

Relación entre el estatus nutricional y el inmunológico del ganado meliponícola en dos provincias de Cuba

Relation between the nutritional and immunological status of the stingless bee livestock in two provinces of Cuba

Leydi Fonte-Carballo¹ <https://orcid.org/0000-0002-2167-4288>, Marlen Navarro-Boulandier¹ <https://orcid.org/0000-0003-0351-5651>, Maykelis Díaz-Solares¹ <https://orcid.org/0000-0001-8149-2948>, Walberto Lóriga-Peña² <https://orcid.org/0000-0003-0367-7415>, Jorge Demedio-Lorenzo² <https://orcid.org/0000-0003-3115-9885> y Marianny Portal-Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-6458-7627>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: leydis.fonte@ihatuey.cu, maykelis@ihatuey.cu, marianny.portal@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Determinar la relación entre el estatus nutricional y el inmunológico del ganado meliponícola en dos provincias de Cuba.

Materiales y Métodos: Los muestreos se efectuaron en julio y diciembre del 2019 a las 24 colmenas seleccionadas al azar, 12 en cada localidad, en las provincias Matanzas y Mayabeque. De cada una de las colmenas se extrajeron panales de cría nuevos, de los que se colectaron seis larvas del tercer instar, así como el alimento larval correspondiente, con el propósito de determinar el estatus nutricional y el inmunológico del ganado meliponícola de ambas localidades. El análisis e interpretación de las variables biológicas y climatológicas se realizó en dependencia del propósito de la investigación mediante el análisis de varianza, de componentes principales y de conglomerados.

Resultados: Los mejores resultados en las variables estudiadas se obtuvieron en diciembre para los meliponarios ubicados en ambas provincias. Se identificó la existencia de dos componentes, que explicaron 69,49 % de la variabilidad del conjunto de datos. La primera de estas componentes (CP1) explicó en sí misma 50,72 %. En el proceso de aglomeración se conformaron tres grupos. El análisis permitió identificar al grupo III como el de mejor comportamiento.

Conclusiones: Se constató la relación que existe entre el estatus nutricional e inmunológico del ganado meliponícola de Matanzas y Mayabeque mediante las variables seleccionadas para este estudio. Además, el período de evaluación fue el indicador que marcó la conducta adoptada por estos animales, y no la localidad.

Palabras clave: *Melipona beecheii*, colmenas, larvas

Abstract

Objective: To determine the relation between the nutritional and immunological status of the stingless bee livestock in two provinces of Cuba.

Materials and Methods: Sampling was carried out in July and December, 2019, in the 24 randomly selected beehives, 12 in each locality, in the Matanzas and Mayabeque provinces. From each of the beehives new rearing boards were extracted, from which six third-instar larvae were collected, as well as the corresponding larval food, in order to determine the nutritional and immunological status of the stingless bee livestock from both localities. The analysis and interpretation of the biological and climate variables was done depending on the purpose of the research through variance analysis, analysis of principal components and cluster analysis.

Results: The best results in the studied variables were obtained in December for the stingless bee apiaries located in both provinces. The existence of two components was identified, which explained 69,49 % of the variability of the data set. The first one of these components (PC1) explained in itself 50,72 %. In the clustering process three groups were formed. The analysis allowed to identify group III as the one with the best performance.

Conclusions: The relation between the nutritional and immunological status of the stingless bee livestock of Matanzas and Mayabeque was proven through the variables selected for this study. In addition, the evaluation period was the indicator that marked the behavior adopted by these animals and not the locality.

Keywords: *Melipona beecheii*, beehives, larvae

Introducción

La crianza de abejas sin aguijón (meliponicultura) se practica en toda Mesoamérica, y aunque su producto más

comercializado internacionalmente es la miel, ofrece recursos valiosos, en especial para la agricultura familiar, al constituir una actividad sostenible de bajo costo.

Recibido: 15 de diciembre de 2020

Aceptado: 05 de mayo de 2021

Como citar este artículo: Fonte-Carballo, Leydi; Navarro-Boulandier, Marlen; Díaz-Solares, Maykelis; Lóriga-Peña, Walberto; Demedio-Lorenzo, Jorge y Portal-Rodríguez, Marianny. Relación entre el estatus nutricional y el inmunológico del ganado meliponícola en dos provincias de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:eE11, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Además, brinda beneficios al medio ambiente, por el efecto directo que ejerce la acción polinizadora de las abejas en el mejoramiento de la biodiversidad, al actuar en una gran variedad de plantas silvestres y agrícolas (Quezada-Euán, 2018).

