>Crematogaster scutellaris</i>	1,3
<i>Cardiocondyla elegans</i> (b)	1,4
<i>Leptothorax niger</i> (b)	1
<i>Tetramorium semilaeve</i>	1
<i>Tetramorium hispanicum</i> (a)	1
<i>Pheidole pallidula</i>	1
<i>Tapinoma nigerrimum</i>	3
<i>Plagiolepis pygmaea</i> (b)	3
<i>Camponotus piceus</i> (a)	3
<i>Camponotus cruentatus</i>	1,3
<i>Camponotus pilicornis</i> (a)	3
<i>Camponotus foreli</i> (a)	3

Taula 1. Espècies de formigues trobades a can LLevallol (Barcelona, NE Espanya). Les experiències d'ofertiments es van fer amb aquestes espècies menys les de petita mida que no poden transportar la llavor (a), i tampoc amb les espècies de les quals es van trobar pocs individus i no es va localitzar el niu (b). Hàbits alimentaris: 1. omnívor; 2. granívor; 3. nectarívor; 4. detritívor (dades de diverses fonts).

Espècies formigues	Ill	Ie	It
(<i>E. characias</i> ex. Collserola)			
<i>Aphaenogaster senilis</i> 1	0,2	0,45	0
<i>Aphaenogaster senilis</i> 2	0,65	0,95	0
<i>Camponotus cruentatus</i>	0,1	0	0
<i>Crematogaster scutellaris</i>	0	0	0
<i>Messor barbarus</i>	1	0,95	0,95
<i>Messor bouvieri</i>	1	1	0,85
<i>Pheidole pallidula</i> 1	1	1	0
<i>Tapinoma nigerrimum</i> 1	0,55	0,85	0
<i>Tapinoma nigerrimum</i> 2	1	1	0
(<i>E. characias</i> ex. Aristot)			
<i>Aphaenogaster senilis</i> 3	0,6	0,9	0,25
<i>Pheidole pallidula</i> 2	1	1	0,2
<i>Tetramorium semilaeve</i>	0,4	0,85	0

Taula 2. Valors dels índexs de transport per als diferents ítems oferts a les diferents espècies de formigues (Índex = n. d'ítems transportats/n. total d'ofertiments. Ill = índex de transport de llavors senceres, Ie = índex de transport dels eleosomes separats de les llavors, It = índex de transport de les llavors sense eleosoma). Els índexs s'han calculat sobre 20 ítems en cada experiència. Els números expressats darrere de cada espècie es refereixen a nius diferents. Les indicacions ex. Collserola i ex. Aristot indiquen l'origen de les llavors ofertes (sempre en nius de Collserola), prats de can LLevallol a la serra de Collserola i Aristot al Pirineu, respectivament.

diferent grau, amb uns índexs de transport d'eleosomes propers a 1, fora del cas de *Camponotus cruentatus* i *Crematogaster scutellaris* que presenten un índex de zero. En aquests últims casos podem dir que *C. cruentatus* i *C. scutellaris* no son espècies potencialment dispersants ja que no fan cas de la presència de l'eleosoma (taula 2).

Quan es van oferir les llavors sense eleosoma el resultat va ser que les dues espècies del gènere *Messor* van presentar uns índexs de transport propers a 1 i la resta d'espècies no van fer cas d'aquests items, i van donar uns índexs de zero o molt baixos (taula 2).

Amb aquests resultats podem agrupar les diferents espècies de formigues en tres categories. La primera la formarien les espècies que presenten índexs molt baixos, o que simplement no transporten. Aquestes serien espècies no dispersants de llavors. En aquest primer grup podríem incloure *C. cruentatus* i *C. scutellaris*. Un segon grup el formarien les espècies que presenten índexs de transport de llavors senceres i d'eleosomes elevats, l'índex de transport de les llavors sense eleosomes és zero o molt baix. Això vol dir que la resposta de l'obra està condicionada per la presència d'eleosoma a l'item, ja que si no és present, la pauta de transport no es dona. Aquestes serien les espècies potencialment dispersants i que compleixen la definició de la mirmecocòria. Aquí trobaríem *A. senilis*, *P. pallidula*, *T. nigerrimum* i *T. semilaeve*.

Per últim, el tercer grup el formarien les espècies granívores. Aquestes presenten índexs de transport de llavors amb i sense eleosomes grans, ja que la seva dieta es basa en la recollida de granes, i la presència o absència de l'eleosoma no fa variar el seu comportament davant de la llavor. Dintre d'aquest tercer grup trobem les dues espècies del gènere *Messor*: *Messor barbarus* i *Messor bouvieri*. La resposta de les espècies granívores davant dels eleosomes no és diferent de les respostes de les espècies del segon grup ($t = 0,724$; $df = 8$; $p = 0,24$); però si que és diferencien en la resposta davant de les llavors sense eleosoma ($t = 10,25$; $df = 8$; $p < 0,001$).

