

## FORMIGUES DISPERSANTS DE LLAVORS D'*Euphorbia nicaeensis* All. (Euphorbiaceae) EN UNA BROLLA DE ROMANÍ I BRUC D'HIVERN A LA VALL DE SANT DANIEL (GIRONA)

C. Gómez<sup>1</sup>, D. Suñer<sup>1</sup> i X. Espadaler<sup>2</sup>

1.- Departament de Ciències Ambientals. Universitat de Girona. Pl. Hospital, 6, 17071 Girona

2.- CREAIF, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra

---

### RESUM

En aquest estudi hem comprovat el procés de dispersió de llavors d'*Euphorbia nicaeensis* All. per formigues (mirmecòcoria) en una brolla (*Rosmarino-Ericion*) de la vall de Sant Daniel (Girona). *Pheidole pallidula* és l'espècie més important en aquest procés. *Aphaenogaster senilis* i *Tapinoma nigerrimum* també són dispersants, però la seva importància relativa és menor. Hem valorat la presència de l'eleosoma a les llavors com a determinant en la resolució positiva de la dispersió. *Tapinoma nigerrimum* presenta la reacció de transport després del contacte amb les llavors més clara de totes les espècies estudiades. Hem comprovat la pauta de comportament dispersiu de *P. pallidula* al principi i final de l'època de maduració de *E. nicaeensis*, i no hem trobat diferències en les seves reaccions.

### RESUMEN

En este estudio hemos comprobado el proceso de dispersión de semillas de *Euphorbia nicaeensis* All. por hormigas (mirmecocoria) en una parcela de matorrales claros (*Rosmarino-Ericion*) del valle de San Daniel (Girona). *Pheidole pallidula* es la especie más importante en este proceso. *Aphaenogaster senilis* y *Tapinoma nigerrimum* también son dispersantes, pero su importancia relativa es menor. Se ha valorado la presencia del eleosoma en las semillas de *E. nicaeensis* como determinante para que se dé el proceso de dispersión. *Tapinoma nigerrimum* presenta la reacción de transporte, tras el contacto con las semillas, más clara de todas las especies estudiadas. Hemos comprobado la pauta de comportamiento de dispersión de *P. pallidula* al comienzo y final de la época de maduración de *E. nicaeensis*, no encontrando diferencias entre ambos momentos.

### ABSTRACT

Seed dispersal of *Euphorbia nicaeensis* All. by ants (myrmecochory) has been studied in a shrub plot (*Rosmarino-Ericion*), in St. Daniel valley (Girona, NE Spain). The most important ant involved in this process is *Pheidole pallidula*. *Aphaenogaster senilis* and *Tapinoma nigerrimum* are also seed dispersers, but their relative importance is smaller. Presence of elaiosome in *E. nicaeensis* seeds has been checked as an essential factor in the positive answer of seed dispersal. The ant that shows the clearest transport reaction after seed contact is *Tapinoma nigerrimum*. No significant differences on the behaviour of *P. pallidula* towards seeds at the beginning and at the end of *E. nicaeensis* dehiscence period have been detected.

**Keywords:** Ants, elaiosome, *Euphorbia nicaeensis*, myrmecochory, *Pheidole pallidula*, seed dispersal.

---

## 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 i Hay, 1980, Heithaus, 1981, Holmes, 1990), la fugida de la competència vers els progenitors (Handel, 1976, 1978), la dispersió per distància més enllà dels límits d'altres mecanismes de dispersió (Berg, 1966, Westoby i Rice, 1981), la relocalització de les llavors en llocs amb una concentració més gran de nutrients per germinar (Culver i Beattie, 1980; Beattie i Culver, 1983; Rice i Westoby, 1986; Hanzawa *et al.*, 1988) i la fugida de ser cremades en possibles incendis per quedar relocalitzades a dins els formiguers (Berg 1975, Majer 1982, Bond i Slingsby 1989). Sernander va definir el tipus *Euphorbia* com un dels tipus de dispersió en que 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 llavor 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 i Heithaus, 1988). Un fet important de la mirmecocòria és que l'embrió no queda malmès per les formigues durant el transport i la manipulació, és totalment viable (Pijl, van der, 1972). La lleteresa nicensa, *Euphorbia nicaeensis* All. (Euphorbiaceae), presenta uns fruits en forma de càpsula trilobada, dins la qual podem trobar tres llavors. Aquestes llavors tenen un petit eleosoma i una vegaada han madurat són llançades balísticament. En aquest treball hem comprovat la segona fase dispersiva, determinant les espècies de formigues responsables d'aquest procés en una zona de brolles (*Rosmarino-Ericion*) orientada a solell, situada a la vall de Sant Daniel (Girona).

