
**DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE VENACIÓN DEL ALA ANTERIOR DE LA ABEJA DE LA MIEL
(*Apis mellifera*) EN GRANMA, CUBA**

**DESCRIPTION OF FOREWING VENATION PATTERN OF THE HONEY BEE (*Apis mellifera*) IN
GRANMA, CUBA**

Autor(es): Lic. Lisandra Benítez Álvarez¹, Lic. Alejandro Rodríguez Ochoa², Tec. Alberto Morales Martínez¹, Tec. Edy Arnaldo Mederos Ferrer¹

¹ Centro de Investigaciones Apícolas. Carretera El Cano a El Chico, Km 0, La Lisa, La Habana. C.P. 19190. Teléfono: (537) 202-0890

² Facultad de Biología Universidad de La Habana. Calle 24 e/J e I. Plaza de la Revolución, La Habana. C.P. 10400. CUBA.

genetica@ciapi.minag.cu

Recibido: enero 2014

Aprobado: febrero 2014

RESUMEN

La abeja de la miel presenta una considerable variabilidad en cuanto a morfología, conducta y dinámica poblacional. En Cuba han sido introducidas varias subespecies, las cuales se han hibridado dando lugar a poblaciones localmente adaptadas, que muestran un mosaico de los caracteres morfológicos distintivos de las subespecies introducidas originalmente. En la provincia Granma la actividad apícola se desarrolla con poblaciones comerciales provenientes de criaderos de abejas reinas, sometidos a un programa de mejoramiento genético nacional. Estos están distribuidos en todo el territorio, abarcando diferentes condiciones ambientales. El análisis de la venación del ala mediante morfometría geométrica constituye una herramienta útil para el estudio de las poblaciones de la abeja de la miel. El presente trabajo tiene como objetivo describir el diseño de venación alar de la abeja de la miel en la provincia Granma mediante métodos de morfometría geométrica. Se tomaron muestras de cuatro criaderos de esta provincia y una colmena silvestre para un total de 21 colmenas y 205 individuos. Se ubicaron manualmente 19 puntos claves en las conjunciones de las venas del ala anterior derecha de cada individuo. Se obtuvo la forma media del diseño de venación representada en la configuración consenso. El gráfico de las curvaturas relativas 1 y 2 no mostró diferenciación entre los criaderos; sin embargo el análisis de Monte Carlo arrojó diferencias significativas entre la colmena silvestre y todos los criaderos y entre algunos de estos.

Palabras claves: *Apis mellifera*, morfometría geométrica, Cuba

ABSTRACT

The honey bee exhibits considerable variability in morphology, behavior and population dynamics. In Cuba several subspecies have been introduced, which have hybridized leading to locally adapted populations, showing a mosaic of distinctive morphological characters of the subspecies originally introduced. Granma province beekeeping develops from commercial breeding populations of queen bees, subject to a national breeding program. These are distributed throughout the country, covering different environmental conditions. The analysis of the wing vein pattern using geometric morphometry is a useful tool for studying populations of honey bee tool. This paper aims to describe the design of wing venation of honey bee in Granma province using geometric morphometric methods. Samples from four farms in this province and a wild hive were taken for a total of 21 beehives and 205 individuals. Manually placed 19 key points in conjunctions veins right forewing of each individual. Average venation

design shape shown in consensus configuration was obtained. The graph on the curvatures 1 and 2 showed no differentiation between breeding; however, the Monte Carlo analysis showed significant differences between wild hive and all farms and between some of these.

Key words: *Apis mellifera*, geometric morphometric, Cuba

INTRODUCCIÓN

La abeja de la miel, *Apis mellifera* L. presenta un amplio rango de distribución natural y sus poblaciones muestran considerables diferencias en morfología, conducta y caracteres poblacionales (De-la-Rúa *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta caracteres morfológicos han sido descritas 24 subespecies, incluidas dentro de cuatro linajes geográficamente restringidos (Ruttner, 1988). Sin embargo, esta clasificación ha tenido ligeras modificaciones sobre la base de resultados moleculares (Cornuet y Garnery, 1991, Franck *et al.*, 2000, Franck *et al.*, 2001, Kandemir *et al.*, 2006) que han sido corroboradas con el uso de morfometría geométrica (Miguel *et al.*, 2010). Este método permite el análisis cuantitativo y estadístico de las formas a partir de información espacial derivada de coordenadas cartesianas de puntos claves o contornos (Bookstein, 1982).

