

**“CUERPOS DE SETA” EN EL SISTEMA OLFATIVO DE *Macrodactylus nigripes* BATES
(COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA: MELOLONTHIDAE)**

Kareem Martínez-Bonilla, Angel Alonso Romero-López y Salvador Galicia-Isasmendi. Escuela de Biología, BUAP, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio Edificio 112-A, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel C. P. 72570 Puebla, Puebla. Correo electrónico: majestic12kosmos@gmail.com; alonso.romerolopez@correo.buap.mx; salgalic@gmail.com.

RESUMEN: Se trabajó con adultos de *Macrodactylus nigripes* (Bates), una especie con importancia agroeconómica que ha sido considerada previamente como modelo de estudio en aspectos de ecología química. Los “cuerpos fungiformes” o “cuerpos de seta” (CS) en estos insectos, son un par de estructuras lobuladas que flanquean al protocerebro medio y a los lóbulos olfativos (LO); todos ellos se ubican en la región central del cerebro del insecto. Los CS están formados por las células de Kenyon, el *calix* y el pedúnculo. Se observaron también los nervios antenales y los nervios ópticos en las zonas correspondientes a las antenas y ojos compuestos, respectivamente. Se discute la importancia de estas estructuras para la detección y recepción de estímulos químicos en los “melolónidos”, con énfasis en la posible participación de los CS y los LO en la comunicación química de *M. nigripes*.

Palabras clave: Melolónidos, sistema nervioso central, protocerebro, recepción de estímulos, comunicación química.

“Mushroom bodies” in the olfactory system of *Macrodactylus nigripes* (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae)

ABSTRACT: We worked with adults *Macrodactylus nigripes* (Bates), a species with agro-economic importance that has been previously considered as a model study in studies of chemical ecology. The “mushroom bodies” (MB) are a pair of lobed structures flanking the protocerebrum and olfactory lobes (OL); all are located in the central region of the protocerebrum. The MB are composed of Kenyon cells, *calyx* and peduncle. The antennal and optic nerves at the level of antennae and eye compounds, respectively, were observed. The importance of these structures for the detection and reception of chemical stimuli in “melolonthids”, with emphasis on the possible participation of the MB and the OL in the chemical communication of *M. nigripes* is discussed.

Key words: Melolonthids, central nervous system, protocerebrum, signals reception, chemical communication.

Introducción

En los insectos, el principal mediador de las respuestas olfativas es el cerebro. Los lóbulos olfativos (LO) o antenales constituyen la primera estación sináptica de las rutas aferentes, ya que éstos reciben señales de las neuronas que están en las antenas olfatorias y posteriormente envían la respuesta al cerebro (Panov, 2009). Los “cuerpos de seta” (CS) o “mushroom bodies” son estructuras ubicadas en la región central del protocerebro de algunos insectos. Se ha documentado que los CS están estrechamente relacionados con los LO y son elementos fundamentales en la detección de sustancias químicas en algunos grupos de coleópteros (Strausfeld, 2002; Strausfeld *et al.*, 2009). Estas estructuras presentan una intrincada y extensa red de conexiones que a partir de un solo neurópilo parte hacia dos neurópilos completamente separados, los cuales están implicados en los procesos de aprendizaje y memoria (Larsson *et al.*, 2004; Farris y Roberts, 2005).

En el caso de los coleópteros de la familia Melolonthidae (melolónidos), únicamente algunos reportes aislados, como los de *Cetonia aurata* (Linnaeus) y *Oxythyrea funesta* (Poda) (Panov, 2009) han abordado el papel que desempeñan los CS en la recepción de sustancias químicas. Para el caso de especies distribuidas en México, a pesar de que ya se han venido atendiendo aspectos relacionados con

la comunicación química de este grupo de coleópteros en los cuales, los machos son los que captan los atrayentes sexuales (Romero-López *et al.*, 2010; Romero-López, 2012), aún se desconoce la morfología y anatomía general del sistema nervioso, particularmente de las estructuras involucradas en el proceso olfativo.

Por ello, en el presente documento se realiza un primer esfuerzo por obtener información morfológica acerca de los CS y los LO de la región cefálica de adultos de *Macroductylus nigripes* (Bates). Con esto, se pretende complementar también el conocimiento básico sobre la comunicación química y el comportamiento de este grupo de insectos.