Aquest treball és la segona cita de la mirmecocòria a la península Ibèrica. La primera va ser presentada per Baiges, Espadaler i Blanché l'any 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, final de juny i primers dies de juliol de 1993. Es va provocar l'explosió de les càpsules al laboratori per obtenir llavors. Aquestes van servir per determinar les espècies 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 fins a 20 llavors a diferents obreres de cadascuna de les espècies. Aquests oferiments es van realitzar dins el temps de maduració de *E. nicaeensis*.

Les espècies que van donar un resultat del test de transport positiu van ser sotmeses a un segon test. Se'ls va oferir eleosomes separats artificialment de la llavor per un costat, i per l'altre s'oferia la llavor sense eleosoma. L'objectiu d'aquesta segona prova era veure si l'eleosoma era el desencadenant del transport.

La reacció de cada formiga, durant la interacció amb les llavors senceres, eleosomes i llavors sense eleosoma, va ser registrada en quatre categories de comportament: 1. "sense resposta"; 2. "antenació", la formiga inspecciona la llavor amb les seves antenes en un curt període de temps i l'abandona sense intentar agafar-la; 3. "intent de transport", la formiga fa servir les antenes i les peces bucals, intenta moure la llavor, però el transport es limita a 1-2 cm i l'abandona; 4. "transport", la formiga reacciona ràpidament, l'agafa amb les mandíbules i no l'abandona. D'altres autors han fet servir unes altres classificacions de les reaccions de les formigues (Andersen, 1988; Oostermeijer, 1989).

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

$$I. \text{ transport} = \frac{\text{nre. de casos categoria 4}}{\text{total d'ofertiments}}$$

Així parlarem de  $I_{ll}$  = índex de transport de les llavors,  $I_e$  = índex de transport dels eleosomes i  $I_t$  = índex de transport de la llavor sense eleosoma.

La llista d'espècies trobades com a dispersants es va comparar amb la llista de categories poblacionals de la mirmecocenosi feta per Suñer (1991) en zones de brolles de romaní i bruc d'hivern per establir la importància relativa de cada espècie en la mirmecocòria de *E. nicaeensis*.

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

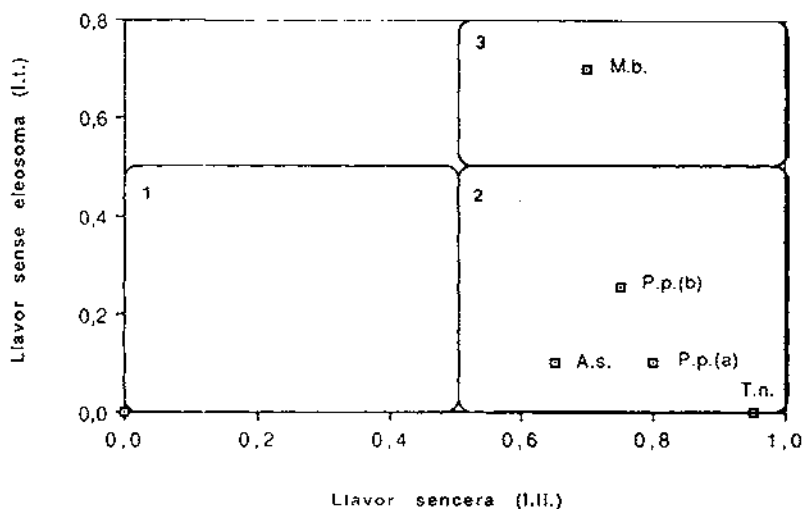
Es van trobar 9 espècies actives: *Aphaenogaster senilis*, *Cataglyphis piliscapus*, *Camponotus aethiops*, *Camponotus cruentatus*, *Camponotus piceus*, *Messor barbarus*, *Pheidole pallidula*, *Plagiolepis pygmaea* i *Tapinoma nigerrimum*. Es van oferir llavors senceres a totes menys a *P. pygmaea*, a causa de la mida tan petita d'aquestes formigues. Aquesta espècie no pot carregar ni transportar llavors de *E. nicaeensis*. De les 8 espècies restants solament 4 presenten un índex de transport de llavors ( $I_{ll}$ ) > 0,5; són *A. senilis*, *M. barbarus*, *P. pallidula* i *T. nigerrimum*, que poden considerar espècies potencialment dispersants de llavors. En tots els casos les llavors van ser conduïdes dins el formiguer. També es van donar transports de llavors vers el niu en el cas de *Cataglyphis piliscapus*, que podem considerar com a testimonial. (Taula 1).

