

VARIACIÓN MORFOMÉTRICA PRELIMINAR DEL TAGMA CEFÁLICO Y TORÁCICO EN LARVAS DE *Tribolium Castaneum* (HERBST, 1797) (COLEÓPTERA; TENEBRIONIDAE).

Luis R. Núñez V. y Alfredo D. Briceño-S.

Laboratorio de Taxidermia y Preparados Anatómicos "Ramón de Jesús Acosta" Centro de Investigaciones Biológicas, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. adbs.91@gmail.com

Resumen.

Se presenta un avance de las variaciones morfométricas del tagma cefálico y torácico en individuos larvales de *Tribolium castaneum*. Se trabajó con 23 individuos pertenecientes a la colección Entomológica del Laboratorio de Taxidermia y Preparado Anatómicos del Centro de investigaciones Biológicas de la Universidad del Zulia. Cada ejemplar es fijado con vista dorsal a una lámina microscópica usando glicerina como medio de montaje, para fotografiarlos con una lupa USB de resolución 1280*960 5x. Se determinan 11 hitos homólogos (tipo I) presentes en el primer y segundo segmento corporal. Las imágenes son procesadas con los programas TPSdig versión 2.16 para la obtención de las coordenadas cartesianas, el programa CoordGen7a para extraer la matriz con las variables de conformación y, paralelamente PCAGEN7a, para los análisis estadísticos convencionales. Con la matriz de las 23 configuraciones de coordenadas geométricas se prosigue a realizar el Análisis Generalizado de Procrustes y sobre las variables de conformación obtenidas se elabora un Análisis de Componentes Principales (ACP) con fin de examinar los principales ejes de variación morfológica en el espacio tangente. Hasta el presente, la máxima variación intraespecífica obtenida a partir del CP1 apunta a que el mayor cambio en la forma de los individuos larvales se produce en el primer segmento corporal (tagma cefálica) y refleja una relativa expansión del protórax/mesotórax. En contraste, el CP2 indica principal expansión uniforme en los intersegmentos laterales derechos e izquierdos. Futuros resultados pueden constituir un soporte teórico en la categorización larval por estadios de *Tribolium castaneum*.

Palabras clave: Morfometría Geométrica, tagma cefálica, tórax, larvas, *Tribolium castaneum*.

MORPHOMETRIC VARIATION OF THE CEPHALIC AND THORACIC TAGMA IN LARVAS OF *Tribolium Castaneum* (HERBST, 1797) (COLEOPTER, TENEBRIONIDAE).

Abstract

An advance is presented in of the morphometrics variations of the cephalic and thoracic tagma in the larval individuals of *Tribolium castaneum*. We work with 23 individuals belonging to the entomological collection of the Taxidermy and Anatomical Prepared Laboratory of the Center for Biological Research of the University of Zulia. Each specimen is with a microscopic view using a glycerin as mounting medium, for this form to photograph with a USB magnifying glass resolution 1280 * 960 5x. Eleven homologous milestones (type I) present in the first and second body segments were determined. The images are processed with the TPSdig version 2.16 programs to obtain the Cartesian coordinates, the Coordination 7a program to obtain the matrix with the conformation variables and, in parallel, PCAGen7a, for the statistical statistical analyzes. With the matrix of the 23 configurations of the geometric characteristics, the Generalized Analysis of Procrustes is continued and the variables of the configuration of the Main Components (ACP) in order to examine the main axes of the morphological variation in space. tangent To date, the maximum intraspecific variation is derived from CP1 and the greatest change in the shape of the larval individuals occurs in the first body segment (cephalic tagma) and responds to a relative expansion of the prothorax / mesothorax. In contrast, CP2 indicates the main uniform expansion in the right and left lateral intersegments. Future results may constitute a theoretical support in the larval categorization by stages of *Tribolium castaneum*.

Keywords: geometric morphometry, cephalic tagma, thorax, larvae, *Tribolium castaneum*.

INTRODUCCIÓN

La morfometría geométrica se basa en el estudio de la variación en la forma a partir de puntos anatómicos de referencias o landmarks. Esta subdisciplina permite describir la figura de las estructuras registrándolas en un sistema de coordenadas X, Y las cuales mantienen intacta su conformación geométrica. Una de las ventajas que ofrece este método es la visualización de los cambios que se producen en la configuración anatómica de las muestras estudiadas. Por consiguiente, se puede explicar cómo se modifica la forma y todas las transformaciones que subyacen en la misma (Aguirre y Jiménez-Prado, 2018).