La actividad meliponícola cubana cuenta con un desarrollo incipiente, que requiere incrementar el conocimiento de su naturaleza, biología, comportamiento, manejo y situación epidemiológica (Martínez-Machado *et al.*, 2019). Por el interés creciente que genera la crianza de estas abejas en diversos sectores poblacionales, con posibilidades de inserción en la rama pecuaria del país, desde el año 2015 se ha organizado progresivamente esta actividad en Cuba. Esto obedece a que además del valor agregado que representa este importante servicio ecosistémico de regulación (Garibaldi *et al.*, 2015), estas abejas tienen la particularidad de presentar un mecanismo adicional de polinización por vibración (buzz-pollination), que las hace particularmente efectivas en determinados cultivos de importancia económica.

Este excelente polinizador posee una organización social muy desarrollada, que le permite vivir en colonias permanentes y adecuarse a sistemas de manejo establecidos por el hombre, como un tipo particular de ganado con producciones especializadas (Lóriga, 2015). Al igual que el resto de las ganaderías, se hace necesario un manejo adecuado de esta especie que permita alcanzar un estatus nutricional e inmunológico óptimos, de modo que se garantice una masa saludable.

La alimentación de las abejas depende de los recursos nutritivos de los que dispone, como el polen y el néctar (Vaudo *et al.*, 2015). La proteína de la dieta que obtienen del polen, provee al organismo de los aminoácidos esenciales para la síntesis de péptidos antimicrobianos, que son transportados por la hemolinfa. Por tanto, una alimentación equilibrada puede influir positivamente como herramienta de prevención contra enfermedades, al estimular el sistema inmunológico para la síntesis de las inmunoproteínas (Sattler, 2001; Ponton *et al.*, 2013). Mientras, los carbohidratos presentes en el néctar, constituyen la fuente de energía para desarrollar los procesos metabólicos asociados al sistema inmune humoral y celular (Erler, 2014). Según Cotter *et al.* (2011), la conexión entre nutrición e inmunidad es estrecha, debido a que se ha observado en diferentes especies animales que la restricción calórica afecta la función inmune.

En Cuba se han realizado estudios acerca del estatus clínico y el estado de salud de las colmenas

(Lóriga, 2015), así como de la caracterización del potencial alimentario mediante el análisis palinológico del polen colectado (Leal-Ramos y Sánchez, 2013; Pérez, 2016). Sin embargo, estos resultados han sido puntuales e independientes, sin investigar aún la relación entre cada uno de ellos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre el estatus nutricional y el inmunológico del ganado meliponícola de Matanzas y Mayabeque.

Materiales y Métodos

Caracterización de las áreas experimentales. El estudio se realizó en Cuba, en dos meliponarios constituidos por colmenas racionales (con dimensiones ajustadas a los requerimientos biológicos de la especie), pertenecientes a meliponicultores con más de diez años de experiencia en la actividad. Un meliponario está ubicado en la zona de Pastorita, municipio Matanzas, en la provincia Matanzas. Esta instalación se halla situada en los 23°02'25" de latitud Norte y los 81°30'58" de longitud Oeste, a una altitud de 14 msnm. El otro meliponario se encuentra en la zona del Consejo Popular Norte del municipio San Nicolás, en Mayabeque, en los 22°47'13" de latitud Norte y los 80°55'05" de longitud Oeste, a una altitud de 34 msnm.

Procedimiento experimental. Los muestreos se efectuaron en julio y diciembre del 2019, a las 24 colmenas seleccionadas al azar, 12 en cada localidad, según Morales-Vallejo (2012). De cada una de las colmenas se extrajeron panales de cría nuevos, que se colocaron dentro de bolsas de nailon identificadas previamente (nombre del meliponario de procedencia y número de colmena). Estas se trasladaron inmediatamente hacia el Laboratorio de Biotecnología de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey para su procesamiento. Luego, se procedió a desopercolar las celdas de los panales para colectar el alimento larval y seis larvas del tercer instar, correspondiente a cada colmena muestreada, para un total de 144 individuos, según Pinto (2010), con el propósito de determinar el estatus nutricional e inmunológico del ganado meliponícola de ambas localidades.