Las principales ventajas de la morfometría geométrica están relacionadas principalmente con la mayor eficiencia para capturar la geometría de las formas, la identificación de variación en puntos específicos, la eliminación de las diferencias de tamaño, la detección de diferencias de forma a pequeña escala entre poblaciones estrechamente relacionadas y la representación gráfica de los resultados.

El diseño de venación de las alas es un carácter taxonómico muy utilizado para la identificación de especies y subespecies de *Apis mellifera*, así como para el estudio de la variación geográfica (Ruttner, 1988) y temporal (Mattu y Verma, 1984) de poblaciones del género *Apis*. Su análisis mediante métodos de morfometría geométrica ha sido una herramienta muy útil para discriminar entre subespecies de *Apis mellifera* (Francoy *et al.*, 2006, Tofilski, 2008) e identificar africanización; estando demostrada su superioridad respecto a la morfometría clásica (Tofilski, 2008) y su correlación con resultados obtenidos mediante métodos moleculares (Miguel *et al.*, 2010).

En Cuba han sido introducidas varias subespecies; *A. m. mellifera* en 1774, *A. m. ligústica* en las décadas de 1940-1950 (Pérez-Piñeiro, 2007) y se ha reportado pequeñas introducciones posteriores de *A. m. carnina* y *A. m. caucásica* (Genaro, 2008). Actualmente existen en la isla poblaciones de la abeja melífera localmente adaptadas, en las que se observa un mosaico de los caracteres morfológicos distintivos de las subespecies introducidas originalmente. Sin embargo este patrón de variación no se ha descrito con métodos de análisis de forma como la morfometría geométrica.

En la provincia Granma la actividad apícola se desarrolla en todo el territorio con poblaciones comerciales provenientes de criaderos de abejas reinas, sometidos al programa de mejoramiento genético nacional. Estos están distribuidos en todo el territorio, abarcando diferentes condiciones

ambientales. Teniendo en cuenta lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo describir el diseño de venación alar de la abeja de la miel en la provincia Granma mediante métodos de morfometría geométrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de cuatro criaderos de la provincia Granma, Cuba (Fig. 1); La Piedra (6 colmenas) y Batalla de Peralejo (8 colmenas), Manzanillo (2 colmenas), y Campechuela (4 colmenas), además de una colmena silvestre encontrada en el municipio Bayamo. Se tomaron 10 abejas obreras por colmena que fueron conservadas en etanol al 70%. Fueron analizadas 10 a 8 abejas de las 21 colmenas, para un total de 205 ejemplares.

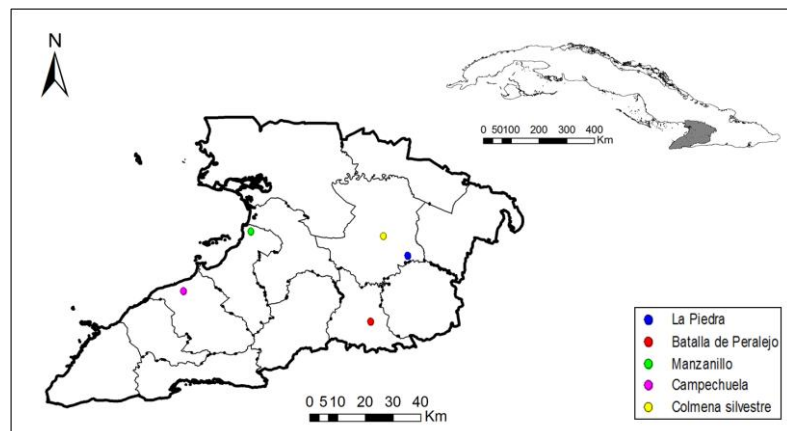


Fig. 1. Ubicación geográfica de cuatro criaderos de abeja reina y una colmena silvestre en Granma Cuba.

El ala anterior derecha de cada individuo fue montada en cristales de preparación microscópica y escaneada con una resolución de imagen de 1200ppp. Se ubicaron manualmente 19 puntos claves en las conjunciones de las venas utilizando el programa tpsDig de la serie TPS (Fig 2).