El resultat del segon test per determinar la funció de l'eleosoma com a element desencadenant del procés, discrimina *M. barbarus* de la resta d'espècies (Taula 2, figura 1). El grup format per *P. pallidula*, *A. senilis* i *T. nigerrimum* presenta un índex de transport de l'eleosoma  $I_e$  > 0,5 i un índex de transport de la testa  $I_t$  < 0,5. *M. barbarus* presenta l'índex de transport de l'eleosoma i de la llavor sense eleosoma > 0,5. Amb aquests resultats podem dir que l'eleosoma és l'element desencadenant de la dispersió en el cas del grup que té diferent comportament al davant de l'eleosoma i de la llavor sense eleosoma. No podem dir el mateix de *M. barbarus*. En aquest cas la presència de l'eleosoma no provoca una major atenció envers les llavors. Això confirma el fet que aquesta espècie és recolectora de granes per excel·lència i reacciona igual davant de llavors amb eleosoma i sense. És una espècie granívora i podem assegurar que la destinació final de la llavor passa de ser una dispersió a una predació. Aquest raonament fa descartar *M. barbarus* com a espècie

Especie	Categories de comportament				Índex de transport III
	1	2	3	4	
<i>Aphaenogaster senilis</i>	5	1	1	13	0,65
<i>Camponotus aethiops</i>	20	0	0	0	0
<i>Camponotus cruentatus</i>	13	0	0	0	0
<i>Camponotus picens</i>	20	0	0	0	0
<i>Cataglyphis piliscapus</i>	9	4	4	3	0,15
<i>Messor barbarus</i>	0	4	2	14	0,7
<i>Pheidole pallidula</i> (a)	0	2	2	16	0,8
<i>Pheidole pallidula</i> (b)	4	1	0	15	0,75
<i>Tapinoma nigerrimum</i>	0	0	1	19	0,95

a= 30/06/93, b= 27/07/93

**Taula 1:** Reacció després del contacte amb les llavors de les espècies actives (1= no respon, 2= antenació, 3= intent de transport, 4= transport) i valor de l'índex de transport ( $I_n$ = nombre casos categoria 4/ nombre total d'ofertiments)



**Figura 1:** Diferenciació dels tres grups de formigues trobats en relacionar l'índex de llavors senceres i llavors sense eleosoma (1= no dispersants, no transporten cap tipus de llavor o els seus índexs són menors de 0,5; 2= dispersants, transporten solament llavors amb eleosomes; 3= granívores, transporten llavors amb eleosomes i sense, l'objectiu del transport en aquest cas és la llavor i no l'eleosoma).

A.s.= *Aphaenogaster senilis*, M.b.= *Messor barbarus*, P.p.= *Pheidole pallidula* (a= 30/06/93), b= 27/07/93), T.n.= *Tapinoma nigerrimum*.

Espècie	eleosomes					llavors sense eleosoma				
	1	2	3	4	Ie	1	2	3	4	It
<i>Aphaenogaster senilis</i>	5	0	0	14	0,7	17	1	0	2	0,1
<i>Messor barbarus</i>	2	0	0	18	0,9	2	1	3	14	0,7
<i>Pheidole pallidula</i> (a)	0	0	0	20	1	5	9	4	2	0,1
<i>Pheidole pallidula</i> (b)	0	0	0	20	1	12	3	0	5	0,25
<i>Tapinoma nigerrimum</i>	1	1	1	17	0,85	13	3	4	0	0

a= 30/06/93, b= 27/07/93

**Taula 2:** Reacció després del contacte amb eleosomes i llavors sense eleosoma agrupats en categories de comportament (1= no respon, 2= antenació, 3= intent de transport, 4= transport). Ie= índex de transport dels eleosomes, It= índex de transport de les llavors sense eleosomes. Valor de l'índex de transport (casos categoria 4/ nombre total d'ofertments)

dispersant de llavors de *E. nicaeensis*, fora de la possibilitat d'una dispersió accidental provocada per la pèrdua de la llavor quan és transportada.