Por otro lado, debido a que el escarabajo castaño de la harina de trigo, *Tribolium Castaneum*, se figura como un organismo patógeno de importancia médica, agrícola y social, sus estudios están dirigidos principalmente a evaluaciones y caracterizaciones sobre algunos de sus patrones ecológicos, así como el impacto que esta especie produce en el ámbito agrícola y médico, como los estudios llevados a cabo por Bentancourt y Scatoni (1999); Rodríguez (2009); Beeman Haas y Friesen (2012); Buckman et al., (2013) y Devi and Devi, (2015). No teniéndose (a conocimiento de los autores) hasta el presente, investigaciones que describan la forma de la especie haciendo uso de la morfometría moderna, y menos en individuos larvales que son los responsables de los mayores daños agrarios, alimenticios y ambientales (Bentancourt y Scatoni 1999).

Razón por la cual, este trabajo persigue describir las principales variaciones morfométricas presentes en el tagma cefálico y torácico en individuos larvales de *Tribolium castaneum* haciendo uso de la morfometría geométrica, con el fin de brindar mayor soporte teórico y práctico en las caracterizaciones morfológicas de los estadios larvales de mencionada especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Hasta el presente, se ha colectado un total 23 individuos correspondientes a larvas *Tribolium castaneum*. Estos forman parte de la colección entomológica del Laboratorio de Taxidermia y Preparado Anatómicos del Centro de investigaciones Biológicas de la Universidad del Zulia, preservados bajo una solución de alcohol al 70%.

Cada ejemplar es fijado con vista dorsal a una lámina microscópica usando glicerina líquida como medio de montaje y, de esta forma, son fotografiados con una lupa USB marca Auchans de resolución 1280*960 5x. En las fotos digitales de cada individuo se determinan las coordenadas cartesianas de 11 hitos morfológicos homólogos (landmarks) en los dos primeros segmentos corporales (Figura 1). Estos hitos son estructuras anatómicas de referencia y corresponden al tipo I según la estandarización de Bookstein et al., (1985) y Bookstein (1991).

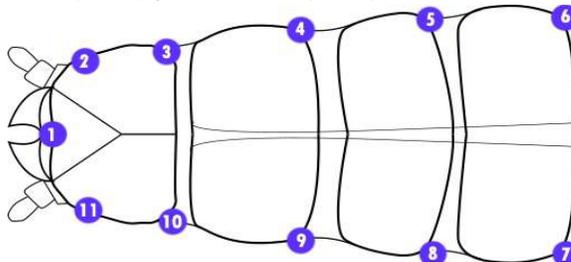


Figura 1.- Localización de los landmarks en el contorno dorsal de los dos primeros segmentos corporal (tagma cefálico y torácico) en un representante de la especie *Tribolium castaneum*. 1- Sutura frontoclipeal. 2- pseudomédula media entre 1 y 3. 3- Sutura intersegmento lateral derecha cabeza/protórax. 4- sutura intersegmento lateral derecha Protórax/ mesotórax. 5- sutura intersegmento lateral derecha mesotórax/metatórax. 6- Sutura intersegmento lateral derecha metatórax/abdomen. 7- Sutura intersegmento lateral izquierda metatórax/abdomen. 8- sutura intersegmento lateral izquierdo mesotórax/metatórax. 9- sutura intersegmento lateral izquierda Protórax/ mesotórax. 10- Sutura intersegmento lateral izquierda. 11- pseudomédula media entre 1 y

Las imágenes obtenidas están siendo procesadas con los programas TPSdig versión 2.16 (Rohlf 2010), para la obtención de los once pares de coordenadas xy de la región dorsal del tagma cefálico y torácico de cada ejemplar y, paralelamente, se están empleando los programas CoordGen7a (Sheets 2011), para extraer la matriz con las variables de conformación y PCAGen7a (Sheets 2011), para efectuar los análisis estadísticos convencionales en la configuración de los landmarks. La metodología que se sigue para el procesamiento de las imágenes y en el tratamiento de los datos, fundamentalmente es la propuesta por Zelditch et al. (2004).

Análisis de morfometría geométrica.

Con la matriz de las 23 configuraciones de coordenadas geométricas de los once hitos homólogos de referencia se prosigue a realizar el Análisis Generalizado de Procrustes (Goodall, 1991), para una superimposición Procrustes, con el fin de eliminar los efectos de la talla, escala y la posición (Zelditch et al. 2004) y generar una matriz con las variables de conformación (Partial warps=Pw), así como del tamaño centroide (CS). Esta matriz de Pw se usa para un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el programa PCAGen7a (Sheets 2011). El análisis de componentes principales sobre las variables de conformación produce unos componentes principales llamados relative warps, organizados en orden decreciente de acuerdo con la porción de la varianza que explican. En consecuencia, el primer relative warp representa la dirección de la variación máxima de conformación entre los especímenes (Rohlf, 1990, Jaramillo, 2012).