Materiales y Método

Se realizaron disecciones de adultos de *M. nigripes*, colectados en zonas de cultivo de San Pablo del Monte, Tlaxcala. Se identificaron los individuos a nivel de especie con base en los criterios taxonómicos de Arce-Pérez y Morón (2000) y se sexaron. Se observó que los adultos cuentan con una cabeza oblonga y alargada u ovalada y sus antenas poseen nueve artejos; el abdomen tiene seis esternitos visibles con una vestidura densa debido a las sedas y su coloración va de blanquecina a rojiza, pasando por gris amarillenta y amarillentos verdosos. Los colores de las sedas más la asociación de la microestructura del integumento puede dar aspectos brillantes, con destellos color azul acero, verde amarillento o lustro. Los adultos también presentan unas patas largas y delgadas que le confieren el nombre al género. El carácter distintivo para diferencias entre hembras y machos, es la forma del abdomen: en las hembras es ancho, muy convexo y voluminoso, con pequeñas sedas dispersas o acumuladas en la parte central, mientras que en los machos es estrecho y cóncavo en una vista lateral, con hileras oblicuas de sedas espiniformes cortas o largas a cada lado de la línea media de los esternitos II al V.

Se emplearon exclusivamente machos ($n = 7$) por cuestiones prácticas, considerando que éstos son los receptores de los atrayentes sexuales que liberan las hembras. Con ayuda de un microscopio estereoscópico (Nikon SMZ 660), se realizó una abertura con pinzas de cirugía óptica en la parte terminal del protórax del insecto, dejando de lado el abdomen; después se fijó con dos alfileres delgados el protórax en la cámara de disección. Con las pinzas rectas de cirugía óptica se hizo un corte vertical y transversal de la cutícula de la cápsula cefálica, ésto con el fin de apreciar mejor los tejidos internos. Inmediatamente, se colocaron 3 ml de solución salina específica para insecto (Zorovic y Hedwig, 2011) en la cámara de disección, de manera que cubriera todo el tejido interno del escarabajo, ésto para que no se dañara y pudiera apreciarse bajo microscopio. Con ayuda de disectores de policarbonato (< 1 mm; Sutter Instruments BF150-110-10), se removió el tejido adiposo que sobresalía de la cápsula cefálica, de tal forma que pudiera ser visible el tejido nervioso. Posteriormente, se extrajo gran parte del sistema olfativo de cada individuo.

Resultados

Los CS de *M. nigripes* consisten de un par de estructuras lobuladas de tamaño pequeño, de aproximadamente 0.12 mm que flanquean al protocerebro del insecto y al LO (Fig. 1). Los CS están formados por los *cálix* o cálices, que son un par de masas de neuropilo a ambos lados del protocerebro, y a su vez, están constituidos por una capa de células que se sitúan a su alrededor, conocida como células de Kenyon. Por debajo de cada *cálix* se extiende un pedúnculo (Fig. 2).

Los nervios óptico y antenal se encuentran por arriba del CS y se proyectan hasta el lóbulo óptico y el LO.

Se observaron también los nervios antenal y óptico en la zona central de la cápsula cefálica. El LO puede observarse en la parte inferior al ganglio subesofágico, que es de donde se inerva directamente a la antena. En la porción anterior de la cápsula cefálica pudo observarse el ganglio subesofágico como un ensanchamiento que se extiende hacia la parte posterior 0.1 mm aproximadamente (Fig. 1).

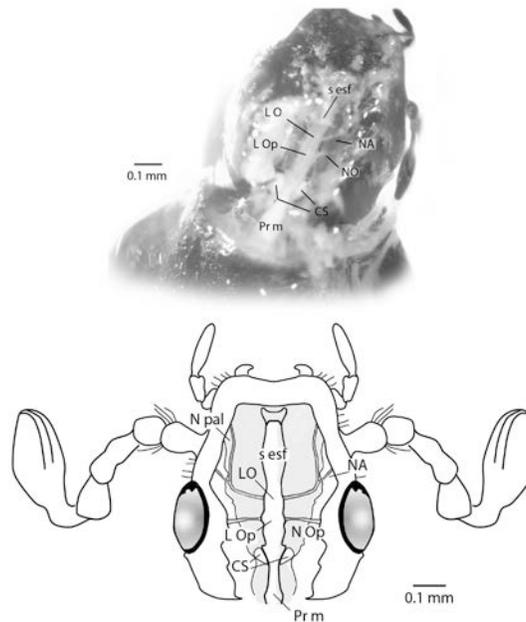


Figura 1. Ilustración de una disección de la cápsula cefálica de *Macrodactylus nigripes*, en las cuales se muestra el sistema olfativo. Pr m= protocerebro medio; s esf = ganglio subesofágico; N pal = nervio del palpo; NA = nervio antenal; N Op = nervio óptico; CS = cuerpo de seta.; LO = lóbulo olfativo; L Op = lóbulo óptico.