Si comparem els resultats amb les dades de la mirmecocenosi obtingudes per Suñer (1991) veiem que *P. pallidula* es considera espècie dominant de les brolles de romaní i bruc d'hivern. Trobem *A. senilis* en la segona categoria, com a espècie freqüent. L'última espècie dispersant, *T. nigerrimum*, és considerada com a espècie rara (Taula 3)

Si ens fixem en els comportaments d'aquestes espècies després del contacte amb les llavors (Taula 2) trobem que *T. nigerrimum* és la formiga que té una resposta més clara. Presenta 19 respostes (95%) de tipus 4 (transport) al davant de les 15 i 16 (75-80%) de *P. pallidula* i les 13 (65%) de *A. senilis*. En el cas de *P. pallidula*, les dades del seu comportament al començament (P.p.a 30/6/93) i al final (P.p.b 27/7/93) de l'època de maduració no són significativament diferents (chi quadrat= 6,366, p= 0,095).

Tots els resultats indiquen que *P. pallidula* és l'espècie més important en la mirmecòria de *E. nicaeensis* en la zona d'estudi.

<b>BROLLES DE ROMANÍ O BRUC D'HIVERN</b>	
<b>Espècies dominants</b>	
	<i>Pheidole pallidula</i> <i>Plagiolepis pygmaea</i>
<b>Espècies freqüents</b>	
	<i>Aphaenogaster senilis</i> <i>Messor barbarus</i> <i>Tapinoma ambiguum</i> <i>Camponotus sylvaticus</i> <i>Camponotus foreli</i> <i>Camponotus piceus</i> <i>Formica subrufo</i>
<b>Espècies rares</b>	
	<i>Myrmica specioides</i> <i>Aphaenogaster gibbosa</i> <i>Aphaenogaster dulcinea</i> <i>Messor capitatus</i> <i>Messor bouvieri</i> <i>Solenopsis sp.</i> <i>Leptothorax recedens</i> <i>Leptothorax specularis</i> <i>Tetramorium caespitum</i> <i>Tapinoma nigerrimum</i> <i>Lasius niger</i> <i>Lasius flavus</i> <i>Camponotus cruentatus</i> <i>Cataglyphis cursor</i> <i>Formica cunicularia</i>

**Taula 3:** Categories poblacionals de brolles de romaní i bruc d'hivern. (Suñer, 1991).

## AGRAÏMENTS

Agraïm al Dr. L. Vilar les seves aportacions, i a Sofia Sempere i Gemma Vila la seva col·laboració.

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

## Bibliografia

- ANDERSEN, A. N. 1988. Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. *Oecologia*. 75: 507-511.
- BAIGES, S., ESPADALER, X., BLANCHÉ, 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* (Berlín). 56: 99-103.
- BERG, R. Y. 1966. Seed dispersal of *Dendromecon*: Its ecologic, evolutionary and taxonomic significance. *Amer. J. Bot.* 53: 61-73.
- BERG, R. Y. 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.
- 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. A. R. C. Buckley (ed.), *Ant. plant. interactions in Australia*. Junk, The Hague. pàg. 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.
- OOSTERMEIJER, J. 1989. Myrmecochory in *Poligala vulgaris* L., *Luzula capensis* (L.) DC. and *Viola curtisii* Forster in a dutch dune area. *Oecologia*. 78: 302-311.

- PIJL, L. van der. 1972. *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer-Verlag. New York.
- RICE, B., WESTOBY, M. 1986. Evidence against the hypothesis that ant-dispersed seed reach nutrient, enriched microsites. *Ecology*. 67: 1270-1274.
- 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 pp.
- WESTOBY, M., Rice, B. 1981. A note on combining two methods of dispersal for distance. *Aust. J. Ecol.* 6: 189-192.