Aquestes tres categories queden expressades a la fig. 1 amb les lletres A, B i C respectivament. Fem servir per diferenciar els tres grups de formigues els índexs de transport de l'eleosoma (Ie) i l'índex de transport de les llavors sense eleosoma (It). Les espècies de les categories B i C que podem considerar com a transportadores de llavors presenten la mateixa reacció davant de les llavors senceres que davant dels eleosomes ($t = 1,38$; $df = 18$; $p > 0,05$), però difereixen entre categories en les respostes davant de l'eleosoma. Això justificaria la diferència entre espècies potencialment dispersants i espècies, en aquest cas granívores, transportadores de llavors i que donen a les llavors un destí diferent del de ser dispersades, ja que seran finalment objectes de predació.

En quant al fet d'oferir llavors recollides al Pirineu a formigues de la serra de Collserola, les pautes de comportament en el cas de *A. senilis* i *P. pallidula* van ser les mateixes que presentaven amb les llavors de les plantes recollides a la mateixa zona de estudi.

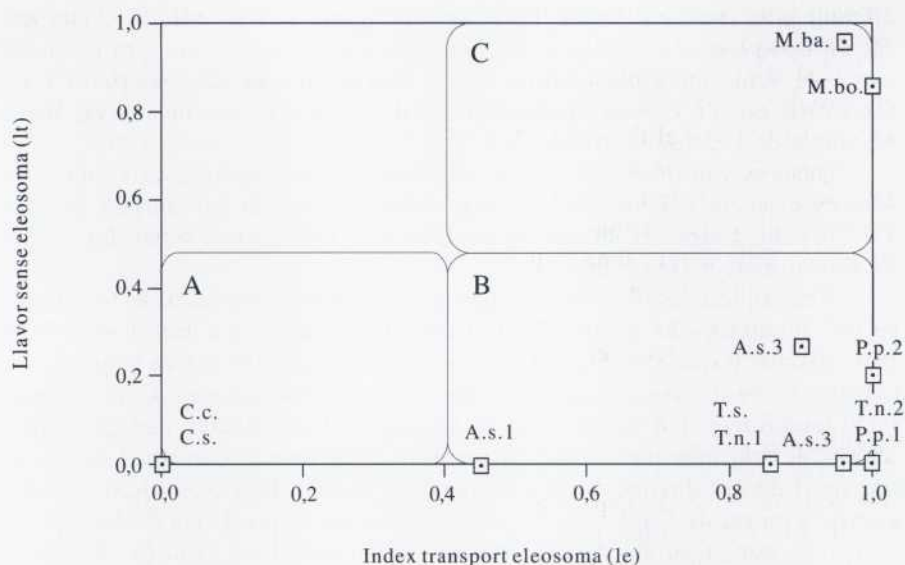


Figura 1. Diferenciació dels tres grups de formigues trobats, relacionant l'índex de llavors senceres i l'índex de transport dels elosomes (A = no dispersants, no transporten cap dels dos tipus d'ítems, elosomes i llavors sense elosomes; B = dispersants, transporten les llavors amb elosomes i elosomes aïllats; C = granivores, transporten llavors amb elosomes i sense elosomes i elosomes aïllats, l'objectiu del transport en aquest cas és la llavor i no l'elosoma). A.s. = *Aphaenogaster senilis*. C.c. = *Camponotus cruentatus*. C.s. = *Crematogaster scutellaris*. M.ba. = *Messor barbarus*. M.bo. = *Messor bouvieri*. P.p. = *Pheidole pallidula*. T.n. = *Tapinoma nigerrimum*. T.s. = *Tetramorium semilaeve*.

Podem concloure que, en aquesta primera aproximació sobre la mirmecocòria a la serra de Collserola, les espècies de formigues potencialment dispersants trobades són *Aphaenogaster senilis*, *Pheidole pallidula*, *Tapinoma nigerrimum* i *Tetramorium semilaeve*. El qualificatiu de formigues potencialment dispersants es deu al fet que no podem dir que són dispersants sense conèixer si les llavors transportades per aquestes formigues germinen i es desenvolupen fins a madurar.

Com s'ha comentat, aquest treball és una primera aproximació al fenomen de la mirmecocòria, en aquest cas a la serra de Collserola. Com en altres tipus de dispersió, o en aquest mateix però en d'altres zones, s'ha d'avaluar la importància d'aquest procés a les zones d'estudi. Un segon pas és veure fins a quin punt aquestes espècies, i d'altres possibles depredadors de llavor, fan reduir la quantitat de llavors produïdes per les espècies de plantes mirmecocores. Això implicaria avaluar la probabilitat que una llavor pugui interaccionar amb una formiga granívora, la qual cosa vindrà determinada per la densitat de nius de les diferents espècies de formigues, l'activitat d'aquestes i la relació entre les

hores d'activitat dels diferents tipus de formigues i els períodes de dehiscència de les llavors de les plantes mirmecòcoles.