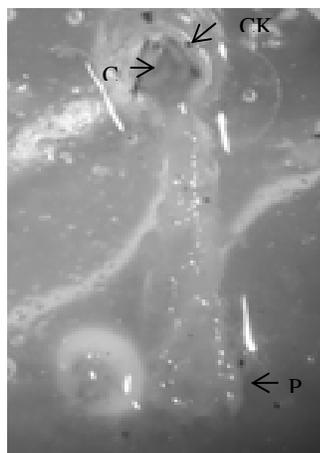


Figura 2. Estructura del cuerpo seta de *Macrodactylus nigripes* formado por las células globulares provenientes de las células de Kenyon (CK), los *calix* (C) y los pedúnculos (P).

Discusión

La organización general del sistema olfativo de *M. nigripes* es parecida a la que se ha indicado para otros insectos (López-Riquelme, 2008; Wessnitzer y Webb, 2006), en particular a la de los

melolóntidos *Cetonia aurata* (L.) y *Oxythyrea funesta* (Poda) (Panov, 2009). En el caso de los CS en *M. nigripes* flanquean al cerebro y a su lado se ubica el *cálix*, el cual se encuentra rodeado por las células de Kenyon, como lo descrito por Wessnitzer y Webb (2006) y Panov (2009). También se reconoce en *M. nigripes* el pedúnculo, el cual se localiza en la parte basal del CS, como lo reporta Panov (2009) para *C. aurata* (L.) y *O. funesta* (Poda). La disposición de los CS y el ganglio subesofágico tienen el mismo arreglo que en *Machilis germanica* (Janetschek) (Archaeognatha: Machilidae), *Calopteryx splendens* (Harris) (Odonata: Calopterygidae) y *Libellula depressa* (Linnaeus) (Odonata: Libellulidae) (Strausfeld *et al.*, 2009), ya que se sitúan en la parte central de la cápsula cefálica y se encuentran dos pares de *cálix*, equipados con células de Kenyon en una región más alta. Los *cálix* mediales de los CS en *M. nigripes* se asemejan morfológica y anatómicamente a los de *Pachnoda marginata* (Puppe), *Cetonia aurata* (Linnaeus), *Oxythyrea funesta* (Poda) y *Epicometis hirta* (Poda) (Panov, 2009). Los pedúnculos están localizados en la base de los CS y se presentan como un engrosamiento cercano a la bifurcación de los lóbulos vertical y medial, como se ha reportado en algunos de los integrantes de la subfamilia Cetoniinae ya mencionados (Panov, 2009).

En *M. nigripes*, el LO se encuentra localizado en la parte superior derecha del ganglio subesofágico, innervando directamente a la antena. Hacia cada lado del LO se desprende una rama que posteriormente se bifurca para inervar a las antenas y los palpos. Se observa también el lóbulo óptico, del cual se desprenden los nervios que inervan a los ojos en todos los insectos, de acuerdo con Torralba y Pérez-Ortega (1997). En dirección rostro-caudal se observaron varias ramificaciones pequeñas, aunque no se pudo identificar su sitio de innervación.

En el presente estudio, el LO presentó una capa de células a su alrededor y un área central fibrosa, tal como se observa en otros grupos de insectos, como en las hormigas (López-Riquelme, 2008). Con respecto a las conexiones entre los lóbulos y los cálices de abejas, que reportó Mobbs (1982), se observaron pocas y no fueron tan distinguibles. Esto probablemente por el efecto de la solución fisiológica utilizada para la conservación de los tejidos durante la disección. Lo que fue evidente fue la masa protocerebral que provee de neuronas a los cálices; esto es consistente con lo señalado por Mobbs (1982).