Información meteorológica. Se obtuvo de los centros meteorológicos provinciales de Matanzas y Mayabeque (tabla 1). Las variables meteorológicas registradas se compararon con la media histórica de los últimos 15 años para cada mes.

Mediciones experimentales. Para el estatus nutricional se tuvo en cuenta las variables biológicas proteína total del alimento larval (PTAL) Bradford (1976); proteína total corporal (PTC) por Bradford

Tabla 1. Indicadores climatológicos durante el periodo de evaluación.

Matanzas						
Periodo	Temperatura mínima, °C	Temperatura media, °C	Hr mín, %	Hr med, %	Hr máx, %	Precipitaciones, mm
Julio	26,5	29,4	61,9	73,8	83,8	4,9
Promedio Histórico	25,7	28,8	65,0	76,0	86,0	105,4
Diciembre	22,2	24,9	67,2	78,6	87,9	2,1
Promedio Histórico	21,7	23,9	67,0	77,0	87,0	49
Mayabeque						
Julio	23,2	27,2	53,5	79,9	95,6	8,5
Promedio Histórico	22,3	26,8	53,0	80,0	96,0	196,3
Diciembre	17,2	22,9	48,2	79,0	96,7	0,4
Promedio Histórico	16,9	22,0	53,0	80,0	96,0	30,0

Hr mín: Humedad relativa mínima; Hr med humedad relativa media; Hr máx: humedad relativa máxima

(1976) con modificaciones, lípidos totales corporales (LTC) según Barnes y Blackstock (1973) y el peso, que se determinó de forma independiente en una balanza modelo Sartorius, con precisión de 0,1 mg. Para el estatus inmunológico, la proteína total presente en la hemolinfa (PTH) se cuantificó mediante la técnica de Bradford (1976). Y por último, las variables climatológicas (tabla 1) asociadas a estos dos estatus fueron la temperatura mínima (T mín), temperatura media (T med), humedad relativa mínima (Hr mín), humedad relativa media (Hr med), humedad relativa máxima (Hr máx) y precipitaciones (Pp).

Análisis matemático. Se realizó un análisis que contempló dos factores en estudio, localidad (Matanzas y Mayabeque) y periodo (abundancia y escasez de flora melífera, determinados por julio y diciembre, respectivamente). Para las variables biológicas se empleó el análisis de varianza, según modelo de clasificación simple. Se utilizó la dódima de comparación múltiple de *Student Newman Keuls* (SNK) y las diferencias se declararon significativas a valores de $p \leq 0,05$. Mientras, para explicar la relación entre los indicadores que denotan el estatus nutricional e inmunológico del ganado meliponícola, se hizo un análisis factorial mediante el análisis de componentes principales (ACP) según la metodología de Morrison (1990). Para identificar las variables (biológicas y climatológicas) que más influyeron en la variabilidad extraída por cada componente, se tomó en consideración que los factores de suma o preponderancia alcanzaran un valor superior a 0,70.

Para arribar a consideraciones más integrales y objetivas de todo el estudio, se realizó un análisis de conglomerados, que permitió agrupar las colmenas con características semejantes, en función de las variables evaluadas. Como criterio de agrupación, se utilizó la Distancia Euclidiana y el método de Ward, como forma de agregación jerárquica ascendente (Torres *et al.*, 2006). Para identificar las colmenas, se establecieron unos códigos compuestos por números romanos, que definen la combinación entre localidad y periodo (tabla 2), seguidos de la etiqueta real de la colmena muestreada (tabla 5). En todos los casos, se empleó el programa SPSS Statistics® versión 22.0 para Microsoft Windows (IBM Corp., 2013).

Resultados y Discusión

En la tabla 3 se muestran las variables en estudio. En las dos localidades muestreadas, la proteína total del alimento larval y la proteína total de la hemolinfa alcanzaron los valores más altos en diciembre, sin diferencias significativas entre ellas. No sucedió lo mismo en julio, cuando sí se observaron diferencias significativas entre estas variables. Este resultado se puede explicar a partir de que la proteína total de la hemolinfa aumenta, a medida que se incrementa la proteína total presente en el alimento larval. Según Cremones *et al.* (1998), existe una relación directa entre la proteína contenida en la hemolinfa de las abejas y el aporte proteico del alimento que ellas consumen a partir del polen que recolectan.

