

La importancia de la comunicación en la ciencia y la tecnología: La polinización de las higueras (Moraceae Ficus) desde Aristóteles (384 – 322 A.C.)

Autor: William Ramírez Benavides

Escuela de Fitotecnia Universidad de Costa Rica.

e-mail clizano@yahoo.com

Introducción: Las avispas asociadas con los higos (Moraceae, Ficus) pertenecen a la familia Agaonidae, subfamilia Agaoninae. El hombre ha cultivado el higo comestible (F. carica) desde tiempos inmemoriales y muy pronto descubrió que había dos clases de árboles: unos machos (o "capri") que producían higos no comestibles de donde eclosionaban unos pequeños insectos "psen" y otros hembra (higos "esmirna"), con higos dulces y comestibles. La caprificación de los higos (polinización inducida por el hombre) es tan vieja como el cultivo del higo comestible (Eisen, 1896). El nombre chino para el higo significa 'una fruta sin flores'.

Publique o perezca: Aristóteles (cerca de 340 A.C.), uno de los eruditos mejor informados, escribió sobre la función de las pequeñas "psen" en la maduración de los higos, postulando que cuando el pequeño insecto penetraba los higos (siconos), los mordía, cerraba el ojo (el ostiolo) previniendo la entrada del aire en los frutos ocasionando la maduración. Teofrasto (372 – 287 a.C.) consideró al higo como una planta sin flores dio una explicación clara sobre la caprificación e informó que había dos razas de higos, uno que requería caprificación para poder madurar los frutos y otro que sostenía los frutos sin caprificación. El postuló que cuando los "psen" penetraban el higo comestible a través del ojo, lo mordían haciéndolo más grande, causando que los jugos fluyeran, liberándose humores y que el calor y la fermentación producida por el efecto del aire, inducía la maduración de los higos. Galil y Bar-Shalon (1973) descubrieron y comprobaron que los higos de Ficus religiosa producen etileno cuando sus avispas polinizadoras eclosionan en los higos y que esos gases hacen que el higo madure.

Tradición: Por aproximadamente veinte siglos hasta Linnaeus (1707-78) se siguió repitiendo las ideas de Aristóteles y sus discípulos. Linnaeus 1749, (ver Eisen, 1896), descubrió la verdadera función de la caprificación y la función de las avispas "psen" de los antiguos como trasmisores del polen y provocadores de la fecundación. Filippo

Cavolini 1782 (ver Eisen, 1896) publicó sobre la caprificación, concluyendo que la polinización causaba que los jugos del higo fluyeran más libremente lo que conducía a la maduración y la producción de semillas. Guglielmo Gasparriani 1845 a 1862 (ver Eisen, 1896) concluyó que la caprificación no tenía ninguna función, que era una práctica producto de la tradición que debiera ser abolida. Eisen (1896) siguió las ideas de Gasparriani, sin embargo, informó que las avispas de los higos salían del higo, donde se desarrollaban, literalmente cubiertas de polen, que sin la avispa no se producían semillas fértiles y que las flores masculinas no maduraban si no eran estimuladas por la acción mecánica de las avispas, como había sido observado por Cunningham (1986).

Finales del siglo XIX hasta 1969: La idea prevaleciente hasta mediados del siglo XX fue que las avispas polinizadoras de los higos llevaban el polen espolvoreado en el cuerpo y que la polinización era accidental o pasiva. (Eisen, 1886; Müller, 1886; Howard; 1900; Knuth, 1906; Rixford, 1918; Condit, 1918, 1920; Grandi 1920 y Pemberton, 1921). Desde 1950 hasta 1970 solo 5 personas estaban estudiando la asociación Ficus-agaonidae: Guido Grandi en Italia, Kuttamathiathu Joseph en India, Dennis S. Hill en Hong Kong, Jacob T. Wiebes en Holanda y William Ramírez en Costa Rica.

Nuevas observaciones y estudios sobre la biología e interacción higos-polinizadores: Estudios detallados sobre la biología e interacción Ficus-agaonidae fueron hechos por Grandi (1920), Joseph (1958), Hill (1967) y posteriormente por Galil y sus estudiantes (Galil y Esikowitch, 1968 ab, 1971, 1974), Galil et al., 1963 y Ramírez (1974 ab), Grandi (1916-1963) describió muchas especies de polinizadores (ver Wiebes, 1966) incluyendo especies costarricenses (Grandi, 1919). Ramírez (1974 b) usó por primera vez el término coevolución refiriéndose a la asociación Ficus – polinizadores. Los estudios biológicos hechos por Galil y asociados y Ramírez, así como aquellos sobre la especificidad de los polinizadores (Ramírez, 1974; Wiebes, 1965) llevaron a entender mejor la taxonomía, filogenia y la coevolución de la interacción Ficus-agaonidae.