Para interpretar el patrón de variación representado por una componente principal (CP) hay que basarse en los coeficientes de la CP, que expresa la relación entre la PC y las variables originales. Debido a que las variables originales son variables de forma, se puede generar una imagen de la variación de la forma a lo largo de cualquier CP al multiplicar las variables de forma originales por los coeficientes de la CP y sumarlos (Zelditch et al., 2012)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN PRELIMINAR.

Considerando que aún el tamaño muestral no es estadísticamente representativo para aplicar análisis estadísticos robustos, solo se limita a sondear las descripciones de los datos en base a pruebas estadísticas que se aproximan a caracterizar las configuraciones obtenidas hasta los momentos y que las mismas están encaminadas a alcanzar los objetivos planteados en este trabajo. Para efectos de este estudio, se está aplicando la prueba estadística multivariada Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre las configuraciones ajustadas con Procruster, con la finalidad de reducir la dimensionalidad de los datos y determinar las diferencias entre las mismas. Por lo cual, las primeras derivaciones se resumen a continuación:

Los resultados del análisis de Relative Warps o componentes principales de forma (Figura 2a) señalan que el 36% de la variación morfológica de la muestra se encuentra explicada por el primer componente. Esta variación se manifiesta en el alargamiento

y compresión de la forma; en donde el principal patrón de cambio de los individuos larvales se produce en el primer y segundo segmento corporal de la tagma cefálica. En consecuencia, se refleja una pronunciada expansión de la región protórax-metatórax y una relativa contracción en la región del mesotórax-abdomen. En contraste, el segundo componente que explica el 21% de la variabilidad (Figura 2b), muestra cambios localizados principalmente en los extremos laterales izquierdo y derecho del cuerpo. En efecto, esto evidencia una pequeña expansión lateral de los dos segmentos del tagma cefálico y torácico.

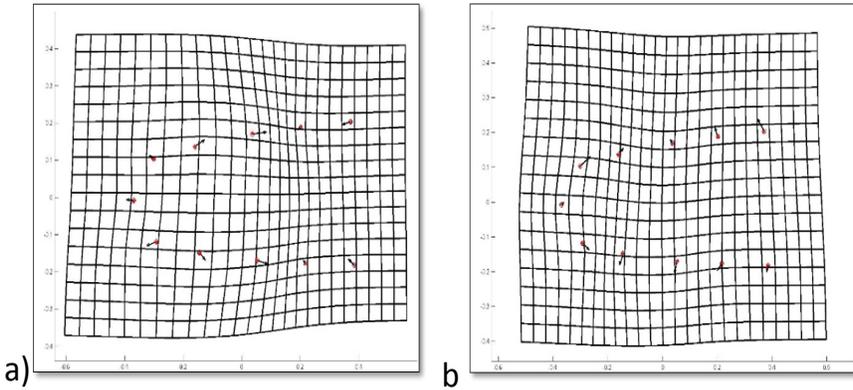


Figura 1. La gradilla de deformación muestra los cambios en la forma según el CPI (a) y el CP2 (b), los círculos rojos indican la forma promedio de la muestra. Las flechas indican los cambios en la posición relativa de los landmarks conforme al incremento en los scores.

Los cambios asociados principalmente con la expansión corporal hallados en la forma de las larvas en estudio coinciden con las descripciones larvales por estadios de *T. castaneum* reportadas por Devi y Devi (2015). Estos autores encontraron variaciones sustanciales en cuanto a la longitud y anchura del cuerpo conforme avanza el crecimiento en las etapas del desarrollo larval; una de las características más distintivas entre los estadios larvales corresponde a su tamaño (medidas de longitud y anchura corporal) y su forma, relacionada con el aspecto cilíndrico de sus cuerpos.

La variabilidad morfológica reportada hasta los momentos puede obedecer a cambios ontogenéticos característicos de cada etapa del desarrollo larval de los individuos estudiados. No obstante, las investigaciones previas relacionadas con la morfometría geométrica moderna en estadio larvales son escasas, limitándose a estudios morfológicos tradicionales (Casadio y Zerba 1996, Mondragón y Camero 2007; Fedina y Lewis 2007; Kamaruzzaman y et al. 2006; Karunakaran et al. 2004; Devi and Devi. 2015). Reportando crecimiento exponencial conforme avanzan los estadios larvales. Los resultados aquí planteados aunque relevantes y en apertura a toda una nueva línea de investigación, precisan de análisis estadísticos específicos que permitan discernir las diferencias que subyacen en estas formas. Por consiguiente, posteriores análisis en una muestra más representativa podrían contribuir a mejores caracterizaciones de las larvas de *Tribolium castaneum*.