Tabla 2. Combinaciones utilizadas para designar las colmenas pertenecientes a cada grupo formado en el análisis de conglomerados.

Código	Localidad	Período
I	Matanzas	julio
II	Matanzas	diciembre
III	Mayabeque	julio
IV	Mayabeque	diciembre

Tabla 3. Efecto de la localidad y del período de estudio en el estatus nutricional e inmunológico del ganado meliponícola.

Variable		PTAL, g/100g	Peso, mg	PTC, g/100g	LTC, g/100g	PTH, µg/mL
Localidad	Período					
Matanzas	julio	15,19 ^b	76,30 ^b	30,47 ^c	6,53 ^d	524,10 ^b
	diciembre	19,89 ^a	81,27 ^b	32,50 ^b	12,42 ^b	3 961,37 ^a
Mayabeque	julio	14,32 ^b	76,13 ^b	31,33 ^c	8,43 ^c	911,28 ^b
	diciembre	20,70 ^a	89,11 ^a	35,60 ^a	14,32 ^a	3 517,99 ^a
EE ±		0,911	0,080	0,322	0,571	193,553

PTAL: Proteína total del alimento larval; PTC: proteína total corporal; LTC: lípidos totales corporales; PTH: proteína total en la hemolinfa.

Medias seguidas de letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de Student Newman Keuls ($p \leq 0,05$).

En la alimentación larvaria, el polen desempeña una función fundamental (Corona Apicultores, 2012). Según Vollet-Neto *et al.*, (2010), el alimento larval de las abejas sin aguijón está constituido por grandes cantidades de polen, que en el caso de *Melipona marginata* alcanza 50 % del volumen total del mismo (Rensi, 2006). Por consiguiente, las larvas son extremadamente dependientes de la proteína presente en el alimento larval que proviene, en gran medida, del polen. El contenido proteico afecta a individuos adultos como inmaduros, y una baja cantidad de proteína puede debilitar la colonia (Brodschneider y Crailsheim, 2010).

Con respecto a la variable peso (tabla 3), el mayor valor se alcanzó en diciembre, en la localidad de Mayabeque, y difirió significativamente de lo registrado en julio. Sin embargo, Mayabeque no mostró diferencias significativas en ambos períodos evaluados. En tanto, las variables que determinan el grado de reservas corporales (tabla 3) de las larvas (PTC y LTC), en el caso de la proteína total corporal en el mes de julio, para ambas localidades, no mostraron diferencias significativas entre ellas, pero sí con respecto a diciembre, mes en el que el valor más elevado se alcanzó en Mayabeque. En cuanto a los lípidos totales corporales, también el mejor resultado se visualizó en la localidad de Mayabeque en diciembre,

que difirió desde el punto de vista estadístico con el resto de los períodos en estudio. Según Moret y Schmid-Hempel (2000), estas reservas son muy importantes para las abejas, debido a que su capacidad de respuesta inmunológica ante cualquier agente patógeno o situación de estrés depende, en gran medida, de su estatus nutricional.

Para entender la relación entre las variables biológicas que inciden en el estatus nutricional del ganado meliponícola, es necesario conocer que los insectos no son capaces de sintetizar esteroides. Por lo tanto, los obtienen de los alimentos que consumen. En el caso de las abejas, los incorporan a través del polen que contiene esteroides (menos del 0,5%), que son esenciales para el metabolismo, ya que actúan como precursores del colesterol para generar reservas grasas en el cuerpo del animal, que se utilizan en momentos de escasez de alimento y finalmente se transforman en glucosa. Esos lípidos se deben absorber por el intestino y convertirse en otros, de acuerdo con las necesidades y las dietas de cada especie (Clark y Block, 1959). Se debe destacar que los constituyentes lipídicos y el espectro de ácidos grasos pueden conformar hasta 20 % del peso de la abeja adulta (Corona Apicultores, 2012).