Quien publica primero 1969 un hito en la historia de la polinización de Ficus: Ramírez (1969), Galil y Esikowitch (1969) y Chopra y Kaur (1969) encontraron individualmente en diferentes continentes que algunos grupos de avispas polinizadores poseían estructuras especiales (sacos o corbículas) donde transportaban el polen y que la polinización era activa o etodinámica. Ramírez y Malavasi (1997) encontraron que

algunos agaonidos (e.g. Pleistodontes spp.) tienen cavidades para transportar polen en los escapos (base de la antena).

Ver o no ver, e ahí el éxito de los descubrimientos: los sacos esternales y corbículas para llevar polen habían sido ilustradas antes de 1969 por varios autores e.g., Grandi (1916,1917 a y b, 1919, 1927); Mangabeira Filho (1937), Galil y Eisikowitch (1968). Casualmente, Grandi (1917 b) ilustró los sacos esternales de Ceratosolen arabicus, cuya función iba a ser descubierta por Galil y Eisikowitch (1969).

Ficus-Agaonidae después del año 1950: los estudios biológicos y las publicaciones hechas por Joseph (1958-1966) y por el grupo de Galil y los estudios taxonómicos de Wiebes de 1961 en adelante, de Ramírez 1970 b y otros autores llevaron a entender mejor la taxonomía, la filogenia, la especificidad, la sistemática y la coevolución tanto de los higos como de sus avispas y otros organismos asociados (Wiebes, 1979; Ramírez, 1970 a b, 1977, 1978). Sus descubrimientos y publicaciones crearon una nueva escuela de investigación. Actualmente cerca de 100 investigadores trabajan directa o indirectamente con los higos y sus avispas asociadas, algunos de ellos con más de 10 publicaciones en revistas de fama mundial. Grupos interdisciplinarios estudian las interrelaciones, ecología y evolución de avispas no polinizadoras de los higos (West et al. 1996), la genética evolucionaria (Herre, 1996), las asociaciones de la interacción Ficus-Agaonidae con ácaros (Herre, 1993), nematodos y bacterias transportadas por las avispas. Además se hacen estudios sobre el DNA mitocondrial para entender la filogenia de los higos y sus avispas (Machado, et al. 1996., Herre, 1996) y otros organismos asociados (Herre, 1996). La interrelación Agaonidae- Ficus-libélulas - peces sirvió para entender la presencia de polen fosilizado de higos en sedimentos cuaternarios (Horn y Ramírez, 1990).

Referencias

- Chopra, R.N, y H. Kaur. 1969. Pollination and fertilization in some Ficus species. Beitr. Biol. Pflanzen 45:441-446.
- Condit, I. 1918. How the female Blastophaga wasp works. California Comm.Hort. Mont. Bull. 7:538-540.
- Condit. I. 1920. Caprifigs and caprification. Univ. California Pub. Bull. 319 575
- Cunningham, D.D. 1889. On the phenomena of fertilization in Ficus roxburghii Wall. Ann. Roy. Bot. Gdn. Calcutta 1. (Apendix) 13 51.
- Eisen, G. 1896. Biological studies of figs, caprifigs and caprification. California Acad. Sci. 2d, Ser. 5:897-1003.