El tamaño de los CS está asociado con el comportamiento social del insecto, de acuerdo a lo registrado en hormigas por Jaffe y Perez (1989). Con referencia a los reportes de Panov (2009) y lo observado en *M. nigripes*, el comportamiento de los melolóntidos, tiende a enfocarse a la sobrevivencia individual fundamentada en optimizar el gasto de energía para actividades prioritarias como el apareamiento, podría estar relacionado con un tamaño más reducido de los CS en comparación con el de los insectos sociales. Sin embargo, son necesarios más estudios que permitan ampliar la información en este sentido, en particular los referentes a la quimiorrecepción de este grupo de coleópteros (Romero-López *et al.*, 2010). Con base en lo anterior, se sugiere que es viable hacer estudios a nivel del sistema nervioso central en *M. nigripes* para diversos tópicos, dentro de los cuales se encuentran la neurobiología y biología del comportamiento. Asimismo, un mejor conocimiento sobre los CS y el LO de esta especie permitirá complementar el conocimiento básico sobre la comunicación química y el comportamiento de *M. nigripes*.

Agradecimientos

Al PROMEP por el apoyo con una beca que corresponde al proyecto "Infoquímicos como alternativa para el manejo de coleópteros Melolonthidae con importancia económica en México" (PTC-364, número convenio PROMEP/103.5/13/6823).

Literatura Citada

- Arce-Pérez, R., Morón, M.A. 2000. Taxonomía y distribución de las especies de *Macroductylus latreille* (Coleoptera: Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zool. Mex.* 79:129-239.
- De Polavieja, G.G. 2005. Inteligencia en cerebros de un milímetro cúbico. *Apuntes de Ciencia y Tecnología.* 36 p.
- Farris, S.M., Roberts, N.S. 2005. Coevolution of Generalist Feeding Ecologies and Gyrencephalic Mushroom Bodies in Insects. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 102: 17394-17399.
- Heisenberg, M. 1998. What Do the Mushroom Bodies Do for the Insect Brain? An Introduction. *Learning Memory,* 5: 1-10.
- Howse, P.E. 1975. Brain Structure and Behavior in Insects. *Annu Rev Entomol,* 20:359-379.
- Jaffe, K. y Perez, E. 1989. Comparative study of brain morphology in ants. *Brain Behav Evol,* 33: 25-33
- López-Riquelme, G.O. 2008. Hormigas como sistemas modelo para el comportamiento complejo: Bases neurobiológicas de la comunicación química y la división del trabajo en las hormigas. Tesis de doctorado. UNAM, México. 195 p.
- Larsson, M.C., Domingos, A.I., Jones, W.D., Chiappe, M.E., Amrein, H. y Vosshall, L.B. 2004. Or83b encodes a broadly expressed odorant receptor essential for *Drosophila* olfaction. *Neuron,* 43: 703-714.
- Mobbs, P.G. 1982. The brain of the honeybee *Apis mellifera*. 1. The connections and spatial organizations of the mushroom bodies. *Philos Trans R Soc Lond,* 298:309-345.
- Panov, A. 2009. Some Cetoniinae (Coleoptera, Scarabaeidae) Have Structurally Different Medial and Lateral Calyces of Mushroom Bodies. *Russian Academy of Sciences,* 88: 320-325.
- Romero-López, A.A. 2012. Uso de feromonas sexuales para el conocimiento y manejo de los “ensambles gallina ciega” en México. *Interciencia,* 37:560-561.
- Romero-López A.A., Arzuffi, R., Morón M.A. 2010. Comunicación química sexual. In: Rodríguez del Bosque LA, Morón MA (eds.). *Plagas del suelo.* Editorial Mundi-Prensa México, Pp. 83-96.
- Sánchez-Rubio, O.R. 2011. Vertebrados: evolución del sistema nervioso. *Psico Información,* 32: 11-19.
- Strausfeld, N.J. 2002. Organization of the Honey Bee Mushroom Body: Representation of the Calyx within the Vertical and Gamma Lobes. *The Journal of Comparative Neurology,* 450:4-33
- Strausfeld, N.J., Sinakevitch, I., Brown, S.M. y Farris, S.M. 2009. Ground Plan of the Insect Mushroom Body: Functional and Evolutionary Implications. *The Journal of Comparative Neurology,* 513:265–291.
- Torralba, A. y Pérez-Ortega, S. 1997. La visión de los insectos desde un punto de vista óptico. *Bol SEA,* 18:27-34.
- Wessnitzer, J. and Webb, B. 2006. Multimodal sensory in insects –towards insect brain control architectures. *Institute of Perception, action and Behaviour,* 22 p.
- Zorovic, M. and Hedwig, B. 2011. Processing of species-specific auditory patterns in the cricket brain by ascending, local, and descending neurons during standing and walking. *Journal of Neurophysiology,* 105:2181-2194.