Según Kleinschmidt (1990), además de los lípidos, las proteínas son necesarias para el crecimiento,

desarrollo y mantenimiento de las estructuras corporales de todos los seres vivos, ya que están presentes como constituyentes de los tejidos, y cumplen funciones como catalizadores biológicos en numerosas rutas metabólicas. Las proteínas son imprescindibles para la alimentación de las larvas y el completo desarrollo de las abejas jóvenes, así como para la reparación de las células y órganos de las abejas más viejas.

Las variables descritas en la tabla 3 se hallan muy relacionadas, ya que las características de la alimentación proteica, en calidad como en cantidad, durante la etapa larvaria y juvenil, influyen de forma directa en el peso y las reservas corporales a nivel de los cuerpos grasos (Corona Apicultores, 2012).

De forma general, los mejores resultados en todas las variables estudiadas se obtuvieron en diciembre, para el meliponario ubicado en Matanzas como para el de Mayabeque. Estos resultados concuerdan con el comportamiento esperado para ese período, ya que, de acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima de Cuba se considera cálido tropical, estacionalmente húmedo, con un período poco lluvioso (PPLL) que se extiende de noviembre a abril, y un período lluvioso (PLL) de mayo a octubre (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

A diferencia de lo que sucede con el resto del ganado cubano, para el cual el período lluvioso es más favorable para su alimentación, debido a la abundancia de biomasa comestible; las abejas, que

obtienen su alimento de las flores, limitan su consumo como consecuencia de que las flores escasean, precisamente en el PLL. Las lluvias en plena floración son perjudiciales por la caída de las flores al suelo, lo que afecta su disponibilidad. A ello se adiciona que las abejas no pueden salir a pecorear, por lo que esta fase se considera crítica, catalogada de hambruna en esta ganadería. Al contrario, diciembre (PPLL) se caracteriza por una abundancia floral. En esta etapa, el flujo de néctar y polen que entra a la colmena es mayor, y ello posibilita obtener el alimento necesario para el mantenimiento de la colonia y garantizar así una reserva para enfrentar el PLL (Pérez-Piñero, 2017).

En la tabla 4 se muestran los resultados del análisis de componentes principales mediante el cual se identificó la existencia de dos componentes, que explican 69,49 % de la variabilidad del conjunto de datos, aunque es importante resaltar que la primera de estas componentes (CP1) explica en sí misma el 50,72 %. La CP1 se relaciona estrechamente con las variables proteína total corporal, los lípidos totales corporales, la humedad relativa máxima y las temperaturas mínima y media. Mientras, la CP2 estuvo relacionada con las variables climatológicas, en particular con la humedad relativa mínima y máxima, así como con las precipitaciones.

Estos resultados son lógicos, debido a que, durante los días siguientes al nacimiento, las larvas experimentan mudas consecutivas que contribuyen

Tabla 4. Matriz de factores de preponderancia entre los componentes principales (CP) y las variables climáticas y biológicas asociadas al estatus nutricional e inmunológico.

Variable	CP1	CP2
Proteína total en la hemolinfa (PTH)	0,697	0,481
Proteína total corporal (PTC)	0,745	0,065
Lípidos totales corporales (LTC)	0,725	0,264
Peso	0,459	0,035
Proteína total alimento larval (PTAL)	0,468	0,428
Temperatura mínima (T _{mín})	-0,974	0,106
Temperatura media (T _{med})	-0,965	-0,082
Humedad relativa mínima (Hr _{mín})	-0,537	0,685
Humedad relativa media (Hr _{med})	0,688	-0,464
Humedad relativa máxima (Hr _{máx})	0,720	-0,685
Precipitaciones (Pp)	-0,649	-0,636
Valor propio	5,58	2,07
Varianza explicada, %	50,72	18,78
Varianza acumulada, %	50,72	69,49

a su crecimiento (evolución larvaria). La duración de cada una de ellas está sujeta al comportamiento de las variables climatológicas, mayormente influenciada por la temperatura y la humedad relativa. El correcto desarrollo de este proceso se establece para una temperatura en el interior de la colmena de 30 -35°C. Sin embargo, cuando las condiciones ambientales son desfavorables, con temperaturas inferiores a este rango, los días entre mudas pueden aumentar y retardar el ciclo biológico de la abeja (Milum, 1930). Además, en el crecimiento y la respiración larval influye fuertemente la temperatura (Petz *et al.*, 2004).