- Galil, J. y D. Eisikowitch. 1968 b. On the pollination ecology of Ficus sycomorus in East Africa. *Ecology* 49:259-269 .
- Galil, J. y D. Eisikowitch. 1969. Further studies on the pollination ecology of Ficus sycomorus (Hymenoptera, Chalcidoidea, Agaonidae. *Tijds. Ent.* 112:1-13.
- Galil, J. y D. Bar Shalon. 1973. Carbon dioxide and ethylene effects in the coordination between the pollinator Blastophaga quadraticeps and the syconium in Ficus religiosa. *New Phytol.* 72:1113-1127.
- Galil, J., W. Ramírez B. y D. Eisikowitch. 1973. Pollination of Ficus costaricana and F. hemsleyana by Blastophaga estherae and Blastofaga tonduzi in Costa Rica (Hymenoptera, Chalcidoidea, Agaonidae). *Tija. Ent* 116:175-183
- Grandi, G. 1916. Contributo alla conoscenza degli Agaonini (Hymenoptera, Chalcididae) di Ceylan e dell' India. *Boll. Lab. Zool. Portici* 11:183-324.
- Grandi, G. 1917 a. Contibuto alla conscenza degli Agaoninae (Hymenoptera, Chalcididae) de Giava. *Boll.Lab. Portici* 12:3-60.
- Grandi, G. 1927. Imenotteri sicofili raccolti dal Prof. F Silvestri nell Indocina, nella Cina, nella penisola Malacca e la Formosa I Agaonini.
- Grandi, G. 1917 b. Contributo a lla conoscenza degli Agaonini (Hymenoptera Chalcididae) della Eritra e dell Uganda. *Boll. Lab. Soc. Ent. Italia* 48:3-42.
- Grandi, G. 1919. Contributo alla conoscenza degli Agaonini (Hymenoptera , Chalcididae) dell America. *Boll Lab. Zool. Portici* 13 15- 56.
- Grandi, G. 1920. Studio morfologico e biologico della Blastophaga psenes (L). *Boll. Lab. Zool. Portici* 14:63-204.
- Herre, E.A. 1989. Coevolution and reproductive characteristics in twelve species of new world figs and their pollinator wasps. *Experiencia* 45:637-647
- Herre, E.A. 1993. Population structure and the evolution of virulence in nematode parasites of fig wasp. *Science.* 259-1442-1445.
- Herre, E.A. 1996 a. an overview of studies and community of Panamanian figs. *J. Biography* 23:593-607.
- Herre, E. A. 1996 b. Relation of fig fruit characteristics to fruit – eating bats in the New World and Old World. *J. Biog.* 23 565- 576.
- Hill, D. S. 1967. Fig wasps (Chalcidoidea) of Hong Kong I. Agaonidae. *Zool. Meded. Leiden.* No 89:1-55.
- Horn, S. y Ramírez. 1990. On the occurrence of Ficus pollen in Neotropical quaternary sediments. *Palinology* 14 3-6.
- Howard, L. D. 1900. Smyrna fig culture in the United States. U.S. Dpt. Agric. Year Book 79 106.
- Joseph, J. K. 1958. Recherches sur les chalcidiens Blastophaga psenes (L.) et Philotrypesis caricae (L.) du figuier Ficus carica (L.). *Ann. des Sci. Nat. Zool.* 20:197-260.
- Joseph, J. K. y U. C. Abdurahiman. 1984. Agaonid –Ficus interactions with special referente to pollination ethology. *Proc. Indian Acad. Sci.* 93 365-372.
- Knuth, P. 1906. Pollination of yucca and Ficus. In *Handbook of Flowering pollination.* Oxford Clarendon Press. 103 105.
- Machado, C. .A., E. A. Herre., S. McCafferty y E. Bermingham. 1996. Molecular phylogenies of fig pollinating and nonpollinating wasps and the implication of the origin and evolution of the fig wasp mutualism . *J. Biography* 23 531 542.

- Muller, F. 1886. On fig insects. Pro.Ent. Soc. London 10 11.
- Mangabeira Filho, O. 1937. Contribucao ao conhecimento dos insectos que viven en figos de Brasil. Mem. Ins. Oswaldo Cruz 32:461-468.
- Pemberton, C. E. 1921. The fig wasp in its relation on the development of fertile seed in the Moreton Bay fig. Hawaiian Plant. Rec. 24:297-319.
- Ramírez B., W. 1969. Fig wasps mechanisms of pollen transfer. Science 163:580-581.
- Ramírez B., W. 1970 a. Host specificity of fig wasp (Agaonidae). Evolution 24:681-691.
- Ramírez B., W. 1970 b. Taxonomic and biological studies of Neotropical fig wasp. Univ. Kansas Sci. Bull. 49 (1) 1 49.
- Ramírez. B., W. 1974. Coevolution of Ficus and Agaonidae. Ann. Missouri Bot. Gard. 61:770-780.
- Ramírez. B., W. 1977. A new classification of Ficus . Ann. Missouri Bot. Gard. 64:296-310.
- Ramírez. B., W. 1978. Evolution of mechanisms to carry pollen in Agaonidae (Hymenoptera Chalcidoidea). Tijd. voor Ent. 121:279-293.
- Ramírez, B., W. y J. Malvasi 1997. Fig wasp mechanisms of pollen transfer in Malvanthera and Pharmacosycea figs (Moraceae) Rev. Biol. Trop. 45 1633-1640.
- Rixford, G.P. 1918. Smyrna fig culture United States Dept. Agric. Bull. 732:1
- Wiebes, J. T 1961.
- Wiebes, J. T. 1966. Provisional host catalog of figs and fig wasps (Hymenoptera Chalcidoidea). Zool.verh. (13) 1 44
- Wiebes, J. T. 1979. Coevolution of figs and their insect pollinators. Ann. Rev. Ecol. and Syst. 10 12.
- Wiebes, J. T. 1982. The phylogeny of the Agaonid (Hymenoptera, Chalcidoidea) Neth. J. Zool. 32:395-411.