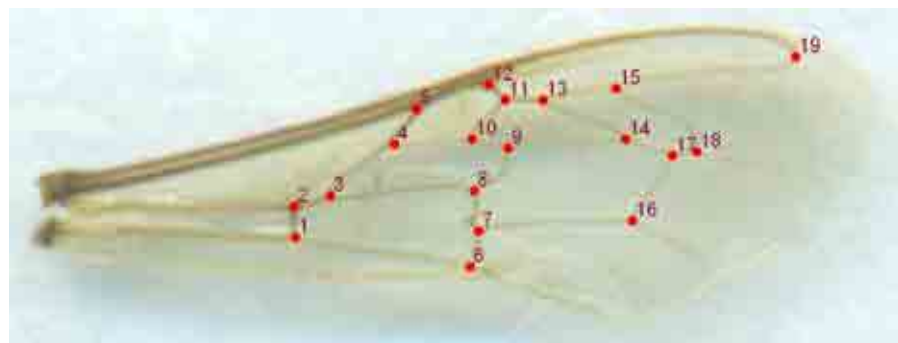


Fig. 2. Ala anterior derecha con 19 puntos claves ubicados en las intersecciones de las venas de obrera de abeja de la miel de Granma, Cuba

Las coordenadas de los puntos claves fueron registradas mediante un Análisis Procustes Generalizado para eliminar el efecto del tamaño, rotarlas y trasladarlas. Se hizo un Análisis de curvaturas Relativas obteniéndose como variables de forma las curvaturas relativas 1 y 2. Para mostrar los extremos de la variación en cada curvatura se tomaron dos individuos cuyas coordenadas tuviesen un valor máximo en la curvatura correspondiente y mínimo en la otra. Como herramienta de visualización de esta variación respecto a la configuración consenso se utilizaron las láminas de distorsión de los cuatro individuos seleccionados. También se utilizó como variable de forma la distancia procruste a la configuración consenso (DPC), calculadas mediante la serie de programas TPS y el Past 2.17. Para determinar si existían diferencias entre criaderos en cuanto a la distancia procruste a la configuración consenso, se realizó un análisis de Monte Carlo con 10000 iteraciones mediante el programa *Pop Tools* v3.15 (*add-ins* del MS Excel).

RESULTADOS

Después del procruste generalizado para eliminar las diferencias de tamaño, rotar y trasladar las configuraciones se obtuvo la configuración para cada individuo, así como la configuración consenso (Fig. 3).

La configuración consenso representa la forma media del diseño de venación del ala anterior derecha de la abeja de la miel en la provincia Granma. La dispersión en las nubes de puntos muestra la variación existente en cada una de las 19 posiciones.

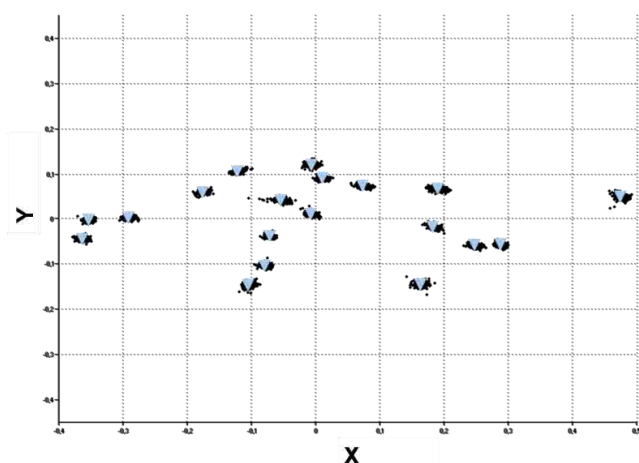


Fig.3. Configuración de puntos claves de abejas de la miel de Granma, Cuba; después del procrustes generalizado. Los triángulos azules representan la configuración consenso.

En el análisis de curvaturas relativas; el porcentaje de variación asociado a cada una de ellas fue bajo. Las 21 primeras curvaturas explicaron el 98% de la variación. La curvatura 1 explicó el 14,49% de la varianza, mientras que la curvatura 2 el 10,52%. Cuando se graficaron estas dos variables no se observó diferenciación entre los criaderos (Fig 4).