Según Canaviri y Velasco (2005), los factores ambientales afectan la producción de miel, ya que influyen en la secreción del néctar y en el comportamiento de la colonia. En el caso de las precipitaciones, las lluvias en plena floración son perjudiciales para las abejas, pues no pueden salir a pecorear, por lo que el flujo de entrada de polen y néctar a la colmena disminuye, lo que repercute de forma negativa en el desarrollo larval.

Las variables biológicas analizadas en las larvas que se muestrearon tienen una repercusión directa en la supervivencia de la abeja adulta recién emergida. Y esto se explica, según Vidal y Bedascarrasbure (2002), porque cuando una obrera emerge, su expectativa de vida puede variar en dependencia de factores estacionales. Entre los que se destacan se encuentran, fundamentalmente,

la disponibilidad de alimento y las reservas de proteínas y lípidos corporales del almacenaje en el período larval. Además, la proteína corporal de la abeja es una buena medida de la capacidad de las colmenas para sobrevivir y superar enfermedades. Cuanto más alto es el nivel de la proteína corporal, más capaces son las abejas de producir miel (Kleinschmidt, 1998).

Las variables climáticas y biológicas, asociadas al estatus nutricional e inmunológico, explicaron, aproximadamente, 70 % de la variabilidad total en el análisis de CP. No obstante, para encontrar los grupos que presumiblemente existen al combinar todas las variables biológicas evaluadas en las dos localidades y en ambos períodos, al tomar las colmenas como base del análisis, es necesario realizar un análisis de conglomerados (tabla 5), lo que dio lugar a la formación de los grupos. Según Hair *et al.* (1999), este es un estimador cuantitativo, que describe el grado de asociación o semejanza entre los elementos comparados.

Como muestra la tabla 5, se formaron tres grupos. El I estuvo constituido por 17 colmenas, 10 de ellas procedentes de la localidad de Matanzas, y siete de Mayabeque; representó 35,42 % del total muestreado. Es de destacar que todas las evaluaciones que se encontraron en este grupo correspondieron a julio. El II lo integraron 19 colmenas, 13 de Mayabeque y seis de Matanzas, para 39,58 %. Este grupo se pudiera catalogar

Tabla 5. Grupos formados por el análisis de conglomerados.

Coeficiente de disimilitud	Grupos formados	Cantidad	Colmenas
1 512,90	I	17	I-1, I-11, I-12, I-13, I-3, I-4, I-5, I-10, I-22, I-68, III-14, III-48, III-6, III-5, III-12, III-1, III-16.
	II	19	I-9, I-2, II-12, II-13, II-10, II-68, III-2, III-8, III-9, III-10, III-11, IV-14, IV-48, IV-6, IV-5, IV-11, IV-12, IV-13, IV-16.
	III	12	II-1, II-9, II-11, II-2, II-3, II-4, II-5, II-22, II-2, IV-8, IV-9, IV-10.

Tabla 6. Promedio de las variables y desviación estándar de los grupos formados en el análisis de conglomerados.

Variable	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
		DS		DS		DS
PTH	345,75	234,51	2128,26	744,38	5 055,17	810,53
PTAL	13,76	4,22	19,52	5,45	19,73	7,25
PTC	31,10	1,91	32,96	3,06	33,65	2,60
LTC	6,59	3,10	11,96	3,79	13,43	4,12
Peso	76,44	12,97	82,50	9,51	82,51	9,42

como mixto, debido a que el período de diciembre predominó con respecto a julio. Por otra parte, el III fue el más pequeño, al contar con 12 colmenas, en el que prevaleció la procedencia de Matanzas (8) con relación a la de Mayabeque (4), para 25 %. En este último, las evaluaciones pertenecieron únicamente al período de diciembre.

El análisis de los resultados que se presentan en la tabla 6 permitió identificar al grupo III como aquel que exhibió el mejor comportamiento global de las variables en estudio, al mostrar los valores promedio más elevados de PTH (5 055,17 µg/mL), PTAL (19,73 g/100g), PTC (33,65 g/100g), LTC (13,43 g/100g) y de peso (82,51 mg). En este hecho influyeron las condiciones climáticas de diciembre, que en este caso son favorables, debido a que se enmarca en el PPLL, que se caracteriza por la abundancia de la flora melífera, como antes se explicó. A este grupo le siguió el II, que estuvo sujeto a la influencia de ambos períodos, pero con predominio de las evaluaciones correspondientes a diciembre con respecto a las de julio. Mientras, el grupo I fue el de peor comportamiento, por estar sometido al influjo del PLL y por las condiciones desfavorables de julio, que traen consigo escasez floral en sentido general.