LITERATURA CITADA

AGUIRRE, W. Y P. JIMÉNEZ-PRADO. 2018. Guía práctica de Morfometría Geométrica: aplicaciones en la ictiología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE). Esmeraldas, Ecuador. 104 pp.

BEEAMAN, R.W., S. HAAS, Y K. FRIESEN. 2012. Beetle wrangling tips: An Introduction to the care and Handling of (*Tribolium castaneum*). Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm>.

BENTANCOURT C. M. AND I. B SCATONI. 1999. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Agropecuaria Hemisferio Sur, Buenos Aires. p 435.

BOOKSTEIN F.L. 1991. Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge.

BOOKSTEIN, F.; B. CHERNOFF; R. ELDER; J. HUMPRIES; G. SMITH; R. STRAUSS. 1985. Morphometrics in Evolutionary Biology. Special Publication 15. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 277 pp.

CASADÍO, A. Y E. ZERBA. 1996. Desarrollo poblacional de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleóptera: Tenebrionidae), en diferentes dietas y su influencia sobre la toxicidad y resistencia a malati6n. Marzo 10, 2016, de Clasificaci6n Integrada de Revistas Sitio web: <http://www.magrama.gob.es>

DEVI, M Y N. DEVI. 2015. Biology of Rust-Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Biological Forum – An International Journal. 7(1): 12-15

FEDINA, T. Y. Y S. M. LEWIS. 2007. Effect of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Nutritional Enviroment, Sex, and Mating Status on Responses to Commercial Pheromone Traps. Journal Of Economic Entomology. 100 (6): 1924 – 1927

GOODALL, C. 1991. Procrustes methods in the statistical analysis of shape. Journal of the Royal Statistical Society. Series B: Methodological. 53 (2): 285-339.

JARAMILLO, N. 2012. Morfometría geométrica: principios teóricos y métodos de empleo In Fronteras de investigación en enfermedades infecciosas. Modelo enfermedad de Chagas. Chávez OT, Mejía-Jaramillo AM, Gómez Palacio AM. eds pp. 69-87. Edici6n: 1, Capítulo 4. Universidad de Antioquia. Antioquia, Colombia

KAMARUZZAMAN, A., A. REZA., K. MONDAL Y S. PARWEEN. 2006. Morphological abnormalities in *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Tribolium confusum* Duval due to cyromazine and pirimiphos-methyl treatments alone or in combination.

Short Communication. ISJ. 3: 97-102

KARRIE A. BUCKMAN, JAMES F. CAMPBELL Y BHADRIRAJU SUBRAMANYAM. 2013. *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) Associated with Rice Mills: Fumigation Efficacy and Population Rebound J. Econ. Entomol. 106(1): 499-512. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1603/EC12276>

KARUNAKARAN, C., D. S. JAYAS., N. D. G. WHITE. 2004. Identification of wheat kernels damaged by the red flour beetle using X-ray image. Biosys. Engin. 87(3): 267-274.

MONDRAGÓN, I. y R. CAMERO. 2007. Manual para el manejo e identificación de coleópteros y lepidópteros de importancia económica en granos y productos almacenados. Caracas, Venezuela: universidad Pedagógica Experimental Libertador. pp. 59-64.

ROHLF, F. 2010. tpsDig, digitize landmarks and outlines. Version 2.16. Department of Ecology and Evolution. State University of New York at Stony Brook.

ROHLF, F. J. 1990. Rotational fit (Procrustes) methods. En: Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop (Rohlf F.J. y F.L. Bookstein, Eds.). The University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor. Pp: 227-236.

SHEETS H. D. 2011. Integrated Morphometrics Package (IMP) 7. <http://www3.canisius.edu/~sheets/imp7.htm>.

ZELDITCH ML, D. L. SWIDERSKI, H.D. SHEETS & W.L. FINK. 2004. Geometric morphometrics for biologists: A primer. Elsevier, Boston, EEUU.

ZELDITCH ML, D. L. SWIDERSKI, H.D. SHEETS. 2012. A Practical Companion to Geometric Morphometrics for Biologists: Running analyses in freely-available software. Elsevier Academic Press, New York. 233p.