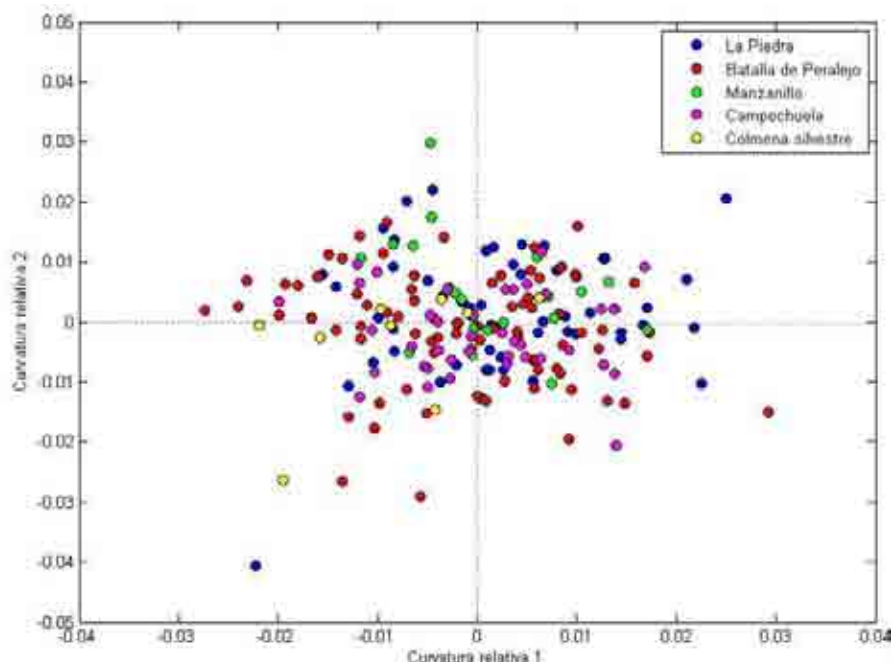


Fig. 4. Curvaturas relativas 1 y 2 obtenidas del análisis de curvaturas relativas para cuatro criaderos y una colmena silvestre de abeja de la miel en Granma, Cuba.

Las rejillas de deformación respecto a la configuración consenso de los individuos ubicados en las coordenadas (0,029;-0,001) y (-0,022; 0,001) para la curvatura relativa 1, así como (0,004; 0,028) y (-0,006;-0,023) para la curvatura relativa 2, representan la variación asociada a estas variables de forma (Fig. 5).

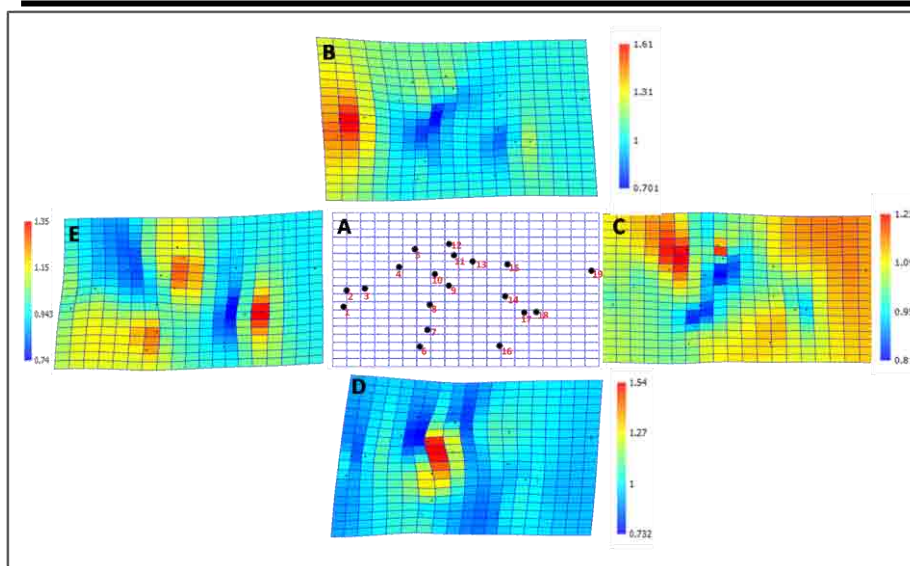


Fig. 5. Configuración consenso de la venación del ala anterior derecha de la abeja de la miel (A) y rejillas de deformación respecto a ella de cuatro individuos ubicados en las coordenadas: $[0,004; 0,028]$ (B), $[0,022;-0,001]$ (C), $[-0,006;-0,023]$ (D) y $[-0,027; 0,001]$ (E) del gráfico de las curvaturas relativas 1 y 2. Las deformaciones de las rejillas muestran las diferencias entre la configuración consenso y la de los individuos. La escala de colores representa las contracciones (azul) y las expansiones (rojo).