Conclusiones

Se constató la relación que existe entre el estatus nutricional e inmunológico del ganado meliponícola de Matanzas y Mayabeque a través de las variables seleccionadas para este estudio. El período de evaluación fue el indicador que marcó la conducta adoptada por estos animales y no la localidad, debido a las condiciones climatológicas imperantes durante la fase investigativa, que tuvieron una marcada influencia en la variabilidad de los datos.

Agradecimientos

Se agradece a la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE) por su aporte al financiamiento de esta investigación mediante el proyecto BIOMAS–Cuba, en su fase III.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Leydi Fonte-Carballo. Realizó la ejecución de los experimentos y la redacción del manuscrito.
- Marlen Navarro-Boulandier. Desarrolló el procesamiento estadístico de los datos y participó en la interpretación de los resultados.

- Maykelis Díaz Solares. Diseñó los experimentos y seleccionó los protocolos a trabajar en la investigación.
- Walberto Lóriga-Peña. Asesoró la investigación.
- Jorge Demedio-Lorenzo. Asesoró la investigación.
- Marianny Portal Rodríguez. Participó en las etapas experimentales.

Referencias bibliográficas

- ACC. *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. La Habana: Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1989.
- Barnes, H. & Blackstock, J. Estimation of lipids in marine animals and tissues: Detailed investigation of the sulphophosphovanilun method for 'total' lipids. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 12 (1):103-118, 1973. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(73\)90040-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(73)90040-3).
- Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999>.
- Brodtschneider, R. & Crailsheim, K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie.* 41 (3):278-294, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>.
- Canaviri, L. & Velasco, E. *Memorias y apuntes de Primer Curso de Producción Apícola, mención Peritos en producción apícola*. La Paz: UCB, 2005.
- Clark, A. J. & Block, K. The absence of sterol synthesis in insects. *J. Biol. Chem.* 234:2578-2582. [https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(18\)69741-8/pdf](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(18)69741-8/pdf), 1959.
- Corona Apicultores. *Requisitos nutricionales de la abeja melífera*. http://www.coronaapicultores.blogspot.com/2012/12/requisitos-nutricionales-de-la-abeja_11.html, 2012.
- Cotter, Sheena C.; Simpson, S. J.; Raubenheimer, D. & Wilson, K. Macronutrient balance mediates trade-offs between immune function and life history traits. *Func. Ecol.* 25:186-198, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01766.x>.
- Cremonez, Tania M.; Jong, D. de & Botondi, Marcia M. G. Quantification of hemolymph proteins as a fast method for testing protein diets for honey bees (Hymenoptera: Apidae). *J. Econ. Entomol.* 91 (6):1284-1289, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/91.6.1284>.
- Erlor, S.; Denner, A.; Bobis, Otilia; Forsgren, Eva & Moritz, R. F. A. Diversity of honey stores and their impact on pathogenic bacteria of the honeybee, *Apis mellifera*. *Ecol. Evol.* 4 (20):3960-3967, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.1252>.
- Garibaldi, L. A.; Bartomeus, I.; Bommarco, R.; Klein, Alexandra M.; Cunningham, S. A.; Aizen, M. A. *et al.* Trait matching of flower visitors and crops