Existeixen pocs treballs sobre mirmecòria a la zona mediterrània (DANIN & YOM-TOV, 1990; PACINI, 1990; BAIGES, ESPADALER & BLANCHE 1991). Molts dels treballs sobre el fenomen s'han realitzat a Austràlia i Sud-àfrica, sobretot en zones de vegetació esclerofil·la per avaluar les diferents hipòtesis proposades per explicar la mirmecòria. La manca de dades sobre el tema a la zona mediterrània fa impossible la comparació de resultats entre zones del mateix tipus de vegetació i clima dels dos hemisferis; no solament per avaluar la importància del fenomen en aquesta zona de l'hemisferi nord, sinó per comparar quines de les hipòtesis són vàlides i quines no per a l'explicació del procés de dispersió de llavors per formigues.

AGRAÏMENTS

Agraïm al Dr. X. Espadaler de la Universitat Autònoma de Barcelona i al Dr. D. Suñer de la Universitat de Girona l'assessorament durant la realització del present treball. Agraïm a Sofia Sempere la seva col·laboració.

Aquest treball s'ha fet dins el marc del projecte PB-91-0482 finançat per la DGICYT.

REFERÈNCIES

- ANDERSEN, A. N., 1988. Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. *Oecologia*, 75: 507-511.
- BAIGES, S., ESPADALER, X. & BLANCHE, C., 1991. Seed dispersal in west Mediterranean *Euphorbia* species. *Botanika Chronika*, 10: 697-705.
- BEATTIE, A. J., 1985. *The evolutionary ecology of ant-plant mutualism*. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- BEATTIE, A. J. & CULVER, D. C., 1983. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. *Oecologia*, 56: 99-103.
- BERG, R. Y., 1966. Seed dispersal of *Dendromecon*: Its ecologic, evolutionary and taxonomic significance. *Amer. J. Bot.*, 53: 61-73.
- 1975. Fruit, seed and myrmecochorus dispersal in *Micrantheum* (Euphorbiaceae). *Norw. J. Bot.*, 22: 173-194.
- BOND, W. J. & SLINGSBY, P., 1983. Seed dispersal by ants in shrublands of the Cape Province and its evolutionary implications. *S. Afr. J. Science*, 79: 231-233.
- BRESINSKY, A., 1963. Bau, Entwicklungsgeschichte und Inhaltstoffe der elaiosomen. *Bibliotheca Botanica*, 126: 1-54.
- CULVER, D. C. & BEATTIE, A. J., 1980. The fate of *Viola* seeds dispersed by ants. *Amer. J. Bot.*, 67: 710-714.
- DANIN, A. & YOM-TOV, Y., 1990. Ant nest as a primary habitats of *Sylibum marianum* (Compositae). *Pl. Syst. Evol.*, 169: 209-217.
- HANDEL, S. N., 1976. Dispersal ecology of *Carex pedunculata* (Cyperaceae), a new north american myrmecochore. *Amer. J. Bot.*, 63: 1071-1079.
- HANDEL, S. N., 1978. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. *Evolution*, 32: 151-163.

- HANZAWA, F. M., BEATTIE, A. J. & CULVER, D. C., 1988. Directed dispersal: Demographic analysis of an ant-seed mutualism. *Am. Nat.*, 131: 1-13 .
- HEITHAUS, E. R., 1981. Seed predation by rodents on three ant-dispersed plants. *Ecology.*, 62: 136-145
- HOLMES, P. M., 1990. Dispersal and predation in alien Acacia. *Oecologia.*, 83: 288-290.
- MAJER, J. D., 1982. *Ant-plant interactions in the Darling botanical district of Western Australia*. In: A. R. C. Buckley (ed.), *Ant-plant interactions in Australia*. Junk, The Hague. pp. 45-61.
- O'DOWD, D. J. & HAY, M. E., 1980. Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seed escape from rodents. *Ecology*, 61: 531-540.
- PACINI, E., 1990. *Mercurialis annua* (Euphorbiaceae) seed interactions with the ant *Messor structor*. *Acta Bot. Neerl.*, 39(3): 253-262.
- RICE, B. & WESTOBY, M., 1986. Evidence against the hypothesis that ant-dispersed seed reach nutrient, enriched microsites. *Ecology*, 67: 1210-1274.
- SERNANDER, R., 1906. *Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmecochoren*. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien Handlingar, 41: 1-407.
- SKIDMORE, B. A. & HEITHAUS, E. R., 1988. Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. *J. Chem. Ecol.*, 14: 2185-2196.
- SUÑER, D., 1991. *Contribució al coneixement mirmecològic de Gavarres, Montgrí, Guillerries i la Serralada Transversal*. Tesi Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 577 p.
- VAN DER PIJL, L., 1972. *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer-Verlag. New York.
- WESTOBY, M. & RICE, B., 1981. A note on combining two methods of dispersal for distance. *Aust. J. Ecol.*, 6: 189-192.