La variabilidad de la curvatura principal 1 está dada por la variación en el índice precubital, mostrado por la contracción (Fig. 5C) y expansión (Fig. 5E) en los puntos clave 9, 10 y 11 respecto a la configuración consenso, así como en el índice cubital mostrado por la variación en la distancia entre los puntos clave 17 y 18, siendo la posición de este último la que varía (Fig. 5 C y E). De igual manera, la variación en la curvatura principal 2 está dada por cambios en el índice precubital.

El análisis de Monte Carlo para la DPC mostró diferencias significativas entre la colmena silvestre y todos los criaderos analizados (Fig. 6).

Las abejas de la colmena silvestre presentaron valores mayores que fueron significativamente diferentes a los valores de DPC de las abejas provenientes de los criaderos. También se encontraron diferencias significativas entre las muestras del criadero La Piedra y los criaderos Batalla de Peralejo y Campechuela. A la vez, las abejas de este se diferenciaron de las de Manzanillo.

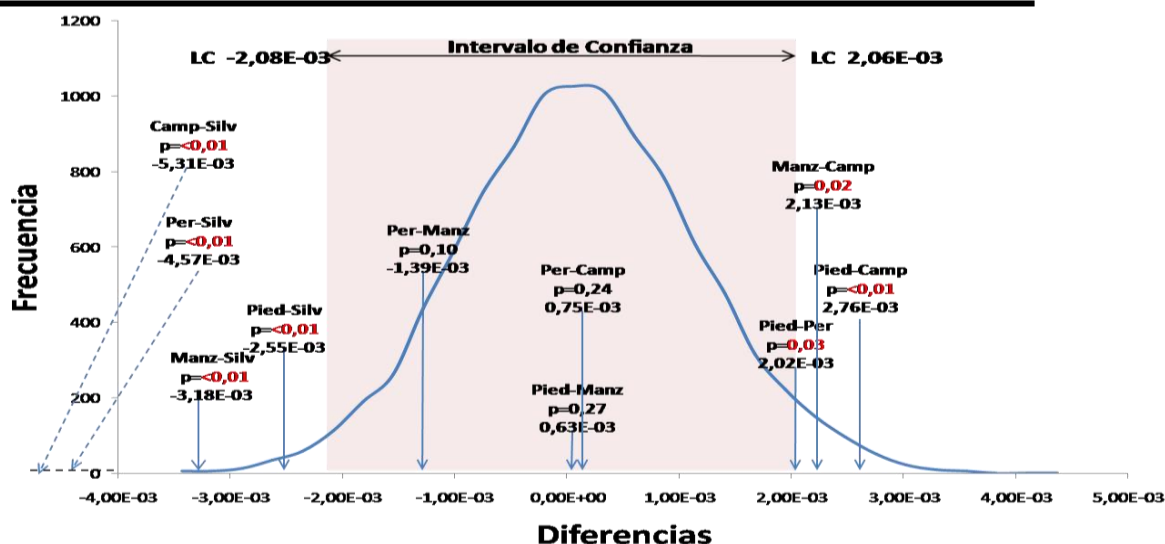


Fig. 6. Modelo nulo obtenido por Monte Carlo (10000 iteraciones) para las diferencias en la distancia procustes a la configuración consenso en cuatro criaderos de reina de abeja de la miel: La Piedra (Pied), Batalla de Peralejo (Per), Campechuela (Camp), Manzanillo (Manz) y una colmena silvestre (Silv) de Granma, Cuba. Para cada par se muestra el valor de la diferencia observada entre sus medias y la probabilidad de encontrarlo en la distribución nula.

La información sobre la variabilidad poblacional es muy importante para el desarrollo de programas de manejo y mejoramiento genético como el que se lleva a cabo sobre la abeja *mellífera* en Cuba, pues permite trazar estrategias que no actúen en detrimento de la variabilidad genética de las poblaciones. Los resultados obtenidos en el análisis de la venación alar de abejas de la miel de la provincia Granma mostraron baja diferenciación entre los criaderos analizados. El gráfico de las curvaturas relativas 1 y 2, no mostró formación de grupos, sino una nube de puntos dispersa, lo cual representa una baja variabilidad en la zona, dada principalmente por diferencias en los índices precubital y cubital. Estos índices han sido descritos como caracteres taxonómicos importantes y de alta variación (Ruttner, 1988).