- predicts fruit set better than trait diversity. *J. Appl. Ecol.* 52:1436-1444, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12530>.
- Hair, J. F. & Anderson, R. E. comp. *Análisis multivariante*. Madrid: Prentice Hall Iberia, 1999.
- IBM Corp. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0*. Armonk, USA: IBM Corp, 2013.
- Kleinschmidt, G. The parameters of protein in bee biology. In: *Report of the honey research council workshop. Review of nutrition work in Queensland and New South Wales*. Australia. p. 7-12, 1990.
- Kleinschmidt, G. *Strategic planning and action meeting for honeybee nutrition*. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation, 1998.
- Leal-Ramos, A. & Sánchez, L. E. Antagonismo de *Apis mellifera* y *Melipona beecheii* por las fuentes de alimentación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*. 1 (2):102-109. <http://cfores.upr.edu.cu>, 2013.
- Lóriga, W. *Caracterización de las abejas, colmenas, sistema de manejo y estado de salud de Melipona beecheii Bennett (Apidae, Meliponini) en áreas del Occidente de Cuba*. Tesis de Doctorado. San José de las Lajas, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, 2015.
- Martínez-Machado, J. A.; Ward, D. C.; Álvarez-Sánchez, Ana; Donzález-Placeres, J. P. & Reyna-Reyes, Reina D. Población de crías y reservas de alimentos en colmenas racionales de *Melipona beecheii* Bennett como factores básicos para su salud. *Agroecosistemas*. 7 (3):128-133. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/327>, 2019.
- Milum, V. G. Variations in time development of the honeybee. *J. Econ. Entomol.* 23 (2):441-446, 1930. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/23.2.441>.
- Morales-Vallejo, P. Tamaño necesario de la muestra ¿Cuántos sujetos necesitamos? En: *Estadística aplicada a las Ciencias Sociales*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas. p. 2-24, 2012.
- Moret, Y. & Schmid-Hempel, P. Survival for immunity: the price of immune system activation for bumblebee workers. *Science*. 290 (5494):1166-1168, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.290.5494.1166>.
- Morrison, D. F. *Multivariate statistical methods*. D. F. Morrison, ed. New York: McGraw-Hill, 1990.
- Paulino-Neto, H. F.; Fonseca, Vera L. I. & Garófalo, C. A. A. A novel Bradford method for quantifying pollen protein content: An innovative tool for pollination systems assessment, submitted to methods in ecology and evolution, 2015.
- Pérez, K. *Determinación del origen botánico de mieles de Melipona beecheii Bennett (Apidae, Meliponini) en meliponarios de la provincia de Mayabeque*. Tesis de diploma en opción al título de Ingeniera Agrónoma. San José de las Lajas, Cuba: Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, 2016.
- Pérez-Piñeiro, A. La apicultura en Cuba y su situación actual. *Agroecología*. 12 (1):67-73. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330361/229321>, 2017.
- Petz, M.; Stabentheiner, A. & Crailsheim, K. Respiration of individual honeybee larvae in relation to age and ambient temperature. *J. Comp. Physiol. B*. 174 (7):511-518, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00360-004-0439-z>.
- Pinto, Mara R. R. *Alimentação de Apis mellifera africanizadas: relação com a fisiologia, produção, sanidade e segurança alimentar*. Mestrado em Veterinaria. Pelotas, Brasil: Universidade Federal de Pelotas, 2010.
- Ponton, F.; Wilson, K.; Holmes, A. J.; Cotter, Sheena C.; Raubenheimer, D. & Simpson, S. J. Integrating nutrition and immunology: a new frontier. *J. Insect Physiol.* 59 (2):130-137, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.10.011>.
- Quezada-Euán, J. J. G. The past, present, and future of meliponiculture in Mexico. In: J. J. G. Quezada-Euán, ed. *Stingless bees of Mexico*. Cham, Switzerland: Springer. p. 243-269, 2018.
- Rensi, Cristiane. *Fluxo temporal de pólen em Melipona marginata Lepeletier (Apidae, Meliponini) em estações distintas*. Dissertação de Mestrado. Sao Paulo, Brasil: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2006.
- Sattler, A. Doenças das abelhas. *Anais do Seminário Estadual de Apicultura*. Santa Cruz do Sul, Brasil, 2001.
- Torres, Verena; Figueredo, J.; Lizazo, D. & Álvarez, A. *Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. Informe técnico*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2006.
- Vaudo, A. D.; Grozinger, T. J. & Patch, C. M. Bee nutrition and floral resource restoration. *Curr. Opin. Insect. Sci.* 10:133-141, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.008>.
- Vidal, M. & Bedascarrasbure, E. L. *Alimentando nuestras abejas. II. Alimentación proteica: SA-GPYA*. Boletín Apícola, 2002.
- Vollet-Neto, A.; Maia-Silva, C.; Menezes, C.; Venturieri, G. C.; De Jong, D. & Fonseca, Vera L. I. Dietas proteicas para abelhas sem ferrão. *Anais do IV Encontro sobre Abelhas*. Ribeirao Preto, Brasil: EMBRAPA. p. 121-129, 2010.