Por otra parte el análisis de Monte Carlo para DPC arrojó diferencias significativas entre las abejas provenientes del criadero Campechuela y las de los criaderos Manzanillo y La Piedra, lo cual era de esperarse dado la variación geográfica existente entre las localidades donde están ubicados. Campechuela se ubica en una zona montañosa, en los límites de la Sierra Maestra, mientras Manzanillo está ubicado en una zona costera más llana y La Piedra en una zona montañosa de mayor altitud, en el corazón de la Sierra Maestra, lo cual justifica las diferencias encontradas también entre este criadero y Batalla de Peralejo, ubicado al noreste en una zona más llana. No obstante a las

diferencias encontradas, era de esperarse mayor diferenciación entre todos los criaderos dada la gran variación ambiental del territorio granmense.

Estos resultados indican una variabilidad baja en las poblaciones de abejas comerciales de Granma si se tiene en cuenta la información aportada por el análisis de curvatura y podrían ser causa del programa de selección llevado a cabo en el territorio y en todo el país, ya que la selección de caracteres a gran escala y la propagación extendida de lotes seleccionados puede llevar a la disminución de la variabilidad genética de las poblaciones, haciéndolas más susceptibles a los efectos negativos de la consanguinidad (De-la-Rúa *et al.*, 2009).

Sin embargo, en cuanto a la DPC las abejas provenientes de la colmena silvestre encontrada en Bayamo, se diferenciaron de todos los criaderos analizados. Este resultado pudiera ser producto del aislamiento que ha tenido esta colmena durante más de 20 años, por lo que no ha sido expuesta a manejo humano y refuerza la importancia de un programa de selección con fecundación libre, que facilite la entrada de genes frescos provenientes de la población silvestre, con el objetivo de evitar consanguinidad en la población comercial, cuya variabilidad genética debe monitorearse mediante marcadores moleculares. Por otra parte, las diferencias encontradas entre criaderos en cuanto a esta variable son pocas, era de esperarse que se diferenciaran entre todos, por lo que se acercan a los obtenidos mediante el análisis de curvaturas relativas. Por lo que de los resultados obtenidos del análisis de las dos variables de forma utilizadas podría inferirse que la población comercial presenta poca variación en su diseño de venación, y se diferencia significativamente de las abejas silvestres.

CONCLUSIONES

La población comercial de abejas de la miel de la provincia Granma presenta poca variación en su diseño de venación, dada por la celda cubital, pero se diferencia significativamente de las abejas silvestres en cuanto a la DPC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bookstein FL. Foundations of morphometrics. Annual Review of Ecology and Systematics. 1982;13:451-70.
2. Cornuet JM, Garnery L. Mitochondrial-DNA variability in honeybees and its phylogeographic implications. Apidologie. 1991;22:627-42.

3. De-la-Rúa P, Jaffé R, Dall'Olio R, Munoz I, Serrano J. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*. 2009;40:263–84.
4. De-la-Rúa P, Jaffé R, Dall'Olio R, Muñoz I, Serrano J. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*. 2009;40:263-84.
5. Franck P, Garnery L, Loiseau A. Genetic diversity of the honeybee in Africa: microsatellite and mitochondrial data. *Heredity*. 2001;86:420–30.
6. Franck P, Garnery L, Solignac M, Cornuet JM. Molecular confirmation of a fourth lineage in honeybees from the Near East. *Apidologie*. 2000;31:167–80.
7. Francoy TM, Prado PPR, Gonçalves LS, Costa LD, Jong DD. Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. *Apidologie*. 2006;37:91–7.
8. Genaro JA. Origins, composition and distribution of the bees of Cuba (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). *Insecta Mundi*. 2008;0052:1-16.
9. Kandemir I, Meixner MD, Ozkan A, Sheppard. WS. Genetic characterization of honeybee (*Apis mellifera* cypria) populations in northern Cyprus. *Apidologie*. 2006; 37:547–55.
10. Mattu VK, Verma LR. Morphometric studies on the Indian honeybee, *Apis cerana indica* F. Effect of seasonal variation. *Apidologie*. 1984;15 (1):63-74.
11. Miguel I, Baylac M, Iriondo M, Manzano C, Garnery L, Estonba A. Both geometric morphometric and microsatellite data consistently support the differentiation of the *Apis mellifera* M evolutionary branch. *Apidologie*. 2010.
12. Pérez-Piñeiro A. Manual de Apicultura. La Habana; 2007.
13. Ruttner F, Tassencourt L, Louveaux J. Biometrical statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. I: Materials and methods. *Apidologie*. 1978;9:363–82.
14. Ruttner F. Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1988.
15. Tofilski A. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. *Apidologie*. 2008;39:558-63.